

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOLOGIA

MOLECULAR

**A RACIONALIDADE GENÉTICA NO PENSAMENTO
EVOLUTIVO**

Leonardo Augusto Luvison Araújo

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular da UFRGS como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Aldo Mellender de Araújo

Porto Alegre
2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Aldo Mellender de Araújo, pela oportunidade, confiança no projeto e a total independência e liberdade que me concedeu nas mais variadas etapas desta pesquisa. Obrigado pela camaradagem e ambiente de trabalho proporcionado.

Aos professores membros da banca de mestrado, Alfredo José da Veiga-Neto, Guillermo Folguera e Nelson Jurandi Rosa Fagundes, pelas valiosas contribuições pessoais acerca da dissertação. Agradeço também ao membro da banca de qualificação, Luis Henrique Sacchi dos Santos, pela arguição e orientações.

Aos participantes do grupo Balduino Rambo de Estudos em Filosofia da Ciência, pela amizade e por manter vivo o debate sobre Filosofia da Biologia na UFRGS.

Obrigado a todos os colegas do laboratório de Genética Ecológica pelo ótimo convívio e pelas inúmeras rodas de chimarrão ao longo desses dois anos. O consumo excessivo de erva-mate foi crucial para essa pesquisa.

Aos meus pais e ao meu irmão, por todo o apoio.

Em especial à minha amada Bethielle, por todo o amor e companheirismo.

Por fim, a todos os cidadãos brasileiros, que com seus impostos sustentam o CNPq e o programa de pós-graduação em Genética e Biologia molecular da UFRGS, proporcionando uma bolsa de mestrado para que essa pesquisa fosse construída.

Resumo

A hereditariedade e a variação biológica são centrais para a evolução biológica. Apesar das diferentes abordagens sobre esse tema, sempre se mostra recorrente no discurso de cientistas, filósofos, historiadores e sociólogos da ciência a problematização do genocentrismo. Desse modo, uma questão relevante é entender o lugar do genocentrismo no pensamento evolutivo - é preciso perguntar como e por que esse tema tem sido problematizado de uma determinada maneira. Essa dissertação tem como objetivo principal, portanto, procurar as condições históricas que possibilitaram a organização do genocentrismo no pensamento evolutivo. A principal ideia defendida nesse estudo é de que a constituição do genocentrismo, e seu lugar central na teoria evolutiva, foram possibilitados pela emergência da racionalidade genética e pela construção de uma identidade genética intrínseca no início do século XX. A partir de evidências históricas, defendo também que a emergência da racionalidade genética permitiu enunciar muitas proposições novas, formando saberes e produzindo discursos, como a demonstração da seleção natural e uma síntese teórica da evolução biológica. Mas também a partir dela se operou “construções” no conhecimento evolutivo, como a exclusão da Embriologia e a diminuição da importância de fatores ontogenéticos e ambientais.

Palavras-chave: Evolução Biológica; Hereditariedade; Filosofia da Biologia; História da Biologia; Racionalidade Genética.

Abstract

Heredity and variation are central focus of evolutionary studies. Despite the different approaches to heredity and evolution, the gene-centered version of evolution is a central theme in the discourse of philosophers, historians and sociologists of science. Thereby, my aim here is to understand the place of gene-centered view in the evolutionary thought and to trace the historical conditions of possibility which set up this discourse. The main idea of this dissertation is that the origin of gene-centered view of evolution was made possible by the emergence of genetic rationality and the creation of 'genetic identity' at the turn of the twentieth century. Historical evidence is presented to support that the emergence of genetic rationality allowed new propositions to be made, forming knowledge and producing discourse in the evolutionary theory, as the demonstration of natural selection and a theoretical synthesis. But also from the genetic rationality there are effects of "evolutionary constriction", as the exclusion of Embryology from the Evolutionary Synthesis and the decrease importance of ontogenetic and environmental factors.

Key words: Evolution; Heredity; Philosophy of Biology; History of Biology; Genetic Rationality.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 HEREDITARIEDADE E EVOLUÇÃO NO SÉCULO XIX.....	17
1.1 As condições de possibilidade do evolucionismo de Darwin	18
1.1.1 A representação dos seres vivos na história natural e o afastamento entre Darwin e Lamarck	19
1.1.2 As condições de possibilidades do evolucionismo de Darwin na Biologia da Idade Moderna.....	21
1.2 O espaço epistêmico da hereditariedade e a articulação com o discurso evolutivo.....	28
2 A EMERGÊNCIA DA RACIONALIDADE GENÉTICA E A CONSTRUÇÃO DE UMA IDENTIDADE GENÉTICA INTRÍNSECA	37
2.1 O estabelecimento da citologia	38
2.2 A prática científica na construção de uma identidade genética	43
2.2.1 <i>População</i> como objeto de pesquisa.....	44
2.2.2 Hibridização, linhagens puras e organismos modelos	48
2.3 Caracterizando a racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca.....	53
3 A RACIONALIDADE GENÉTICA NO PENSAMENTO EVOLUTIVO.....	59
3.1 Os efeitos positivos: a demonstração da seleção natural e a síntese teórica .	60
3.2 Os efeitos negativos: as “constrições” evolutivas.....	65
3.2.1 <i>A população</i> como <i>locus</i> da mudança evolutiva	66
3.2.2 A “constrição” do ambiente e do desenvolvimento	69
3.3 O caso Richard Goldschmidt	75
3.4 Como essas “constrições” foram operadas?.....	79
4 DISCUSSÃO FINAL.....	86
4.1 Reflexões meta-históricas	87
4.1.1 É possível falar de um evolucionismo na história natural da Idade Clássica?.....	87
4.1.2 Uma releitura do eclipse do darwinismo.....	88

4.1.3 A narrativa histórica da Síntese Moderna da Evolução	93
4.2 Uma breve reflexão filosófica	95
4.3 Considerações finais.....	99
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

INTRODUÇÃO

Um organismo nunca é mais do que uma transição, um estágio entre o que foi e o que será. A reprodução constitui simultaneamente a sua origem e o seu fim, a causa e a finalidade (Jacob, 1985, p. 12).

O tema dessa dissertação provém de uma crença compartilhada entre muitos evolucionistas, filósofos e historiadores da ciência: importantes questões da Biologia Evolutiva estão relacionadas com a hereditariedade e a variação dos seres vivos. A preocupação com esse tema está na vanguarda da Biologia Evolutiva desde Darwin, passando pela formação da Síntese Moderna, até as discussões contemporâneas.

A natureza da hereditariedade biológica envolve intensas controvérsias científicas, as quais são da mesma medida de sua importância. Mesmo com o surgimento da Genética, na qual residiria certo consenso sobre a base material da evolução¹, tais controvérsias não cessaram. No início do século XX, muitos autores alegavam o papel dos caracteres citoplasmáticos para a evolução das espécies (Sapp, 1987). Evidências adicionais sugeriram que a herança citoplasmática pode se dever à transmissão de marcas epigenéticas, outras biomoléculas e microrganismos simbiotes. Mais recentemente, autores defendem que em um nível individual ocorre a transmissão de informação através de mecanismos diferentes do que a replicação de DNA, tais como a herança comportamental e cultural, através da aprendizagem social, e a herança ecológica/nicho através do ambiente (Jablonka e Lamb, 2005; Odling-Smee, Laland, Feldman, 2003).

Os pesquisadores que defendem o papel das formas de herança não-genética para a evolução da vida, como Eva Jablonka e Odling-Smee, clamam por uma expansão da Síntese Moderna, a qual se tem chamado de uma Síntese Estendida da Evolução (Pigliucci e Müller, 2010; Mesoudi *et al.*, 2013). Essa síntese seria um arcabouço teórico plural, tanto em processos evolutivos quanto em sistemas de herança (genéticos e não-genéticos), ampliando a base material das mudanças fenotípicas e

¹ Um dos pontos dessa dissertação é de que a hereditariedade e a variação biológica nem sempre tiveram o mesmo significado na Biologia Evolutiva. Por convenção, o termo *hereditariedade* pode ser utilizado para se referir às relações de semelhanças entre genitores e prole, ao passo que *herança* pode ser relacionada aos processos causais de transmissão hereditária. Adoto em alguns momentos o termo *base material da evolução*, pois entendo que esse termo permite abranger de maneira mais adequada os diferentes significados para as questões sobre hereditariedade e variação no pensamento evolutivo. Para Richard Goldschmidt (1878-1958), esse termo refere-se às “potencialidades genéticas e do desenvolvimento dos organismos que a natureza pode usar como materiais para a evolução” (Goldschmidt, 1960, p.3).

adaptativas. Essa visão tem sido contestada por autores que consideram irrelevantes, face à história evolutiva, as formas de herança não-genética (cf. Dickins e Dickins, 2008).

Em outro contexto, há um intenso debate histórico e filosófico sobre o conhecimento da hereditariedade na teoria evolutiva. A história da Genética é criticada por ser uma história pouco seletiva da hereditariedade, tipicamente narrada para a construção de uma síntese e convergência de disciplinas (Smocovitis, 1996). A dimensão social do conhecimento é geralmente recorrida para apresentar “erros” do campo científico, ou como “obstáculos” para o progresso da razão. O caráter problemático de tal suposição é reconhecido por muitos historiadores e filósofos, bem como pelos próprios cientistas (Smocovitis, 1996). Em uma posição alternativa, alguns pesquisadores interpretam o conhecimento científico sobre hereditariedade na teoria evolutiva como o produto de um sistema social de concorrência, em que os cientistas estão envolvidos na luta pela autoridade científica (Sapp, 1987). Da mesma forma, tais suposições são frequentemente acusadas pelos cientistas de remeterem a um relativismo da ciência e de reduzir a atividade da ciência à mera disputa de autoridade.

Apesar das diferentes abordagens sobre esse tema, sempre se mostra recorrente no discurso de cientistas, filósofos, historiadores e sociólogos da ciência a problematização do genocentrismo. A posição genocentrista no pensamento evolutivo tem como pressuposto principal que a evolução biológica seria determinada pelos pacotes de genes passados entre as gerações. Essa explicação supõe que uma compreensão dos genes e de sua regulação seriam suficientes para o entendimento dos processos complexos envolvidos na origem da forma e função biológica.

As críticas para essa visão tem recebido apoio das atuais pesquisas pós-genômicas e epigenéticas, as quais embasam que as condições ambientais e outros fatores não genéticos podem injetar parâmetros causais/informativos na evolução dos seres vivos, levando a crer que o DNA não seria a única fonte de informações para a bioquímica celular e o desenvolvimento. Alguns autores ainda argumentam que os seres vivos não evoluem para caber em ambientes pré-existentes, mas co-constroem e co-evoluem com os seus ambientes, nos processos de mudança estrutural dos ecossistemas. O foco genocentrista falharia justamente em capturar toda essa gama de processos que dirige a evolução biológica (Laland *et al.*, 2014). Por outro lado, alguns evolucionistas acreditam que os críticos do genocentrismo atacam o componente mais fortemente

preditivo e empiricamente validado da teoria evolutiva. As mudanças no material genético são uma parte essencial da adaptação e especiação. A base genética de inúmeras adaptações tem sido documentada em detalhe, como a resistência aos antibióticos em bactérias e a intolerância à lactose em seres humanos (Laland *et al.*, 2014).

Desse modo, uma questão que se mostra importante é entender o lugar do genecentrismo no pensamento evolutivo - é preciso perguntar como e por que esse tema tem sido problematizado de uma determinada maneira. Essa dissertação, portanto, procura as condições históricas que possibilitaram a organização do genecentrismo no pensamento evolutivo. A principal ideia defendida nesse estudo é de que a constituição do genecentrismo, e seu lugar central na teoria evolutiva, foram possibilitados pela emergência da racionalidade genética e pela construção de uma identidade genética intrínseca no início do século XX (Bonneuil, 2008; Thurtle; 1996; 2007). Com o surgimento da racionalidade genética, um novo espaço de possibilidades surgiu, em conjunto com novos critérios de perguntas a fazer e caminhos para respondê-las no pensamento evolutivo.

Procura-se caracterizar esses acontecimentos a partir de três eixos principais: quais foram as condições históricas de emergência da racionalidade genética; quais foram suas consequências para o pensamento evolutivo; e por que tiveram um valor de verdade tão grande. Com a finalidade de tornar compreensíveis esses eixos, dividimos o trabalho em três capítulos e uma discussão final:

- (i) Em primeiro lugar, é preciso mostrar de que forma ocorreu o encontro do discurso da hereditariedade e da evolução biológica, constituindo o tema base material da evolução. Um recuo histórico deve ser feito para compreender a emergência da racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca no discurso evolutivo. Para isso, lanço mão das condições de possibilidade do darwinismo e do surgimento da hereditariedade biológica ao longo do século XIX.
- (ii) No segundo capítulo, discuto a emergência da racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca, as quais coincidem com o período conhecido como “eclipse do darwinismo”. Nesse capítulo, exploro alguns antecedentes históricos presentes no final do século XIX e início do século XX.

- (iii) A partir das discussões empreendidas nos capítulos anteriores, o terceiro capítulo detalha as consequências da racionalidade genética e da identidade genética no pensamento evolutivo, principalmente na figura da Síntese Moderna da Evolução. Além disso, é discutido em que medida essas mudanças permitiram enunciar muitas proposições novas, formando saberes e produzindo discursos; mas também de que modo a partir delas ocorreram “constrições” no conhecimento evolutivo.
- (iv) A discussão final pretende fazer uma reflexão meta-histórica – em que a narrativa aqui construída é contrastada com as leituras tipicamente feitas na história da biologia –, e uma reflexão filosófica – a partir das questões suscitadas por esse estudo. Finalmente, alguns apontamentos finais são elaborados, com o intuito de indicar questões em aberto.

A escolha dessa abordagem e a defesa das ideias aqui desenvolvidas é uma expressão de quatro mundos aparentemente incompatíveis em que essa dissertação foi elaborada. Durante minha trajetória acadêmica sempre estive envolvido com as questões relativas à hereditariedade e evolução da vida. No programa de pós-graduação onde essa dissertação foi desenvolvida, tive contato com biólogos moleculares, cientistas que examinam os seres vivos principalmente da perspectiva dos genes.

Em outra dimensão, alguns críticos apontam uma série de problemas no conhecimento genocêntrico e procuram uma abordagem mais satisfatória para a base material da evolução. Nesse grupo estão inseridos biólogos, filósofos e historiadores que possuem um engajamento crítico sobre a hereditariedade na teoria evolutiva, acusando muitos geneticistas de serem reducionistas e de cometerem alguns enganos em suas extrapolações para as questões evolutivas. Um terceiro grupo que obtive contato mais recentemente são autores dos chamados “estudos culturais da ciência”, os quais concebem o processo de construção do conhecimento científico em um contexto social e cultural mais amplo, criticando a suposição de que a atividade científica é um empreendimento em busca de uma essência pura e universal a ser descoberta.

Essa dissertação, portanto, ganha corpo em vista de eu me situar entre esses mundos “internos” e “externos” da Genética e da Biologia Evolutiva: primeiramente, da experiência como pesquisador e estudante de pós-graduação em Genética; em segundo lugar, da literatura crítica com relação à herança genética, “ampliando” a base material

da evolução; e, finalmente, de uma comunidade que situa esses campos de conhecimentos em um contexto social e histórico mais amplo.

Esse último grupo influenciou sobremaneira essa dissertação, principalmente os autores da chamada história cultural da hereditariedade, que apresentam uma preocupação com o caráter histórico e “local” desse conhecimento (Müller-Wille e Rheinberger 2007; 2012). A abordagem desses autores examina contextos largamente não explorados por outros estudos, ao movimentar-se de explicações dominadas pelas teorias científicas para as práticas científicas (e culturais) da hereditariedade. O projeto da história cultural da hereditariedade tem lugar no instituto Max-Planck para a história da ciência (desde 2001) e visa estudar as práticas culturais, médicas, jurídicas e científicas na qual esse conhecimento foi ancorado. Essa abordagem histórico-crítica da hereditariedade está fundada em uma tradição de pesquisa conhecida como "epistemologia histórica", a qual é decorrente do trabalho de Gaston Bachelard (1884-1962), Georges Canguilhem (1904-1995), Michel Foucault (1926-1984) e, mais recentemente, Ian Hacking² (Pence, 2013). Os autores empreendem a filosofia continental com o intuito de introduzir um novo repertório conceitual para a análise da produção de conhecimento científico. A história cultural da hereditariedade está localizada em algum lugar entre o discurso e o conceito científico, além de adicionar as práticas que lhes pertencem. Essa abordagem permite novas perspectivas sobre o conhecimento da hereditariedade na teoria evolutiva³.

O contato com essas diferentes formas de interpretar o conhecimento científico proporcionou perguntas e intensos dilemas teóricos e metodológicos no desenvolvimento dessa pesquisa de mestrado. A dimensão filosófica e social do conhecimento científico e a minha experiência prática no universo da Genética e Biologia Evolutiva fez sentido conforme conheci outro elemento da pesquisa empreendida nessa dissertação. Trata-se do filósofo Michel Foucault. A filosofia de Foucault auxiliou na pesquisa dessa dissertação a partir da necessidade patente de enraizar o conhecimento sobre hereditariedade e evolução em suas contingências

² Ian Hacking (2009) circunscreve algumas diferenças entre a epistemologia histórica e o seu projeto de “ontologia histórica”, em que procura uma ligação próxima com os três eixos foucaultianos: conhecimento, poder e ética.

³ A problemática desse estudo e a sua escolha teórica são justificadas na medida em que as pesquisas sobre hereditariedade na evolução biológica têm sido tradicionalmente centradas na relação entre as teorias científicas, desconsiderando a prática científica. Além disso, os chamados estudos culturais da ciência têm colocado interessantes discussões sobre o conhecimento científico e o seu caráter histórico e contextual.

históricas, práticas e contexto-específicas. Outras abordagens, “internalistas” ou “externalistas” da história da hereditariedade na teoria evolutiva, não aprofundam componentes do conhecimento científico que podem mostrar novas perspectivas aos problemas evolutivos.

A chamada *arqueologia* de Foucault auxiliou na compreensão do genocentrismo no pensamento evolutivo, tanto em suas condições de emergência histórica quanto nas suas consequências sociais e teórico-filosóficas. Uma vez que a perspectiva teórica e metodológica de Michel Foucault embasa de modo especial esse estudo, apresento brevemente alguns desdobramentos da chamada *arqueologia do saber*. Meu objetivo não será examinar extensivamente sua obra, mas comparar a arqueologia de Foucault com a epistemologia das ciências e situar maneiras de usá-las para combinar história e filosofia.

História e Filosofia na arqueologia de Michel Foucault

Mas o que é a filosofia hoje em dia - quero dizer, a atividade filosófica - senão o trabalho crítico do pensamento sobre o próprio pensamento? Se não consistir em tentar saber de que maneira e até onde seria possível pensar diferentemente, em vez de legitimar o que já se sabe? (Foucault, 1984, p. 13).

Os estudos de Michel Foucault possuem seu próprio percurso metodológico, sendo difícil encontrar uma metodologia fechada nesse autor. Se existe alguma característica dos estudos históricos e filosóficos de Foucault é a constante variação e redefinição de seus princípios. Devemos encarar cada um dos estudos do autor como a expressão de uma variedade de abordagens histórico-filosóficas, as quais dependem do objeto de investigação. Veiga-Neto (2000) argumenta que podemos pensar as pesquisas de Foucault como uma atitude “que se manifesta como uma permanente reflexão e desconfiança radical frente a qualquer verdade dita, ou estabelecida” (p. 47)⁴.

Nesse sentido, o empreendimento arqueológico de Foucault possui diferenças marcantes em relação à epistemologia e história da ciência⁵. Se a epistemologia toma

⁴ Veiga-Neto (2000) costuma chamar essa atitude de *hipercrítica*. Essa pode ser considerada uma aproximação de Foucault e os estudos culturais da ciência: não se trata de negar a verdade, mas de sempre problematizá-la. Essa atitude hipercrítica leva Foucault ao risco de ser autorreferencialmente inconsistente e paradoxal. No entanto, como Gary Gutting (1989, p. 272 - 287) nos mostra, há ao menos três argumentos que afastam a ideia de Foucault ser um cético universal ou relativista total.

⁵ É inegável a aproximação que Foucault tem com a epistemologia francesa, principalmente aquela desenvolvida por Georges Canguilhem e Gaston Bachelard, os quais desenvolveram uma epistemologia voltada para a reflexão da história das ciências. Essa é uma peculiaridade típica das contribuições da

por norma o discurso científico, para nele encontrar, em seu estatuto de cientificidade, obstáculos e fecundidade, racionalidade e irracionalidade, tal cientificidade não serve como norma para a chamada *arqueologia do saber*. A arqueologia não relaciona o conhecimento científico a uma instância originária e transcendental. A história das ciências é empreendida na arqueologia sem “considerar estruturas epistemológicas; [mostrando] como a instauração de uma ciência, e eventualmente sua passagem à formalização, pode ter encontrado sua possibilidade e sua incidência em uma formação discursiva e nas modificações de sua positividade” (Foucault, 2013, p. 230).

Diferente da epistemologia, que percorre o eixo consciência-conhecimento-ciência, a arqueologia percorre o eixo prática discursiva-saber-ciência (Foucault, 2013). A arqueologia é diferente de uma história internalista da ciência, que procura entender o conjunto de critérios que determina as seleções científicas; também difere de uma história externalista da ciência, que busca os fatores sociais determinantes do conhecimento científico. A arqueologia não procura “encontrar um encadeamento causal que se poderia descrever ponto por ponto e que permitiria relacionar uma descoberta a um acontecimento, ou um conceito e uma estrutura social” (Foucault, 2013, p. 201).

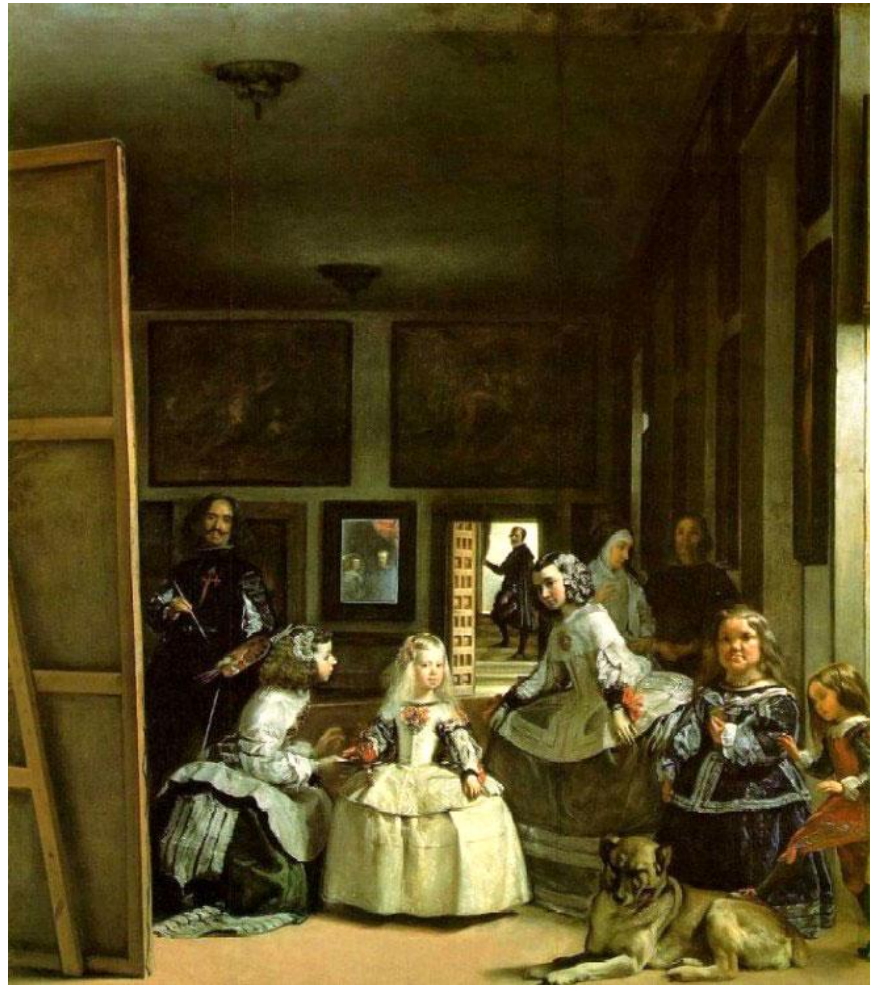
Para Foucault, o empreendimento histórico deve justamente colocar em questão essas totalizações e teleologias. Mesmo os recortes de uma disciplina – como a Genética – não constituem em si características universalmente intrínsecas. Dessa forma, Foucault desafia as unidades discursivas que pressupomos em autores, livros e obras. Essas continuidades irrefletidas, que tomamos de antemão, são desafiadas pela análise arqueológica. Para se distanciar dos diferentes domínios abordados pela epistemologia, como “ciência” ou “teoria”, Foucault denomina de *formação discursiva*⁶ as unidades que compartilham certos tipos de enunciados e regras de formação.

Foucault chama de análise de *episteme* esse seu empreendimento, para se distinguir das outras formas de história da ciência. Por *episteme* entende-se “aquilo que,

filosofia da ciência na França, sendo menos comum nos países anglo-saxões e de língua germânica (Nalli, 2002).

⁶ Para Foucault, podem-se descrever distintas emergências em uma formação discursiva. O momento de formação de enunciados pode ser chamado de *limiar de positividade*; quando essa formação adquire normas de verificação, em relação ao saber, transpõe o que Foucault denomina *limiar de epistemologização*; quando essa figura epistemológica responde além de regras arqueológicas, ela pode transpor o *limiar de cientificidade*; quando o discurso científico define axiomas, se tem o *limiar da formalização* (Foucault, 2013).

na positividade das práticas discursivas, torna possível a existência das figuras epistemológicas e das ciências” (Foucault, 2013, p. 232). Não se deve entender a *episteme* como um sistema que possibilitaria compreender um objeto do saber: a *episteme* permite acesso às relações discursivas, possibilidades e limitações na trama das práticas históricas. Uma analogia feita por Foucault na obra *arqueologia do saber* (2013) ilustra muito bem seu ponto de vista:



Las Meninas ou *La Familia de Felipe IV* - Diego Velázquez, 1656.

Para analisar um quadro, pode-se reconstruir o discurso latente do pintor; pode-se querer reencontrar o murmúrio de suas intenções que não são, em última análise, transcritas em palavras, mas em linhas, superfícies e cores; pode-se tentar destacar a filosofia implícita que, supostamente, forma sua visão do mundo. É possível, igualmente, interrogar a ciência ou pelo menos as opiniões da época, e procurar reconhecer o que o pintor lhes tomou emprestado. A análise arqueológica teria um outro fim: pesquisaria se o espaço, a distância, a profundidade, a cor, a luz, as proporções, os volumes, os contornos, não foram, na época considerada, nomeados, enunciados, conceitualizados em uma prática discursiva; e se o saber resultante dessa

prática discursiva não foi, talvez, inserido em teorias e especulações, em formas de ensino e em receitas, mas também em processos, em técnicas e quase no próprio gesto do pintor. Não se trataria de mostrar que a pintura é uma certa maneira de significar ou de ‘dizer’, que teria a particularidade de dispensar palavras. Seria preciso mostrar que, em pelo menos uma de suas dimensões, ela é uma prática discursiva que toma corpo em técnicas e em efeitos. Assim descrita, a pintura não é uma simples visão que se deveria, em seguida, transcrever na materialidade do espaço. Não é mais um gesto cujas significações mudas e indefinidamente vazias deveriam ser liberadas por interpretações ulteriores. É inteiramente atravessada – independentemente dos conhecimentos científicos e dos temas filosóficos – pela positividade de um saber (Foucault, 2013, p. 234).

A análise arqueológica situa-se nas diferentes relações das modalidades discursivas, estabelecidas entre instituições, processos sociais, técnicas e sistemas de classificações; elas não definem a constituição dos objetos de um saber, mas é o que lhe permite e o situa em relação a outros objetos. Dessa forma, para Foucault, os discursos dão lugar a agrupamentos de objetos e a conceitos que podem formar, segundo seu grau de coerência e estabilidade, as teorias científicas.

A análise do discurso em seu modo de arquivo (*arqueologia*) procura o conjunto de condições que determina aquilo que conta como conhecimento em um determinado período. A esse conjunto de elementos, indispensáveis à constituição de uma ciência, é o que Foucault denomina de *saber*. Diferente da epistemologia, portanto, a arqueologia tem o deslocamento da ciência para o saber, submetendo o conhecimento ao crivo da história e não ao da cientificidade, como é feito no nível epistemológico⁷ (Nalli, 2002).

Foucault não permite apenas analisar as disciplinas científicas em seus lugares históricos, mas também entender a rede de possibilidades e de limitações das atuais concepções. Segundo Ian Hacking (2009), Foucault foi um dos únicos filósofos a estudar sistematicamente o que se chama história do presente. Essa história refere-se a “como nossas concepções atuais foram formadas, como as condições para a formação delas limitam nossos modos atuais de pensar” (Hacking, 2009, p. 86). Dessa forma, Foucault nos ajuda a pensar não apenas a historicidade de um discurso, mas também *porque* determinadas questões são problemáticas.

A partir dos estudos foucaultianos, ficou claro que antes de ter a pretensão de acessar algum dos inúmeros problemas teóricos e filosóficos relacionados ao genecentrismo no pensamento evolutivo, seria necessário entender *porque* essa questão possui o lugar que tem na teoria evolutiva. Obviamente, não é possível acessar todas as

⁷ Ao privilegiar o *saber*, a análise arqueológica tem como objeto outras modalidades discursivas, além da científica, descrevendo as condições de surgimento histórico de um discurso científico.

relações envolvidas na formação e modificação dos discursos sobre esse tema. Por isso, nesse estudo, faço uma primeira aproximação, um recorte provisório a partir de alguns fatos históricos que se afiguram marcantes, na tentativa de compreender as suas condições históricas. Esse recorte não pode ser entendido como definitivo, mas como uma primeira aproximação, que permite o aparecimento de novas relações.

1 HEREDITARIEDADE E EVOLUÇÃO NO SÉCULO XIX

Nesse capítulo procuro caracterizar a constituição do tema base material da evolução, a partir da concatenação dos discursos sobre hereditariedade e evolução biológica no século XIX. Para isso, lanço mão da abordagem presente nos estudos culturais da hereditariedade e da interpretação de Michel Foucault sobre as condições de possibilidade do evolucionismo de Darwin.

Na primeira parte do capítulo apresento uma análise da interpretação de Foucault sobre a formação da Biologia na Idade Moderna e as condições de possibilidade da evolução de Darwin. O autor interpreta que Darwin compartilha com Cuvier um determinado conjunto de regras que caracteriza a Biologia. Nesse registro, Darwin e Lamarck possuem alguns afastamentos, uma vez que por mais renovada que seja a descrição lamarckiana do transformismo dos seres vivos, ela ainda não deixa de ter a mesma representação da história natural da Idade Clássica. Na sequência, analiso o sentido *externalista* que Darwin adota para o princípio das condições de existência cuvieriano e defendo a interpretação de que o darwinismo teve como condição de possibilidade aspectos da Biologia na Idade Moderna.

Na segunda parte do capítulo, discuto o espaço epistêmico da hereditariedade no século XIX e a articulação entre hereditariedade e evolução biológica.

1.1 As condições de possibilidade do evolucionismo de Darwin

Na obra *As palavras e as coisas* (2007 [1966]), Foucault discute a formação da Biologia e argumenta que na transição entre a história natural (na Idade Clássica) e a Biologia (na Idade Moderna) estão algumas das principais condições históricas de possibilidade da obra de Darwin. Nesse sentido, Foucault afirma que as classificações biológicas de Georges Cuvier (1769-1832) foram constitutivas dessa transição, mesmo que Cuvier tenha feito uma Biologia sem evolução.

A interpretação de Foucault não deve ser entendida no sentido de que a obra de Cuvier determinou diretamente o evolucionismo de Darwin. O que Foucault discute especificamente é o lugar do sistema de classificação de Cuvier dentro de uma abordagem comum à *episteme* moderna, presente também na linguística e economia, pertencendo todas a um mesmo “evento arqueológico”. É apenas no contexto de uma “lógica” global em que os discursos são apropriados que podemos compreender como

Cuvier foi uma condição historicamente necessária para o discurso darwinista que surgiu posteriormente.

Para entender em que sentido isso ocorreu, vou fazer um contraste com a história natural na Idade Clássica e os afastamentos que ela constitui com o pensamento de Darwin, tendo como figura alguns aspectos da obra de Lamarck salientados por Foucault (seção 1.1.1). Na seção 1.1.2, procuro detalhar as teses de Foucault que sustentam como Cuvier foi uma condição historicamente necessária para o discurso darwinista; pretendo, também, discutir alguns desdobramentos da interpretação de Foucault e apresentar outros aspectos da Biologia na Idade Moderna que tornaram possível Darwin.

1.1.1 A representação dos seres vivos na história natural e o afastamento entre Darwin e Lamarck

A história natural na Idade Clássica representava as *coisas* na linguagem tão exatamente quanto possível, reduzindo a distância entre as *palavras* e as *coisas* (Foucault, 2007). Os objetos da história natural estavam dispostos em herbários, coleções e jardins, espaços que possibilitavam uma “nomeação do visível” (Foucault, 2007, p. 181). Esses espaços foram condição de possibilidade da história natural e do aparecimento de seus objetos filtrados, vinculando o olhar ao discurso:

O gabinete de história natural e o jardim, tal como são organizados na idade clássica, substituem o desfile circular do “mostruário” pela exposição das coisas em “quadro”. O que se esgueirou entre esses teatros e esses catálogos não foi o desejo de saber, mas um novo modo de vincular as coisas ao mesmo tempo ao olhar e ao discurso. Uma nova maneira de fazer história (Foucault, 2007, p. 180).

Essa disposição geral do saber ordenou o conhecimento dos seres vivos segundo a possibilidade de representá-los: um quadro contínuo, ordenado e universal era exigido, pois permitia descobrir categorias gerais em uma natureza ordenada. O problema da ordem dos seres vivos passa a se tornar razão de ser da história natural do século XVIII. Uma ordem só poderia ser garantida com base em uma visão de continuidade da natureza, a qual projeta uma escala hierárquica que responde perfeitamente à ideia de uma grande cadeia do ser.

Dessa forma, mesmo que o naturalista Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) atribua aos seres vivos o poder de se transformar, ainda se têm nesse autor as transformações das espécies a partir do princípio da continuidade. Para Foucault, Lamarck não deixa de ter uma descrição fundamentada em uma representação da história natural. Mesmo que Lamarck deduza uma relação de transformação nas espécies, o seu sentido é único - uma série linear do simples para o complexo:

Lamarck só pensava as transformações das espécies a partir da continuidade ontológica que era a da história natural dos clássicos. Ele supunha uma gradação progressiva, um aperfeiçoamento ininterrupto, uma grande superfície dos seres que podiam formar-se uns a partir dos outros. O que torna possível o pensamento de Lamarck não é a apreensão longínqua de um evolucionismo por vir; é a continuidade dos seres (Foucault, 2007, p. 379).

Lamarck acreditava em um tempo natural dinâmico, no qual tanto a Terra quanto os seres vivos sofrem contínuas transformações; contudo, as espécies ainda são representadas por ele em um quadro da história natural, particularmente em relação ao aperfeiçoamento contínuo. É desse modo que o lugar do ser vivo já está marcado na cadeia dos seres:

Ora, pelas *massas* de animais, entendo as classes naturais e as grandes famílias, quer dizer, as grandes porções reconhecíveis da ordem da natureza; dizendo que é unicamente pela colocação dessas porções da ordem da natureza que a série geral pode ser formada, eu me fundamento sobre o conhecimento adquirido, que nos ensina que os animais que compreendem cada uma dessas classes ou dessas grandes famílias, apresentam em sua organização um sistema de órgãos que lhe é próprio e essencial; e sobre o que esses sistemas particulares de órgãos diferem entre eles de uma maneira evidente por graus de complicação e de aperfeiçoamento de organização, que fixa, sem arbitrariedade de nossa parte, o lugar que cada um deles deve ocupar na série geral (Lamarck, *Discours* de 1806 [1907], p. 557 *apud* Martins, 1997).

Apesar de Lamarck admitir a presença de “lacunas” nessa escala e negar uma mistura entre os reinos, isso não impedia a progressão linear das *massas* - uma tendência para o progresso na escala animal, ou uma degradação, no sentido inverso. Darwin afasta-se de Lamarck ao inverter a ordem estabelecida na natureza: a evolução darwinista só favorece o que já existe - a variação e a seleção natural são dependentes das condições de existência (Jacob, 1985, p. 244). Apesar de Lamarck atribuir às mudanças nas condições de vida a emergência de determinada espécie, ela não muda sua natureza, a qual é determinada pelo princípio da continuidade de uma hierarquia previamente instaurada para o aperfeiçoamento. A escala natural é dada previamente e o tempo serve apenas para o progresso na cadeia dos seres (Foucault, 2007).

A posição de Lamarck em relação à Biologia e ao evolucionismo pode ser interpretada como expressão de uma transição entre as *epistemes* clássica e moderna. Embora Lamarck apresentasse elementos da Biologia, como a submissão dos caracteres a uma arquitetura interna da organização, ele ainda pensava as transformações das espécies a partir da continuidade ontológica da história natural (Foucault, 2007, p. 379). Desse modo, ele apresenta elementos de ambas *epistemes*. Para François Jacob, “Lamarck se situa no limite exacto entre os séculos XVIII e XIX. Mais que qualquer outro, talvez, ele participe nessa reviravolta de atitude pela qual o vivente se isola do mundo inanimado e se constitui uma biologia” (Jacob, 1985, p. 214).

1.1.2 As condições de possibilidades do evolucionismo de Darwin na Biologia da Idade Moderna

Para Foucault (2007), a configuração entre representação e objeto presente na história natural muda no final do século XVIII. A disposição do visível e do enunciável passa pela espessura dos seres vivos: há uma transformação essencial, o deslocamento do conhecimento para o plano da organização interna. O *caráter* passa a ser ligado e subordinado às *funções* – a Biologia moderna procura semelhanças e diferenças funcionais, não mais estabelecendo apenas identidades e diferenças estruturais. A ideia de organização possibilitou ao conhecimento da vida um conjunto integrado de funções: os seres vivos não possuem mais uma estrutura isolada, mas se inserem na natureza a partir das relações funcionais.

O conceito de organização já existia na história natural do século XVIII, mas como Foucault (2007, p. 318) assinala, esse conceito não servira até o início do século XIX para fundar a ordem da natureza. A Biologia introduz a organização como um espaço profundo que articula os caracteres dos seres vivos. O conhecimento da vida articula-se na profundidade dos organismos, desafiando o projeto de uma taxonomia geral, de uma ordem natural:

Enquanto, para o pensamento do século XVIII, o fóssil era uma prefiguração das formas atuais e indicava assim a grande continuidade do tempo, será doravante a indicação da figura à qual realmente pertencia. A anatomia não somente quebrou o espaço tabular e homogêneo das identidades; rompeu a suposta continuidade do tempo (Foucault, 2007, p. 373).

Para Foucault (2007), essas rupturas encaminham-se principalmente a partir dos estudos de Cuvier: o ser vivo rompe com suas vizinhanças taxonômicas - a suposta continuidade do tempo das espécies é desafiada pela análise dos organismos e suas relações funcionais -, constituindo a vida em sua coerência das condições de existência⁸. A *episteme* moderna, ao romper com esse espaço contínuo, descobre uma historicidade da vida. A história natural não tinha ideia do evolucionismo porque o tempo era extrínseco aos seres. Por outro lado, no início da *episteme* moderna “o ser vivo é pensado, logo de início, com as condições que lhe permitem ter uma história” (Foucault, 2007, p. 380).

Para Foucault, certa temática une um conjunto de discursos entre Cuvier e Darwin, constituindo o tema evolucionismo. Cuvier participa de uma série de circunstâncias históricas e condições epistemológicas que fazem com que a vida surja com sua especificidade própria. Trata-se, em primeiro lugar, do estudo da anatomia comparada, a qual indica que a vida está ligada à noção de organização. Como Foucault observa, a gestação do conceito de vida tem como possibilidade novos métodos e novas técnicas de observação e análise, como a relação entre caráter e função.

Em *A posição de Cuvier na história da Biologia* (2008 [1970]), Foucault apresenta o autor como condição de possibilidade para a reorganização da posição da variação e do indivíduo no saber biológico. Na taxonomia clássica havia um limiar epistemológico e ontológico entre diferentes níveis taxonômicos: no nível indivíduo-espécie estava presente um limiar epistemológico, pois o conhecimento científico operava apenas acima do nível individual, tendo como objeto as categorias gerais que definem as espécies. Acima do nível de espécie, havia um limiar ontológico, na medida em que não se atingia uma “realidade” diretamente a partir do nível supraespecífico. Segundo Foucault (2008), Darwin vai encontrar no indivíduo a trama ontológica e epistemológica da evolução, mostrando que as variações individuais estabelecem a realidade de uma genealogia que abrange níveis taxonômicos acima de espécie.

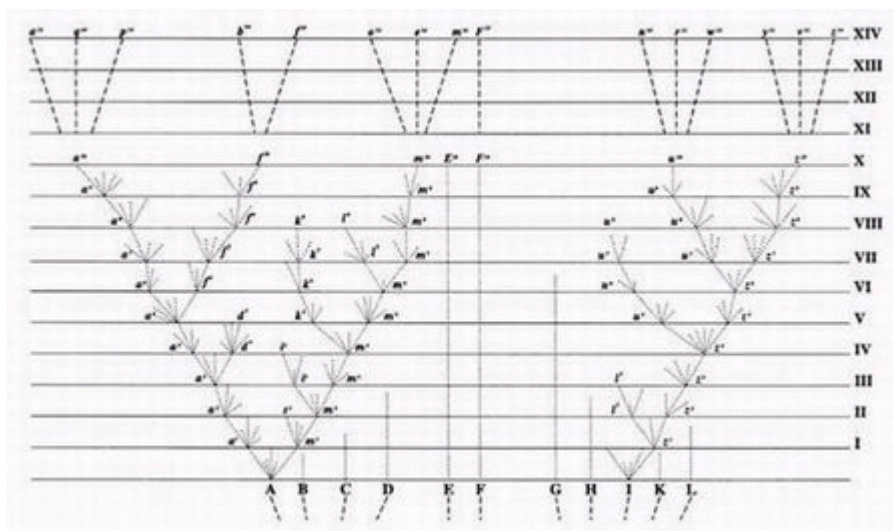
A partir da anatomia comparada como instrumento para classificação taxonômica, Cuvier conferiu o mesmo caráter ontológico aos diferentes níveis

⁸ Por condições de existências, Cuvier concebe o conjunto de correlações fisiológicas compatíveis entre si: “como nada pode existir sem que reúna as condições que tornem sua existência possível, as diferentes partes de cada ser devem estar coordenadas de maneira a tornar possível a totalidade do ser, não somente consigo mesmo, mas nas relações que mantém com aqueles que lhe entornam” (Cuvier, 1817, p. 6 *apud* Faria, 2011).

taxonômicos, apagando o limiar presente na história natural. Isso ocorreu no sentido de que as categorias taxonômicas não são apenas regiões de semelhanças arbitrárias – em que a espécie apresenta algumas características em comum – mas uma estrutura anatomofisiológica analisável, um modo de existência.

De acordo com Faria (2011), a tendência à permanência de caracteres na evolução dos organismos era explicada por Darwin devido aos limites impostos pelo princípio das condições de existência cuvieriano: sem esses limites, as espécies poderiam variar indefinidamente. Alguns caracteres dos organismos em evolução permanecem sem alteração, pois as diferentes partes do organismo devem estar coordenadas de maneira a tornar possível a totalidade da organização. As relações evolutivas são estabelecidas desse modo, pois a manutenção de caracteres que variam menos pode ser explicada pela existência de laços de parentesco, fundamentais para elaboração de genealogias (Faria, 2011, p. 7).

Dessa forma, não se pode dizer que um gênero exista “menos” que uma espécie, pois ambos possuem características anatomofisiológicas distinguíveis (Foucault, 2008, p. 196). Em Darwin, o indivíduo é o *locus* privilegiado, sendo que as espécies e as outras categorias taxonômicas são igualmente “reais”, dependendo de onde se olha para uma árvore evolutiva. Essa questão é ilustrada pela árvore construída por Darwin na *Origem das Espécies* (Darwin, 1872, p. 91).



Na árvore de Darwin, as espécies têm a sua existência definida porque os indivíduos dessa categoria compartilham um recente ancestral comum. Do mesmo modo, diferentes espécies fazem parte de um mesmo gênero por compartilhar um ancestral comum mais antigo. Esse raciocínio pode ser feito para diferentes categorias

taxonômicas que, apesar de não serem entidades materiais, representam processos evolutivos reais.

Em Darwin também não há um limite entre as espécies e as subespécies ou entre as subespécies e as variedades bem características, nem mesmo entre as variedades apenas sensíveis e as diferenças individuais. Fica claro nos estudos de Darwin que a partir da variação individual, conjunta com a seleção, se tem o aumento do grau de diferenciação e, possivelmente, a formação de novas espécies. Pode-se dizer que uma variedade é o início de uma espécie: “de acordo com o meu ponto de vista, as variedades são espécies em processo de formação, ou seja, como as tenho chamado, espécies incipientes” (Darwin, 1872, p.86).

Foucault defende, portanto, três teses em que Cuvier foi condição de possibilidade para o evolucionismo de Darwin:

Tese 1. Cuvier quebra a cadeia dos seres: a série única em que os organismos gradualmente passariam é quebrada a partir da organização dos seres vivos, que impossibilita uma gradação das espécies em um quadro completo. Não há uma cadeia linear, pois os seres vivos são entendidos como “pacotes” de organização: de uma categoria à outra de ser vivo há todo um plano anatômico e funcional, que não constitui uma série linear de transformações⁹ (Foucault, 2008, p. 214).

Tese 2. Cuvier possibilita tratar o indivíduo não apenas pela forma dada, mas como uma organização que satisfaz o princípio das condições de existência: as variações biológicas devem respeitar os limites impostos pela viabilidade anatomofisiológica. Isso possibilitou a “crítica da espécie” de Darwin e que fosse estabelecido o mesmo caráter ontológico aos diferentes níveis taxonômicos, apagando o limiar presente na história natural.

Tese 3. Ao confrontar o tempo com o princípio das condições de existência se tem uma conexão do organismo com o ambiente, o qual opera um fator causal externo no organismo, essencial para sua sobrevivência. A vida compreendida a partir das correlações estabelecidas entre a hierarquização de estruturas internas e as funções vitais deixará de se apresentar como uma realidade ancorada no espaço taxonômico estático. Agora se trata de compreendê-la a partir das condições de existência, em um

⁹ É bem verdade que se poderia obter alguma escala natural das espécies a partir da organização, mas seria algo como séries paralelas, nunca uma única grande cadeia dos seres (Foucault, 2008). Caponi (2008) argumenta que Cuvier rechaçou explicitamente uma ideia de série ou escala dos seres vivos.

meio concreto. Desse modo, tem-se a condição de possibilidade para a introdução da historicidade da vida: na Idade Clássica os indivíduos poderiam existir temporalmente, mas sua natureza não era determinada pelo tempo extrínseco.

A partir de Cuvier, se passará da história ordenada dos seres vivos para uma história descontínua. Essa descontinuidade aplicada aos seres vivos está marcada pela presença da exterioridade, que representa o meio onde a organização tem a sua possibilidade. Contudo, a referência aos seres circundantes e a preocupação com as condições do meio em que os organismos estão expostos não representa um papel relevante no princípio das condições de existência cuvieriano. Esse conceito em Cuvier tinha mais a ver com o fato de que as partes dos organismos exercem uma ação recíproca entre si, mantendo o corpo organizado. O meio físico seria necessário para compreender essa organização, mas não no sentido de uma relação “ecológica”, com referência adaptativa. Trata-se mais de uma correlação funcional em referência à coerência interna do organismo (Caponi, 2008, p. 42).

Foucault (2008) estava consciente de que o meio para Cuvier era algo mais genérico, distinto do modo como Darwin concebeu o princípio das condições de existência. Contudo, o autor não explora as mudanças que Darwin precisou operar para superar essa “negligência”. Darwin fez uma extensão do sentido cuvieriano das condições de existência para o princípio das condições de vida, a partir da quinta edição da *Origem das Espécies*, deixando claro o papel do entorno em que o organismo se insere (Russell, 1916):

The expression of conditions of existence, so often insisted on by the illustrious Cuvier, is fully embraced by the principle of natural selection. For natural selection acts by either now adapting the varying parts of each being to its organic and inorganic conditions of life; or by having adapted them during past periods of time: the adaptations being aided in many cases by the increased use or disuse of parts, being affected by the direct action of external conditions of life, and subjected in all cases to the several laws of growth and variation. Hence, in fact, the law of the Conditions of Existence is the higher law; as it includes, through the inheritance of former variations and adaptations, that of Unity of Type (Darwin, 1872, p. 166-167).

As condições de vida podem ser consideradas cruciais para a evolução das formas orgânicas. Por um lado, há um sentido cuvieriano para esse princípio: Darwin discute a transformação por correlação, em que o homem, ao selecionar uma particularidade dos organismos domésticos, quase sempre modifica, involuntariamente, outras partes da estrutura (Darwin, 1872, p. 9). A analogia com a seleção artificial se estende para a

seleção natural. Por outro lado, Darwin apresenta inúmeros exemplos de que as mudanças nas condições de vida são de grande importância para a variabilidade.

A sua interpretação mais aprofundada das variações no estado doméstico e selvagem ocorreu na obra *The variation of animals and plants under domestication*, publicada em 30 de janeiro de 1868. É nessa obra que Darwin deixa mais evidente sua forte posição sobre a variação biológica: "se fosse possível expor todos os indivíduos de uma espécie, durante muitas gerações, a condições de vida absolutamente uniformes, não haveria variabilidade" (Darwin, 1875, II, p. 242). Além disso, o autor lança sua hipótese provisória da pangênese, a lei da herança que está envolvida na teoria da evolução. Do mesmo modo que na *Origem*, Darwin se vale de inúmeras observações no meio doméstico para elaborar as suas conclusões sobre esse tema. O autor ainda amplia sua compreensão dessas leis a partir de estudos com os criadores de animais, horticultores e da literatura médica. Darwin recorre seguidamente a exemplos dessas referências para tratar de padrões relacionados à hereditariedade e variação, como a prepotência, o vigor constitucional, os caracteres latentes e as doenças hereditárias no homem.

Uma das leis da variação mais abordadas por Darwin é a do uso e desuso, a ideia de que quanto mais uma parte do corpo ou órgão é usada mais ela se desenvolve, enquanto as partes não usadas atrofiam. Esse meio de adquirir caracteres está presente na interpretação de Darwin em muitas de suas observações, podendo ser um meio de modificação das espécies. As dúvidas de Darwin na interpretação da evolução de alguns caracteres, que podem ser por meio da seleção natural ou pelo uso e desuso, denotam que o primeiro não é o único meio de modificação:

It is very difficult to distinguish between the effects of long-continued selection and those which follow from the increased action of the part, or directly from some other cause (Darwin, 1875, II, p. 286).

Além de considerar o uso e desuso, Darwin cita a ação direta de mudanças de hábito e a aclimatação como diferentes formas de aquisição de características herdáveis:

We need not, however, doubt that under nature new races and new species would become adapted to widely different climates, by variation, aided by habit, and regulated by natural selection (Darwin, 1875, II, p. 305).

Essas leis em conjunto deixam claro que Darwin considera as mudanças ambientais absolutamente necessárias para a origem das variações. Na última edição da

obra *The variation of animals and plants under domestication* (1875), ele parece pluralista na sua interpretação dos meios de modificação, denotando a relação entre as causas da variação e a seleção natural:

It may be well here to pause and observe how the effects of correlated variability, of the increased use of parts, and of the accumulation of so-called spontaneous variations through natural selection, are in many cases inextricably commingled (Darwin, 1875, p. 327).

Darwin argumenta que os aspectos relacionados à variação, hereditariedade e desenvolvimento estão integrados na evolução dos seres vivos. A tentativa de uma teoria que abrangesse esses aspectos ocorreu na sua hipótese da pangênese. Na sua hipótese provisória ou especulação da pangênese, os gametas possuem uma infinidade de gêmulas, oriundas de cada parte do corpo. Essas unidades, durante cada fase do desenvolvimento, originam novas gêmulas, que, multiplicando-se, são transmitidas à descendência. Os organismos podem ser sujeitos a condições de vida alteradas em um determinado estágio de seu desenvolvimento, tendo como consequência gêmulas modificadas que se expressam, na próxima geração, em um mesmo estado do desenvolvimento. É de tal forma que Darwin (1875) concebe a herança de caracteres adquiridos.

Diferente de Darwin, Lamarck interpreta as condições ambientais modificadas como causa de distorção na organização de uma ordem natural pré-estabelecida (Caponi, 2008). Darwin promove uma inversão, em que as condições de existência dos seres vivos são fundamentais para a evolução biológica. Nesse sentido, Darwin tem dois grandes contrastes com autores pré-darwinistas, configurando novidades que surgiram na Biologia da Idade Moderna: (i) as exigências ambientais são indispensáveis para Darwin - os autores pré-darwinistas adotam uma certa indiferença entre as complexas relações morfológicas e as exigências ambientais (Caponi, 2008). (ii) É justamente a partir das diferenças morfológicas que a seleção natural darwiniana pode operar. Com Darwin, a *variação* individual, em uma perspectiva populacional, permite explicar a relação entre as exigências ambientais e as modificações dos seres vivos, uma condição de possibilidade da temática darwiniana da adaptação (Caponi, 2005).

1.2 O espaço epistêmico da hereditariedade e a articulação com o discurso evolutivo

Se o pensamento evolutivo teve um determinado jogo de relações que se inicia no período moderno, o mesmo pode ser considerado em relação à hereditariedade. Para Staffan Müller-Wille e Hans-Jörg Rheinberger (2007; 2012), uma longa história de observações e práticas no final do século XVIII, que não formavam em si um discurso unificado, começa a configurar o surgimento da hereditariedade biológica.

Os autores utilizam um termo mais “regional” da *episteme* foucaultiana, o chamado *espaço epistêmico*, para defender a tese de que a hereditariedade pode ser traçada desde o século XIV, em múltiplos domínios do conhecimento, como na literatura, em tratados médicos, enciclopédias de história natural e panfletos políticos. No entanto, um campo discernível da hereditariedade biológica como um fenômeno próprio emergiu somente em torno de 1800, muito relacionado às possibilidades sociais e culturais que surgiram ao longo desse século.

Apesar da ideia de hereditariedade começar a se desenvolver no início do século XIX, o termo hereditariedade adquiriu um *status* dominante na Biologia somente em torno de 1880. Foi por essa época que veio a existir um conjunto de significados estáveis em referência ao conceito de hereditariedade biológica (López-Beltran, 2007). Para compreender as convenções linguísticas e institucionais que começaram a suportar um discurso biológico sobre hereditariedade na Idade Moderna, os autores apresentam três grandes domínios discursivos que formaram esse espaço do saber: (i) o âmbito legal e político; (ii) o discurso médico; (iii) a história natural, as práticas de hibridização e a antropologia. Esse regime de conhecimento deve ser entendido em um contexto de formação das nações do ocidente, economicamente capitalistas e com inspirações imperialistas (Müller-Wille e Rheinberger, 2007). A hereditariedade, portanto, é menos que a história de uma ciência particular ou de um programa de pesquisa, mas um domínio cultural do conhecimento, o qual interage com a reprodução e transformação de valores sociais. As pesquisas dos diversos autores da história cultural da hereditariedade estabeleceram relações interessantes entre esses diferentes domínios do saber, os quais são apresentados, *grosso modo*, a seguir¹⁰:

¹⁰ Para mais detalhes, consultar Müller-Wille e Rheinberger (2007; 2012) e os arquivos do projeto da história cultural da hereditariedade: http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/en/research/projects/DeptIII_Cultural_History_Hereditiy

(i) No *âmbito político e legal* o discurso sobre hereditariedade, no início do século XIX, estava em torno da autoridade patriarcal, direitos dos primogênitos, *status* da esposa e dos filhos ilegítimos. Em termo jurídico, hereditariedade referia-se à distribuição de *status* e propriedades em uma sucessão temporal, geralmente de acordo com o grau de parentesco. Essa preocupação desencadeou um interesse em genealogias familiares, as quais traçavam as complexas relações de ancestralidade nas famílias. No início da modernidade européia, a construção de relações genealógicas estava intimamente ligada com o casamento entre parentes próximos, como uma estratégia para arrendar as terras familiares. Um exemplo pertinente é na família de Darwin, que formou múltiplos laços familiares através do casamento entre primos (o próprio Darwin se casou com sua prima, Emma). A endogamia poderia garantir uma relação de igualdade na família, interessando a burguesia nascente do século XIX, que poderia estabelecer um núcleo familiar fechado, herdando sucessivamente suas propriedades. As questões políticas e legais da hereditariedade, até a metade do século XIX, eram relativamente independentes dos problemas biológicos da hereditariedade; contudo, esses temas ecoaram regularmente em diferentes “teorias da geração” (Müller-Wille e Rheinberger, 2007).

(ii) Um domínio mais relacionado com o discurso da hereditariedade biológica foi a *Medicina*, a qual empregou metáforas sobre esse tema em um contexto biológico. As doenças familiares eram objetos de metáforas sobre a hereditariedade desde o século XIV na literatura médica (Müller-Wille e Rheinberger, 2012, p. 43). A partir das observações relacionadas ao aparecimento, distribuição e transmissão de peculiaridades familiares, pesquisas sobre doenças e “monstruosidades” com um fundo hereditário foram propelas. Apesar de no meio médico não haver em si uma literatura contínua sobre hereditariedade, esse domínio foi significativo para a Biologia, pois proporcionou metáforas e conceitos para o discurso que emergiu nas primeiras décadas do século XIX.

(iii) Na *história natural*, os jardins botânicos e zoológicos foram um espaço para o estudo da hereditariedade. Esses jardins estavam em um contexto do mercantilismo e da expansão colonial europeia. Nesses espaços, as questões sobre hereditariedade foram conduzidas experimentalmente, principalmente a partir do século XVIII. Nos jardins é que foi possível abstrair o efeito da herança do efeito ambiental, uma vez que organismos oriundos de distintos ambientes foram transplantados para um ambiente

padronizado. Além disso, no século XIX já havia uma extensa literatura sobre as práticas dos criadores de animais e horticultores. Esses criadores acumularam uma grande experiência na produção de variedades domésticas, estabelecendo experimentos de hibridização muito similares aos naturalistas em jardins botânicos e zoológicos. Os criadores também estabeleceram associações profissionais com o intuito de aprimorar seus conhecimentos e trocar variedades. Nessas instituições, desenvolveram um vocabulário técnico para descrever seus procedimentos e os fenômenos que observavam. Para Müller-Wille e Rheinberger (2012), tanto o deslocamento de mudas e animais para o continente europeu, o qual acompanhou o colonialismo, quanto o aparecimento de novas camadas sociais e as suas patologias particulares no contexto da industrialização e urbanização, fornecerem o substrato material para as ideias emergentes de hereditariedade biológica na modernidade. A partir do colonialismo, por exemplo, ocorreu a criação de um sistema de *Castas* em consonância com a “miscigenação” das populações coloniais. Essas preocupações levaram ao desenvolvimento de teorias sobre a origem das “diferenças raciais” na espécie humana.

É importante ter em mente que esse amplo espaço epistêmico foi base para a formação do discurso sobre hereditariedade biológica. Os autores acreditam que a erosão de barreiras institucionais, sociais e culturais tiveram um papel importante no surgimento de um discurso unificado sobre hereditariedade biológica ao longo do século XIX. Nas palavras de Müller-Wille e Rheinberger: “no curso do século XIX, foi possível ver o específico e o individual, o normal e o patológico – em resumo, o regular e o desviante – determinados pelos mesmos conjuntos de leis naturais da reprodução orgânica” (2012, p. 69). Seguindo a arqueologia foucaultiana, os autores entendem a hereditariedade como um espaço epistêmico disperso no início do século XIX, o qual começa a se articular para a emergência de um conjunto de enunciados coerentes. A emergência de um conceito geral de hereditariedade biológica dependeu, portanto, da concatenação de fenômenos nesses múltiplos espaços do saber.

O desenvolvimento da teoria evolutiva foi especialmente importante em tornar a hereditariedade um problema central da Biologia, na segunda metade do século XIX. O fenômeno da hereditariedade passou a ser reconhecido não apenas nas questões entre pais e filhos, mas também ancestral-descendente, variação-similaridade (Müller-Wille e Rheinberger, 2012). Para Darwin, o estudo da hereditariedade necessariamente era o estudo do desenvolvimento, pois apenas o desenvolvimento poderia delinear onde, em

que quantidade, quais os tipos, e por quais mecanismos as partículas hereditárias seriam produzidas. O estudo do desenvolvimento mostraria como as gêmulas interagem com outras gêmulas pré-existentes e as condições externas:

Finally, we see that on the hypothesis of pangenesis variability depends on at least two distinct groups of causes. Firstly, the deficiency, superabundance, and transposition of gemmules, and the redevelopment of those which have long been dormant; the gemmules themselves not having undergone any modification, and such changes will amply account for much fluctuating variability. Secondly, the direct action of changed conditions on the organisation, and of the increased use or disuse of parts; and in this case the gemmules from the modified units will be themselves modified, and, when sufficiently multiplied, will supplant the old gemmules and be developed into new structures (Darwin, 1875, II, p. 390).

Desse modo, Darwin postula uma teoria mecânica e material de como o ambiente causa a variação nos organismos, a qual é a base para a compreensão da diversidade. Segundo Solano (2006), foi a partir da leitura de Prosper Lucas (1808-1885), médico Francês que trabalhou com enfermidades hereditárias, que Darwin explorou a coexistência antagonista entre hereditariedade e a variação. Os experimentos de hibridização dos criadores de animais e horticultores, além das observações dos naturalistas quanto à distribuição geográfica de plantas e animais colecionados, também são fontes recorrentemente citadas por Darwin (1875). O caminho que Darwin escolheu para tratar essas questões nos revela os pormenores de um espaço epistêmico da hereditariedade. Para Müller-Wille e Rheinberger (2012), não foi por acaso que em torno da hipótese da pangênese houve um múltiplo esforço para tratar as questões da hereditariedade biológica. Darwin não contribuiu apenas para a formulação de uma teoria evolutiva, ele foi um dos primeiros autores a traçar a importância central da hereditariedade na Biologia, oferecendo um exemplo instrutivo da convergência entre diferentes domínios culturais da hereditariedade no final do século XIX, reunindo tradições da história natural, medicina e hibridização, na procura de respostas gerais para as questões da hereditariedade biológica.

Darwin também empregou de maneira importante que a reprodução ocorre além de uma dimensão vertical: as gêmulas são um reservatório comum, passadas pelos ancestrais e redistribuídas entre os indivíduos da próxima geração. Essa ideia de *geração* permitiu pensar as transformações populacionais como um processo que possui uma dimensão sincrônica e diacrônica. Considerar os fenômenos biológicos em termos de geração parece trivial hoje em dia, mas isso nem sempre foi assim. Para Ohad Parnes (2007), a ideia de geração como um coletivo de indivíduos definidos em um

determinado tempo começou a ser abordado apenas no final do século XVIII. Essa nova forma de raciocínio teve amplas consequências para a teoria evolutiva e da hereditariedade durante o século XIX, pois permitiu articular um entendimento da reprodução biológica que trata as transformações das populações em um período de tempo acessível à experiência.

Mendel, Nägeli e Haeckel são exemplos de autores que se valeram da ideia de geração no século XIX (Parnes, 2007). Contudo, o autor mais lembrado por aprofundar essa questão sobre a hereditariedade e evolução é Francis Galton (1822-1911), primo de Darwin. A publicação da obra *Variação dos animais e plantas sob domesticação* gerou um interesse especial em Galton. Em 1868, logo após o lançamento dessa obra, Galton decidiu testar a hipótese da pangênese de Darwin. Ele pensou que se as gêmulas pudessem se espalhar pelo corpo e circular livremente, então, através da transfusão sanguínea, as gêmulas deveriam passar de um indivíduo para o outro. Se nos descendentes de animais que sofreram transfusão surgissem sinais de mistura entre as características, a hipótese de que as gêmulas circulam pelo sangue seria procedente. Galton elaborou entre 1869 e 1871 uma série de experimentos com transfusão de sangue em coelhos, que o levou a rejeitar a ideia de que as gêmulas poderiam circular pelo corpo desses indivíduos. Os resultados desses experimentos foram lidos na forma de um *paper* na *Royal Society*, em 1871, onde Galton afirmou que a teoria da pangênese era incorreta (Provine, 2001)

A partir das falhas da teoria da pangênese, Galton propôs sua própria teoria da herança, a qual ele acreditava que poderia superar algumas dificuldades da teoria de seu primo (Galton, 1876). Assim como Darwin, o autor concebia o processo de hereditariedade como um sistema de partículas; contudo, diferente de seu primo, negava que as gêmulas eram um produto de todo corpo, que seria transportado pelo sangue. Galton também possuía algumas restrições quanto ao papel do ambiente para a hereditariedade. Em alguns estudos sobre gêmeos humanos ele concluiu que a herança é mais preponderante que as influências ambientais (Galton, 1869). As evidências que baseavam o argumento de Galton eram relacionadas com sua análise da biografia de “homens ilustres” e da proporção de parentesco entre pessoas eminentes na sociedade. Para ele, o talento e o caráter eram hereditários.

Após elaborar a sua teoria fisiológica da hereditariedade, o autor começa a se concentrar em uma teoria estatística da herança, baseada nas propriedades da

distribuição normal (Bulmer, 2003). No final do século XIX, Galton avança seus estudos sobre hereditariedade através de ferramentas estatísticas, reinterpretando o significado da probabilidade e se valendo dos conceitos de regressão e correlação. Sendo pioneiro no uso de ferramentas estatísticas para o estudo da herança, ele possibilita um tratamento matemático da variação e da hereditariedade dos seres vivos. A hereditariedade e a variação passam a ser vistas por Galton como dois efeitos do mesmo processo: a combinação e a transmissão de fatores hereditários na população (Bowler, 1983). O autor compreende que as diferenças entre os indivíduos são reais, enquanto os valores médios que se pode calcular a partir de grupos de indivíduos são inferências feitas pelo homem. Essa é uma compreensão fundamental, pois a singularidade dos indivíduos é essencial para o entendimento da seleção natural (Mayr, 1982). Esse entendimento da variação biológica, não sendo um mero “erro” em torno da média populacional, é um dos pontos fundamentais do chamado pensamento populacional (Mayr, 1982). O evolucionista Ernst Mayr, que acentua as diferenças entre pensamento populacional e tipológico, clama a importância de Galton nesse sentido:

Francis Galton was perhaps the first to realize fully that the mean value of variable populations is a construct. Differences in height among a group of people are real and not the result of inaccuracies of measurement. The most interesting parameter in the statistics of natural populations is the actual variation, its amount, and its nature (Mayr 1982, p. 47).

O tratamento estatístico de Galton para a variação biológica foi pensado de forma especial para as populações humanas. As suas ideias eugênicas foram, em grande medida, derivadas de sua compreensão sobre hereditariedade e evolução (Bulmer, 2003). O autor pretendia desenvolver uma genuína ciência eugênica que, através de instrumentação matemática e biológica, identificaria e estimularia a reprodução social dos portadores de “melhores características”. Galton defendia a ideia de melhoria da “raça” humana, incentivando o casamento precoce entre homens e mulheres “talentosas”. Ele desejava que as suas ideias sobre eugenia fossem adotadas com uma grande extensão e força na sociedade, defendendo-as até a última década de sua vida:

It must be introduced into the national conscience, like a new religion. It has, indeed, strong claims to become an orthodox religious tenet of the future, for Eugenics cooperates with the workings of Nature by securing that humanity shall be represented by the fittest races. What Nature does blindly, slowly, and ruthlessly, man may do providently, quickly, and kindly (...) The improvement of our stock seems to me one of the highest objects that we can reasonably attempt (Galton 1904, p. 42 *apud* Bulmer, 2003, p. 83).

A estatística galtoniana servia como uma verdadeira ferramenta de controle da vida, inserida em uma rede de relações do conhecimento da hereditariedade. Segundo Müller-Wille e Rheinberger (2012), Galton articulou sua teoria em uma dimensão política, sendo as especulações e propostas desenvolvidas por ele um exemplo paradigmático de dispositivo *biopolítico* foucaultiano.

Para compreender a posição de Galton é necessário levar em conta que a hereditariedade, no final do século XIX, se estendia para uma dimensão que estava em intenso debate nessa época: a saber, a “saúde” das populações humanas e a intervenção estatal em vista dela. Durante esse século, houve uma intensa mudança demográfica e de padrões de vida na Europa e América, bem como um intenso êxodo rural e urbanização em alguns países (Müller-Wille e Rheinberger, 2012). A medicina assumiu um papel social e político muito importante, pois a migração para as grandes cidades levou a grandes problemas de saúde pública, especialmente para as classes mais baixas. Dessa forma, a população tornou-se um alvo da intervenção estatal. No século XIX, os regimes políticos ocidentais passaram a exercer um poder positivo sobre a vida de suas populações, a partir de uma gestão de controle e regulação do conjunto. Para Foucault (2007b), esse poder “se situa e exerce ao nível da vida, da espécie, da raça e dos fenômenos maciços de população” (p. 149-150)¹¹.

Em *história da sexualidade: a vontade de saber* (2007b), Foucault argumenta que uma nova forma de poder, fundamentada em uma implantação da sexualidade, possibilitou as políticas de controle populacional no século XIX. Uma *biopolítica* da população, centrada no corpo-espécie como suporte dos processos biológicos, foi o polo em que se desenvolveu um determinado poder sobre a vida, iniciando um domínio relativo sobre ela.

Uma das grandes novidades nesse sentido foi o “surgimento” da *população*, com seus fenômenos e variáveis próprias, tais como natalidade, fecundidade e morbidade. Para Foucault, a eugenia do século XIX e XX encontra nesse movimento alguns de seus pontos de fixação: o sexo torna-se objeto de uma teia de discursos e saberes que o analisa e gerencia, pois estava no cerne de problemas políticos e econômicos das populações¹². A partir do programa da eugenia também se possibilitava deixar um

¹¹ Esse poder foi elemento característico do desenvolvimento do capitalismo, o qual pôde garantir a inserção controlada dos corpos no aparelho de produção (Foucault, 2007b).

¹² Como Foucault mostra, trata-se de uma proliferação de discursos sobre o sexo, tomando forma em diferentes disciplinas, como na demografia, psiquiatria e biologia.

legado para a nação – trata-se de um projeto de expansão da vida que podia representar para as gerações futuras a força, a perenidade e a proliferação de um corpo. Assim, “em nome de uma urgência biológica e histórica, justificava[m-se] os racismos oficiais, então iminentes. E os fundamentavam como ‘verdade’ ” (Foucault, 2007b, p. 62). Nesse sentido, as doenças típicas das classes menos abastadas eram encaradas como uma degeneração da população pelas elites científicas e políticas americanas e européias, requerendo medidas de controle (Müller-Wille e Rheinberger, 2012)¹³.

Em vista dessas exigências econômicas e ideológicas, é difícil considerar como livres ou desinteressados os domínios científicos que tratavam da sexualidade. Para Foucault (2007b), há uma “linha de contato entre um saber sobre a sexualidade humana e as ciências biológicas da reprodução; desse modo aquele saber, sem nada receber realmente dessas últimas – salvo algumas analogias incertas e uns poucos conceitos transplantados – ganhou, por privilégio da vizinhança, uma garantia de quase cientificidade; mas através dessa mesma vizinhança, certos conteúdos da biologia e da fisiologia puderam servir de princípio de normalidade à sexualidade humana” (p. 168-169).

A *população* é o cenário sobre o qual uma racionalidade muito concreta exerce seu controle. Os discursos da hereditariedade e evolução, nesse sentido, também estão voltados para a regulação das populações, intervenções que visavam as potencialidades da vida humana em um corpo social. As teorias da hereditariedade biológica desenvolveram técnicas que permitiram a análise das populações em termos de elementos diferenciados que se recombinaem em cada geração. São elas, por exemplo, dispositivos de medição, técnicas estatísticas para quantificar variabilidade e um rigoroso método para análise de parentesco. Tais abordagens poderiam permitir a identificação, investigação e manipulação dos elementos hereditários. É nesse sentido que o conhecimento da hereditariedade biológica se confundia com problemas em diferentes domínios do saber, organizando, no final do século XIX, um saber da hereditariedade que prometia moldar o desenvolvimento das populações humanas em caminhos decisivos¹⁴. Essa complexa rede passa a ser objeto do escrutínio científico, o

¹³ Além dessa exigência de regulação sobre a descendência, Foucault (2007b) aborda também um micropoder sobre o corpo, o qual não será tratado aqui.

¹⁴ As diferentes propostas desenvolvidas a partir desse movimento não devem ser encaradas como um movimento político monolítico (Müller-Wille e Rheinberger, 2012). Algumas abordagens, por exemplo, promoviam a “saúde hereditária” da população ao crer na herança de caracteres adquiridos. Outras

qual procura as leis que governam as relações entre as gerações. Abordagens que são de óbvia importância para as ideias evolutivas, como as técnicas estatísticas para quantificar a variabilidade e a análise de parentesco, adquiriram uma importante significância social.

A investigação histórica apresentada aqui nos ajuda a compreender a maneira pela qual se multiplicaram os discursos que tomam a hereditariedade como um objeto científico no final do século XIX. Nesse registro, procurou-se referir uma história da hereditariedade com relação ao controle da vida, os quais se encontram com certa dependência histórica. No próximo capítulo, vou tratar da emergência de uma racionalidade genética e da construção de uma identidade genética intrínseca, que começam a tomar forma no final do século XIX, levando a uma série de implicações para esses diferentes espaços do saber.

abordagens estavam mais inclinadas com a contribuição que uma seleção, positiva ou negativa, poderia ter em nível populacional.

2 A EMERGÊNCIA DA RACIONALIDADE GENÉTICA E A CONSTRUÇÃO DE UMA IDENTIDADE GENÉTICA INTRÍNSECA

Como vimos no capítulo anterior, o encontro do pensamento evolutivo com a hereditariedade biológica esteve permeado por múltiplos domínios do saber. No início do século XX, essa relação passa a ser ocupada principalmente pela chamada racionalidade genética (Thurtle, 1996; 2007). O objetivo principal desse capítulo será apresentar alguns antecedentes históricos desse movimento, explorando o estabelecimento da citologia, a “santuarização” e a “estabilização” das partículas hereditárias, bem como os desdobramentos do mendelismo e da biometria no início do século XX¹⁵.

Nessa mesma seara, será caracterizada a construção de uma identidade genética intrínseca, a qual teve uma série de consequências para o pensamento evolutivo. Como discutido no capítulo anterior, o ser vivo veio a ser historicizado na sua relação com o meio, pois as condições de vida em que os organismos estão submetidos não deixam de mudar e colocar em perigo a estabilidade provisória da vida. Contudo, a relação com o meio sofre uma mudança abrupta entre o final do século XIX e início do século XX, no período conhecido como “eclipse do darwinismo” (1880-1930). Se para Darwin o meio é essencial no entendimento da hereditariedade, evolução e desenvolvimento dos organismos, após o eclipse do darwinismo, o meio ficará limitado à pressão seletiva: as partículas hereditárias são confinadas no núcleo e a organização começa a ser subjugada a uma identidade genética intrínseca (Bonneuil, 2008).

2.1 O estabelecimento da citologia

Rudolf Ludwig Karl Virchow (1821-1902), com base no trabalho de Theodor Schwann (1810-1882), estabeleceu as bases da teoria celular há mais de 150 anos. Em sua famosa epígrafe *omnis cellula e cellula*, Virchow afirmava que as células são as unidades básicas da vida e, invariavelmente, originam-se de outras células¹⁶:

Where a cell arises, there a cell must have previously existed (*omnis cellula e cellula*), just as an animal can spring only from an animal, a plant only from a plant. In this manner, although there are still a few spots in the body where absolute demonstration has not yet been afforded, the principle is nevertheless established, that in the whole series of living things, whether

¹⁵ Os aspectos envolvidos com essas “escolas”, como a prática de hibridização e a análise estatística, ocorreram antes desse período. Elas serão, em partes, negligenciadas na minha análise, pois o meu problema é procurar a maneira pela qual através delas a racionalidade genética ocupa um papel importante no saber da hereditariedade, sendo um modelo e instância de aplicação desse saber.

¹⁶ Apesar da importância desses autores, essa ideia certamente possui vários antecessores, como Brisseau de Mirbel (1776–1854) (Sapp, 2003).

they be entire plants or animal organisms, or essential constituents of the same, an eternal law of continuous development prevails (Virchow, 1860, p. 54-55).

Essa ideia estava em perfeito acordo com a hipótese darwiniana de origem comum, uma vez que as células provêm de células e organismos de organismos, implicando uma continuidade física inevitável. Virchow congrega dois princípios na sua teoria celular, relacionados à composição e a gênese dos organismos: a célula é a composição básica da vida, a qual detém os caracteres dos seres; e a célula origina-se apenas de outra célula, estabelecendo uma relação de causalidade (Canguilhem, 2012).

No último quarto do século XIX, o estudo da célula torna-se uma ciência especial, a *citologia*. Os processos de mitose e meiose apontam para um novo e mais profundo princípio: *omnis nucleus e nucleo*. Karl Wilhelm Von Nägeli (1817- 1891) foi um precursor desse princípio, ao detalhar que o núcleo de plantas e animais multiplica-se por divisão. Mas foi Walther Flemming (1843-1905) que experimentalmente detalhou algumas características nucleares, como a replicação dos cromossomos. Dessa forma, ao pensar que o núcleo é originado de um núcleo antecessor, Flemming cunhou o aforismo *omnis nucleus e nucleo*, em referência ao *omnis cellula e cellula* de Virchow (Baker, 1955).

No núcleo, os cromossomos de coloração escura começaram a assumir o papel principal no fornecimento da ligação física entre as células. A continuidade física através do ciclo celular, a regularidade de seus números, a precisão de seus movimentos, assim como a divisão longitudinal da cromatina e as evidências de fusão dos pronúcleos do macho e da fêmea na fecundação, conferiram ao cromossomo uma posição especial no discurso citológico sobre a hereditariedade (Baker, 1955).

De acordo com Oscar Hertwig (1849-1922), os avanços na teoria celular de meados do século XIX forneceram uma base sólida para as teorias da hereditariedade (Martins, 2011). A citologia do final do século XIX desvelou um plano de organização que ocorre em uma dimensão mais profunda. A reprodução adquiriu uma nova configuração: a formação de um ser vivo é a construção celular renovada a cada geração. Com o aperfeiçoamento do microscópio vê-se que, afinal, o ovo não é senão uma célula, sendo a fecundação a fusão de duas células parentais. Esse espaço celular liga as sucessivas gerações, articulando-se com o tempo. Segundo Jacob, a célula “torna-se simultaneamente a unidade do vivente, quer dizer, a individualidade que nele detém todas as propriedades, e o ponto de partida de todo o organismo” (Jacob, 1985, p.

167). As técnicas de fertilização e de coloração microscópica tornaram a citologia um sítio de ancoragem para o discurso da hereditariedade – a célula passa a ser tratada como a portadora do material hereditário preservado, na qual a vida é originada de geração em geração.

Nesse contexto, a citologia permitiu explorar a natureza material da hereditariedade, a estrutura que detém os segredos da organização e as invisíveis variações. O olhar do cientista adquiriu uma nova dimensão: indo da análise da identidade exterior dos organismos (e sua variação), ao interior da célula, em direção ao oculto, definindo novas necessidades de pesquisa. Do superficial o cientista torna-se profundo, penetrando na célula para localizar o cerne da hereditariedade.

Durante a maior parte do século XIX considerava-se o fenômeno da hereditariedade como uma força. Ao empregar a expressão “força hereditária”, os naturalistas descreviam uma potência ativa de transmissão (Gayon, 2000). Os criadores de animais e horticultores tipicamente entendiam a hereditariedade como uma força que se acumula e pode ser reforçada ou enfraquecida durante as gerações. Com o desenvolvimento da citologia, a hereditariedade começa a ser compreendida não mais como uma magnitude mensurável, de ancestrais distantes, mas a partir de suas propriedades estruturais (Gayon, 2000). Muitas teorias da hereditariedade da segunda metade do século XIX começam a ter em comum a hipótese de substâncias ou partículas hereditárias, que se relacionam com o organismo adulto como um “microcosmo” à sua constituição “macrocósmica”. No primeiro capítulo discuti o modelo microscópico de Darwin. Outros exemplos são as unidades fisiológicas de Hebert Spencer (1820-1903), o idioplasma de Nägeli, o plasma germinativo de August Weismann (1834-1914) e as gêmulas de Hugo de Vries (1848-1935). Essas diferentes teorias denotam o quanto as questões sobre a constituição material da hereditariedade, e seu poder causal, foram debatidas com grande intensidade no final do século XIX.

As considerações sobre hereditariedade, a partir de então, relacionam-se mais com um material hereditário transmitido pelas gerações do que com a soma total de influências ancestrais: a herança é uma questão de estrutura em uma determinada geração (Gayon, 2000). Essa ideia foi reforçada com o estabelecimento da teoria cromossômica da herança por Morgan (1866-1945) e seus alunos: as unidades mendelianas de herança tornam-se as entidades materiais discretas, os “átomos” da hereditariedade. A teoria cromossômica forneceu uma compreensão da organização

espacial da hereditariedade, permitindo explicá-la em termos da citologia. Os novos tipos de medição que foram introduzidos – como as inferências de distância cromossômica, reforçaram a interpretação da hereditariedade em termos de estrutura e organização material (Müller-Wille e Rheinberger, 2012).

Contudo, no início do século XX, o gene ainda não possuía uma composição clara, nem em termos químicos nem sobre sua ação fisiológica. Para Gayon (2000), apenas a biologia molecular completou a dissolução do conceito de hereditariedade como uma força histórica. A partir dos estudos moleculares, uma imagem material das estruturas celulares envolvidas no armazenamento e na expressão da informação genética passa a ser definida ontologicamente como um objeto real. Inicia-se, assim, a fase do realismo na Genética (Gayon, 2000). Essa fase procurou mostrar que o núcleo contém as propriedades hereditárias dos seres vivos. Tal nucleocentrismo tem seus pontos de inserção no final do século XIX e levou à chamada “santuarização” das partículas hereditárias no núcleo (Bonneuil, 2008).

Entre 1875 e 1890, os citologistas tentaram estabelecer uma conexão entre a teoria celular, o desenvolvimento e a evolução (Sapp, 1987). O núcleo celular era um forte candidato que poderia garantir ao mesmo tempo a hereditariedade, o comando da ontogenia do organismo e o local onde as partículas hereditárias variam. Esse lugar específico, “profundamente enterrado no corpo”, permitiu separar as partículas hereditárias da experiência do organismo em seu ambiente. O núcleo passa a ser visto como um “centro” de controle da atividade celular e, portanto, um fator primordial para o desenvolvimento e a transmissão de qualidades específicas de célula para célula. Com a primazia do núcleo, a hereditariedade torna-se uma questão de interioridade e não de interatividade. Bonneuil (2008) chama esse movimento de uma “santuarização” das partículas hereditárias:

Heredity shifted from infinite universe to closed world (...) Heredity was bonded to a place. But this bond was cut by new visions of the units of heredity being isolated from both the environment and the particular experience of the organism. By the turn of the century, the organic units of heredity were not anymore going out in the whole body and then back to the gametes: their circulation was disciplined and they came to be confined in the “stirp” (Galton, 1876), the “germinal plasma” (Weismann, 1883, 1892) and/or in the nucleus (De Vries, 1889) (Bonneuil, 2008, p. 87-88).

Essa “santuarização” isolou as partículas hereditárias do seu contexto: o núcleo celular passa a ser um cânone, isolado do ambiente e do restante do organismo. Esse

movimento tem seus primórdios na discriminação entre as células somáticas e germinativas, a qual é atribuída a August Weismann, que teorizou sobre a relação entre o núcleo, hereditariedade e evolução. Essa distinção levou a duas consequências: a descendência germinal é a base da espécie, sob a qual os indivíduos desenvolvem-se como “excrescência”; e, qualquer transformação que um organismo possa sofrer, as suas células germinativas se encontram a salvo. Assim, a possibilidade de herdar caracteres adquiridos foi seriamente posta em questão (Jacob, 1985). Durante a década de 1880, Weismann postulou que a seleção natural trabalha em disposições que estão “escondidas” no plasma germinativo:

Even though it can no longer be doubted that climatic and other external influences are capable of producing permanent variations in a species, owing to the fact that, after acting uniformly for a long period, they cause the first slight modifications of certain determinants to increase, and gradually affect the less changeable variants of the determinants also, the countless majority of modifications is not due to this cause, but to the processes of selection. The question then arises as to the origin of variations which are sufficiently considerable for natural selection to act upon them (Weismann, 1893, p. 422).

Para Weismann, o plasma germinativo varia por conta própria e a seleção de tais variantes deve constituir o principal meio de mudança nos caracteres das espécies¹⁷. O autor expurga o lamarckismo do darwinismo e coloca a seleção natural como o único mecanismo de evolução. Esse selecionismo mais dogmático ficou conhecido como neodarwinismo, o qual acabou polarizando a comunidade científica entre neodarwinistas e neolamarckistas (Bowler, 1983).

Dessa forma, para os neodarwinistas, nenhuma transmissão de características hereditárias ocorre entre os organismos como um todo, mas a partir de linhagens germinais dos gametas para linhagens somáticas e germinais da próxima geração: o ambiente e a experiência particular do organismo não têm importância para a hereditariedade e o desenvolvimento. Essa foi uma grande reordenação de como os organismos ligam-se entre as gerações: o espaço-tempo da origem e ligação dos

¹⁷ As concepções de hereditariedade de Weismann desenvolveram-se a partir de 1880. Em 1885, influenciado pelos estudos citológicos, o autor passa a argumentar que as características hereditárias estão no núcleo. Para ele, o plasma germinativo se estrutura a partir de “bióforos”, as unidades hereditárias mais básicas, capazes de crescer e se replicar. O conjunto dos bióforos determina as características celulares, teciduais, etc. Esse conjunto é chamado de “determinante” que, ao seu turno, são estruturados em “ids”, ao qual Weismann acreditava ser o suficiente para a produção de um indivíduo (Martins, 2003). Nesse modelo, os cromossomos seriam agregados de “ids”, o qual Weismann propôs chamar de “idantes”. Para Weismann, a variação surge a partir das combinações e mudanças de determinantes e às pequenas mudanças, ao acaso, nos bióforos.

organismos foi "profundamente enterrado" no espaço-tempo celular (Bonneuil, 2008). Essa reordenação fez parte da racionalidade genética, definindo quais perguntas são importantes, quais as respostas são aceitáveis, que técnicas são adequadas e quais os fenômenos são interessantes no estudo da hereditariedade.

Em quase todo o século XX houve interesse pelo núcleo celular, conduzindo-se ao exame das partículas hereditárias nucleares. O núcleo teve primazia sobre qualquer influência externa: não se podia saber e dizer senão em um espaço "santuarizado". Essa "santuarização", enfim, delegou autonomia para a Genética: a herança genética é um fenômeno próprio e com espaço circunscrito, separado de outros fenômenos biológicos como o desenvolvimento e a nutrição. No subcapítulo a seguir, abordo as ferramentas práticas que permitiram a manipulação experimental das partículas hereditárias nucleares.

2.2 A prática científica na construção de uma identidade genética

A citologia passa a conferir um *status* especial na biologia experimental do final do século XIX. Na Fisiologia, por exemplo, a célula torna-se o "átomo vital", o elemento último dos seres vivos complexos. Segundo Claude Bernard (1813-1878), "na análise íntima de um fenômeno fisiológico, chega-se sempre ao mesmo ponto, chega-se ao mesmo agente elementar irreduzível, o elemento organizado, a célula" (Bernard, 1874 *apud* Canguilhem, 2012, p. 69).

Além da Fisiologia, áreas como Bioquímica e Embriologia acessaram o fenômeno da vida a partir de distintas técnicas experimentais, contribuindo para um verdadeiro mapeamento do fenômeno da vida (Rheinberger, 2013). Em poucas décadas, na virada do século XIX, essas múltiplas maneiras experimentais de pesquisa foram associadas com uma explicação material da vida, repelindo tendências vitalistas e explicações históricas. Desse modo, individualizou-se toda uma série de objetos que se ofereceram à pesquisa biológica, organizando, assim, diferentes domínios da Biologia, distinguidos pelas suas técnicas, materiais de estudo e linguagem.

Nesse subcapítulo, procuro detalhar as abordagens práticas adotadas entre o final do século XIX e início do século XX¹⁸, que estão intimamente ligadas com a

¹⁸ Em 1906, apenas 8 por cento dos *papers* na revista *American Naturalist* eram experimentais; seis anos

emergência da racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca. O estabelecimento das *populações* como objeto de pesquisa foi de grande importância, possibilitando um tratamento estatístico da hereditariedade e conferindo uma precisão matemática ao fenômeno estudado. Da mesma forma, a adoção de linhagens puras, técnicas de hibridização e organismos modelos foram ferramentas que possibilitaram um valor instrumental para a Genética, aproximando a prática dessa disciplina com uma visão a-histórica da hereditariedade.

2.2.1 População como objeto de pesquisa

Uma escola inteira de estudos sobre hereditariedade foi fundada a partir dos trabalhos estatísticos de Francis Galton. Conduzida por Walter Frank Raphael Weldon (1860-1906) e Karl Pearson (1857-1936), a escola biométrica tinha como um de seus objetivos avaliar a prevalência de certas características hereditárias, em um dado conjunto populacional, utilizando ferramentas estatísticas. A obra *Natural Inheritance* (1889) de Galton teve um papel especial para os biometristas, pois fornecia um método quantitativo para tratar os problemas da variação biológica. Essa abordagem estendia-se às práticas eugênicas, que dedicavam-se, sobretudo, ao registro e análise estatística das características que os progenitores humanos, e os seus ancestrais, transmitem à descendência. Para os biometristas, a hereditariedade é uma lei estatística: os problemas da hereditariedade estão na alçada da matemática – é a estatística que permite avaliar a contribuição dos antepassados às gerações subsequentes (Provine, 2001).

Contudo, os fundadores da escola biométrica discordavam de algumas ideias evolutivas de Galton. O primo de Darwin acreditava na variação descontínua da evolução: para ele, as variações contínuas tinham um efeito limitado, principalmente devido à força da regressão. Pearson e Weldon, por outro lado, acreditavam que Galton não soube interpretar corretamente seu próprio método, o qual forneceria evidências para a variação contínua. Os autores admitiam a possibilidade de variações descontínuas ocasionais; no entanto, eles afirmavam que as variações pequenas eram suficientes para explicar a direção e a taxa de evolução. Os biometristas acreditavam que novas espécies podem surgir através da acumulação, pela seleção natural, de variações graduais. O

depois, o valor era de 53 por cento. O maior incremento ocorreu nos estudos de evolução e hereditariedade (Allen, 1978).

estudo da biometria, portanto, seria um método crucial para o avanço do entendimento da evolução (Provine, 2001).

Os mendelistas do início do século XX, contrapondo os biometristas, ofereciam uma compreensão causal da variação descontínua da evolução. Antes mesmo da “redescoberta” do trabalho de Mendel, William Bateson (1861-1926) acreditava no surgimento descontínuo das variações hereditárias¹⁹. Para Bateson (1894), havia dois problemas com a seleção natural: o valor seletivo de pequenas variações é desprezível e o entrecruzamento poderia obliterar a variação na qual a seleção age. Ele acreditava que esses problemas desapareceriam se fosse aceito que a evolução procede por variação descontínua. Além de Bateson, outro autor que se convence da importância da variação descontínua na evolução é Hugo de Vries. Para ele, a origem de uma nova espécie ou de uma característica qualquer poderia ocorrer em um evento único de mutação. O autor obteve evidências desse tipo ao estudar o surgimento de novidades definidas, em eventos únicos, na espécie *Oenothera lamarckiana*.

Dessa forma, o mendelismo do início do século XX aderiu a uma explicação descontínua para o surgimento das variações. Nesse contexto, formou-se uma disputa direta sobre a natureza da variação hereditária entre os mendelistas e biometristas (Provine, 2001). Um passo importante nessa controvérsia foi a criação do jornal *Biometrika*, por Pearson e Weldon. Os autores estavam insatisfeitos com as publicações mendelistas na *Royal Society* e decidiram começar uma nova revista que estivesse mais de acordo com as pretensões teóricas dos biometristas. Nessa revista, muitas críticas foram feitas àqueles que defendiam a variação descontínua, ao mesmo tempo em que se elevava a importância das técnicas biométricas:

The starting point of Darwin's theory of evolution is precisely the existence of those differences between individual members of a race or species which morphologists for the most part rightly neglect. The first condition necessary, in order that any process of Natural Selection may begin among a race, or species, is the existence of differences among its members; and the first step in an enquiry into the possible effect of a selective process upon any character of a race must be an estimate of the frequency with which individuals, exhibiting any given degree of abnormality with respect to that character, occur (...) As it is with the fundamental phenomenon of variation, so it is with heredity and with selection. The statement that certain characters

¹⁹ Bateson utilizou dados acumulados em estudos feitos na Ásia central, compondo a obra *Materials for the Study of Variation Treated with Especial Regard to Discontinuity in the Origin of Species* (1894). Como o título sugere, Bateson enfatiza a importância da variação descontínua em relação à origem das espécies.

are selectively eliminated from a race can be demonstrated only by showing statistically that the individuals which exhibit that character die earlier, or produce fewer offspring, than their fellows; while the phenomena of inheritance are only by slow degrees being rendered capable of expression in an intelligible form as numerical statements of the relation between parent and offspring, based upon statistical examination of large series of cases, are gradually accumulated. These, and many other problems, involve the collection of statistical data on a large scale (Pearson, 1901, p. 1-2).

Apesar dessa disputa teórica, mendelistas e biometristas reconheciam a importância das abordagens metodológicas dos seus opositores para o estudo da hereditariedade. Bateson claramente defendia as aplicações estatísticas para o estudo da variação e hereditariedade, enquanto elas fossem combinadas com a pesquisa experimental:

The study of variation and heredity, in our ignorance of the causation of those phenomena, must be built of statistical data, as Mendel knew long ago; but, as he also perceived, the ground must be prepared by specific experiment. The phenomena of heredity and variation are specific questions (Bateson, 1902, p. x-xi).

Weldon também reconhecia a importância metodológica do mendelismo, especialmente os extensos dados adquiridos por Mendel (Provine, 2001). Apesar dos biometristas e mendelistas endossarem diferentes perspectivas teóricas, elas estavam longe de serem mutuamente excludentes.

Em 1906, Robert Heath Lock (1879-1915) afirmou que uma reconciliação entre biometristas e mendelistas estava em curso (Lock, 1906)²⁰. O seu livro, de fato, caracteriza-se por uma vontade transparente em apresentar as diferentes perspectivas teóricas acerca da hereditariedade no processo evolutivo. Apesar de defender especialmente a visão descontínua da evolução, Lock não deixou de discutir em detalhe as implicações teóricas dos biometristas e o gradualismo darwiniano.

Apesar de divergirem quanto ao grau das variações, os biometristas e mendelistas compartilhavam a ideia de que as diferenças individuais não são o efeito de forças interferentes que confundem a expressão de um protótipo; elas são as causas de eventos que são absolutamente centrais para a evolução biológica. A análise estatística é uma ferramenta essencial, pois permite o exame das diferenças individuais e o tratamento da variabilidade. Além disso, os biometristas e mendelistas elaboraram importantes inovações conceituais que tornaram possível ver a variação e a herança

²⁰ Lock era um botânico associado com William Bateson e R. C. Punnett (1875-1967), portanto, inserido em um dos principais grupos mendelistas do início do século XX.

como problemas interligados da transmissão hereditária (discutido no subcapítulo a seguir).

Apesar de a concepção de população em termos de geração ter suas origens no século XIX (Parnes, 2007), esse fulcro que possibilita a relação entre hereditariedade, variação e evolução, só começa a ser possível em termos conceituais e operatórios a partir dos estudos dos biometristas e mendelistas. O que é novo no início do século XX não é a concepção de população nas teorias da hereditariedade, nem as intervenções estatísticas que visam um corpo populacional. Desde o início do século XIX há uma rede de burocracia que envolve modos de contar, classificar e controlar as populações humanas (Hacking, 2009).

A partir dos mendelistas e biometristas, novos tipos de fatos sobre a hereditariedade em uma perspectiva populacional são considerados, principalmente a partir de ferramentas estatísticas, práticas de hibridização, produção de linhagens puras e adoção de organismos modelos. A *população* foi a porta de entrada para uma prática mais “rigorosa” do fenômeno da hereditariedade; no início do século XX, a *população* passa a ser uma entidade que obedece às suas próprias leis, no que toca a hereditariedade e variação²¹.

François Jacob resume muito bem essa ideia:

é a observação já não de indivíduos, mas de populações ligadas por laços de parentesco, que dá à experimentação acesso à hereditariedade. Darwin adoptara já tal atitude para fazer nascer a variação das flutuações estatísticas que sobrevêm necessariamente no seio de grandes populações. Seguindo-a, na sucessão de gerações, o comportamento de um número limitado de caracteres entre grandes populações, Mendel vai estar no caso de fazer aparecer fenômenos na hereditariedade, de os medir, de extrair deles as leis (Jacob, 1985, p. 267).

Apoiado na análise populacional, as práticas mendelistas puderam acessar a hereditariedade de uma maneira experimental. Isso foi essencial para os problemas evolutivos, pois “a perspectiva populacional é a própria condição de possibilidade dessa ciência e constitui sua característica definidora” (Caponi, 2005, p. 236).

²¹ Como afirmado anteriormente, não quer dizer que as populações apenas entraram no saber biológico nessa época. O termo “população” é derivado da palavra latina *populus*, que significa “povo”. Ela foi originalmente usada para designar grupos de homens que vivem na mesma área. Em Biologia, o termo “população” é usado de várias maneiras. Uma das primeiras introduções desse termo na Biologia foi via estatística (Jonckers, 1973). Francis Galton já a definia como uma unidade: “the science of heredity is concerned with Fraternities and large populations rather than with individuals, and must treat them as units” (Galton, 1889, p. 35).

2.2.2 Hibridização, linhagens puras e organismos modelos

A obra *Recent Progress in the Study of Variation, Heredity and Evolution* (1906) de Robert Heath Lock, aborda a importância da hereditariedade para os problemas evolutivos no início do século XX. Apesar do pouco conhecimento dessa obra atualmente, talvez devido à morte precoce de seu autor, esse livro foi utilizado por renomados pesquisadores dessa época. Edmund Beecher Wilson (1856-1939) utilizou essa obra em suas palestras na Universidade de Columbia, inspirando Hermann Joseph Müller (1890-1967) a assumir o estudo da Genética, além de deixar sua marca em Alfred Sturtevant (1891-1970) e Thomas Morgan (Edwards, 2013).

A análise mais profunda de Lock ocorreu nas ideias de Mendel. Ele acreditava que Mendel havia reunido uma série de métodos que são comparáveis à revolução do átomo de Dalton na Química:

The recent revival of work upon the subject of inheritance by the use of breeding methods has, as a matter of fact, already been rewarded with results as valuable and as clear as could possibly have been anticipated - results which are sufficient in themselves to show that the discovery made by Mendel was of an importance little inferior to those of a Newton or a Dalton (Lock, 1906, p. 164).

Mendel combinou elementos para o estudo da hereditariedade que não haviam ocorrido até então: práticas de hibridização avançada, teoria celular e procedimentos estatísticos combinatórios. Além disso, a abordagem reducionista de Mendel facilitava o trabalho experimental da hereditariedade - seu organismo modelo variava em poucos caracteres, os quais eram reduzidos com respeito a poucos “elementos” ou “fatores”. O autor também construiu analogias entre as características dos organismos e fatores contidos nas células reprodutivas. Em certo sentido, era possível “construir” o indivíduo a partir de blocos de construção elementares (Müller-Wille, 2007). É essa perspectiva teórica que separa claramente Mendel da tradição do hibridismo, unindo-o com o mendelismo do início do século XX (Müller-Wille, 2007; Müller-Wille e Orel, 2007)²².

Com Mendel, a análise da hereditariedade não está no indivíduo, mas no conjunto de membros da descendência. Para ele, os fatores hereditários são livremente intercambiáveis e distribuídos durante a formação das células germinativas. Mendel acreditava que alguma regra para a distribuição dos caracteres só poderia ser determinada pela observação das gerações descendentes:

²² Vale lembrar que durante quase todo o século XIX a concepção de hereditariedade como uma força histórica era dominante, sendo especialmente prevalente entre os hibridistas.

In order to discover the relations in which the hybrid forms stand towards each other and also towards their progenitors it appears to be necessary that all member of the series developed in each successive generations should be, *without exception*, subjected to observation (Mendel, 1866, grifo do autor).

Essa abordagem, aliada à interpretação simbólica para os fatores da hereditariedade, permitiu articular teoria e experimentação: “é toda uma lógica interna que impõe à hereditariedade a metodologia dos horticultores, o tratamento estatístico e a representação simbólica” (Jacob, 1985, p. 285).

Os principais experimentos de Mendel foram publicados no volume quatro da *Transactions of the natural history association in Brno*, em 1866. O verdadeiro impacto do trabalho de Mendel, quando de sua publicação, é controverso. Por um lado, parece que a sua visão foi tragicamente isolada e à “frente” de seu tempo (Foucault, 2007)²³; por outro lado, alguns pesquisadores argumentam que o trabalho dele parece ter compartilhado elementos do quadro conceitual dos pesquisadores da época (Müller-Wille e Rheinberger, 2012; Olby, 1966). Para Müller-Wille e Rheinberger (2012), Mendel elaborou seu trabalho com ervilhas baseado na tradição dos hibridistas, tendo atraído a atenção de renomados botânicos, como Karl Nägeli. Mendel frequentou a universidade de Olomouc, onde teve contato com matemática probabilística e as teorias celulares e evolutivas da época, além de ter participado como membro efetivo de muitas associações que promoviam a hibridização animal e vegetal.

A despeito dessa controvérsia, o trabalho de Mendel adquiriu um grande conhecimento na comunidade científica quando foi “independentemente redescoberto” em 1901, por de Vries na Holanda, Correns na Alemanha e Tschermak na Áustria. Nessa época, como comentado nos subcapítulos anteriores, houve um intenso debate sobre as teorias microscópicas da hereditariedade e estava em curso o desenvolvimento de uma estatística mais avançada da variação biológica. Dessa forma, a reinterpretção do trabalho de Mendel, algum tempo após sua publicação, denota que ela ocorreu em um período propício para sua relação no “campo do possível”, em que a natureza da prática mendeliana e a maneira de observar e falar sobre ela estava acessível à análise. Uma evidência nesse sentido é que as conjunções exploradas pela prática mendeliana já

²³ Para Foucault, "Mendel dizia a verdade, mas não estava 'no verdadeiro' do discurso biológico da sua época: não era com base nessas regras que se formavam os objetos e os conceitos biológicos; para que Mendel entrasse no verdadeiro e para que as suas proposições surgissem (em boa parte) exatas foi necessário toda uma mudança de escala, o desenvolvimento de todo um novo plano de objetos em biologia. Mendel era um monstro verdadeiro, o que fazia com que a ciência não pudesse falar dele" (Foucault, 1971).

estavam sendo adotadas em estações agrícolas - um sítio fértil de interação entre a biologia universitária e as biotecnologias do início do século XX (Müller-Wille e Rheinberger, 2012).

O mendelismo começou a ser considerado praticamente como sinônimo de Genética na ocasião da terceira conferência internacional *on plant hybridization* (1906), em Londres. Willian Bateson foi o autor responsável pela proposição do nome “Genética” a essa ciência incipiente, fundando também o primeiro periódico da área - o *Journal of Genetics*, em 1910²⁴. Um ano antes, Wilhelm Johannsen (1857-1927) havia cunhado o termo gene para a unidade em torno da qual a nova disciplina estava se formando. Para Johannsen, a Genética estava baseada na combinação de duas práticas experimentais - a produção de linhagens puras e a hibridização:

As already stated, the genotype-conception has been gained in two ways: pure line breeding and hybridization. The first way leads to an analysis of the existing stocks or populations, the second way may realize an analysis of the genotypical constitution of the individuals (...) Populations of self-fertilizing organisms (several cereals and beans, peas and others) have offered the starting point for pure line breeding as a scientific method of research. A pure line may be defined as the descendants from one single homozygotic organism, exclusively propagating by self-fertilization (Johannsen, 1911, p. 135).

A combinação dessas práticas experimentais permitiu construir não apenas *objetos* de pesquisa, mas também *ferramentas* para inferir a constituição genética dos indivíduos. Desse modo, as técnicas de hibridização e a adoção de linhagens puras foram ferramentas essenciais no desenvolvimento da Genética.

Algumas pré-condições socioeconômicas estão relacionadas com a adoção de linhagens puras durante esse período. A partir da segunda metade do século XIX, com o desenvolvimento de ferrovias e barcos a vapor, foram estabelecidos novos mercados para os bens agrícolas, impulsionando também a ascensão de grandes indústrias de alimentos, com a produção em massa de trigo, cerveja, açúcar, carne enlatada, entre outros. Entre 1870-1913, o comércio global desses produtos aumentou 400% (Bonneuil e Thomas, 2010).

²⁴ Nessa época, algumas questões ainda não estavam definidas, sendo difícil determinar as diferenças entre o mendelismo e a Genética clássica. Um exemplo é que o mendelismo de Bateson não pode ser equiparado com a Genética clássica, sobretudo pela forma que essas tradições interpretavam os fatores responsáveis pelos caracteres. Diferente da Genética clássica, Bateson procurava explicar a transmissão genética e o desenvolvimento simultaneamente (Amundson, 2005). Essa dissertação não tem como objetivo aprofundar o trabalho de Mendel e delimitar a Genética clássica, mas procurar elementos desse período que foram importantes para as mudanças no pensamento evolutivo.

É bem sabido também que muitos dos primeiros mendelistas trabalharam em estações agro-industriais (Müller-Wille, 2007b). Nesses locais de pesquisa aplicada não estava presente apenas a prática genética, mas também a microbiológica e a bioquímica, sendo um local de manipulação e recombinação da vida. A pureza era um instrumento de controle na produção agrícola e industrial das matérias-primas orgânicas, pois permitia uma maior exatidão, produtividade e previsibilidade desses produtos. Essa abordagem facilitava a fixação das características, sua identificação e reprodução, permitindo o controle ao longo de uma cadeia de produção de derivados dos organismos vivos, tais como sementes, vinagre, vinhos, cerveja e vacinas. Essa demanda levou ao desenvolvimento de genealogias mais detalhadas, medições e tratamento estatístico armazenados em um extenso sistema de registro, mantido e utilizado por muitas pessoas (Bonneuil, 2011).

A ideia de “estabilidade” e “pureza” das formas de vida não foram apenas questões centrais das estações experimentais agrícolas e industriais no início do século XX, mas em uma variedade de contextos nos laboratórios de pesquisa básica. Os laboratórios de pesquisa genética espelharam as práticas do contexto industrial, com a manipulação de organismos em grande escala, o uso de organismos modelo de ciclo de vida curto e uma rede de intercâmbio de linhagens entre laboratórios. Constituiu-se, assim, um novo espaço organizacional em que a hereditariedade veio a ser manipulada. As contingências das condições ambientais e as incertezas da linhagem ancestral foram “apagadas”, de forma a aproveitar a grande escala de novas formas de vida, projetadas para reagir do mesmo modo a determinadas condições (Bonneuil, 2008).

Johannsen foi um autor central nesse contexto, pois transitou entre diferentes espaços de produção de conhecimento e manipulação da vida. No início de sua carreira, trabalhou como assistente de pesquisa no Laboratório Carlsberg, onde combinou métodos biométricos e estatísticos, com as linhagens puras, no estudo de características químicas e fisiológicas do amadurecimento e germinação da cevada (Bonneuil e Thomas, 2010). A adoção de linhagens puras foi indispensável também em suas pesquisas na ciência básica da Genética.

Johannsen propôs a distinção entre genótipo e fenótipo, decompondo os seres vivos em sua composição genética (hereditária) e epigenética (hereditária + ambiental). A distinção entre genótipo e fenótipo oferecia a possibilidade de isolar os efeitos da herança genética - nas populações de linhagens puras - dos fatores ambientais e

ontogênicos. Com isso, a prática da Genética se aproximava de uma visão “a-histórica” da hereditariedade:

The genotypic constitution of a gamete or a zygote may be parallelized with a complicated chemico-physical structure. This reacts exclusively *in consequence of its realized state*, but not in consequence of the history of its creation. So it may be with the genotypical constitution of gametes and zygotes: its history is without influence upon its reactions, which are determined exclusively by its actual nature. The genotype-conception is thus an “ahistoric” view of the reactions of living beings - of course only as far as true heredity is concerned (Johannsen, 1911, p. 139, grifo do autor).

Com base nas linhagens puras e na hibridização, a hereditariedade passa a ser encarada em termos de genótipos “a-históricos”. Outro ponto importante dessa distinção é que ela permitiu atribuir um papel etiológico excessivo ao genótipo na determinação do fenótipo. Apesar da distinção entre genótipo e fenótipo implicar, implicitamente, o reconhecimento do desenvolvimento e o papel do ambiente na formação das características fenotípicas, na prática, muitos geneticistas ignoraram esses fatores. A presença de genes era inferida pela manipulação experimental de fenótipos. A noção de que os genótipos determinam “diretamente” o fenótipo foi uma extrapolação derivada dessa tautologia da prática experimental (Sapp, 2003). Essa ideia fez com que muitos geneticistas concebessem os indivíduos como um mosaico de caracteres independentes. A partir disso, examina-se um animal ou uma planta como um ser composto de um grande número de caracteres unitários, cada um capaz de ser herdado independentemente.

Essa abordagem era compartilhada por importantes geneticistas, como Thomas Morgan, que contribuiu diretamente para o estabelecimento da chamada “genética da transmissão”. Organismos modelos como *Pisum* e *Drosophila* permitiram a produção de populações em condições controladas para os experimentos mendelianos, facilitando a caracterização experimental da herança genética. As culturas de moscas, por exemplo, podem ser manipuladas de um modo relativamente fácil em um ambiente com condições controladas²⁵. Esses organismos combinam a necessidade da Genética em estabelecer populações ao longo das gerações, em culturas homogêneas, que diferem em poucas características bem definidas. Com o estabelecimento de linhagens puras e organismos modelos, “os biólogos que adotaram a genética mendeliana, depois de 1900, habitaram um mundo povoado por novas formas de vida – seres vivos distintos daqueles

²⁵As drosófilas possuem ciclos reprodutivos curtos, com um grande número de prole a cada geração, permitindo experimentos em uma escala enorme.

que os contemporâneos de Mendel estavam acostumados” (Müller-Wille e Rheinberger, 2012, p. 137). A partir dessas formas de vida e com o controle do ambiente experimental (padronizado e constante), houve um reenquadramento da variação biológica, de um fenômeno natural, histórico e contínuo para algo que poderia ser experimental e concebido artificialmente²⁶. Com isso, as unidades hereditárias passaram a ser a-históricas e “estabilizadas”, permitindo com que a vida fosse controlada e recombinada com uma eficiência relativamente previsível.

2.3 Caracterizando a racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca

Pode-se pensar, também, em um estudo que trataria dos discursos sobre a hereditariedade, tais como podem ser encontrados, repartidos e dispersos até o início do século XX em meio a disciplinas, observações, técnicas e receitas diversas; seria preciso mostrar, então, mediante que jogo de articulação essas séries se recompuseram, finalmente, na figura, epistemologicamente coerente e reconhecida pela instituição, da genética (Foucault, 1971, p. 68-69).

Foucault nos ajudou a compreender as circunstâncias históricas e condições epistemológicas que fizeram com que a vida surgisse com sua especificidade própria entre o final do século XVIII e início do século XIX. Apesar de não explorar em mais detalhes, o autor sugeriu que seria importante entender as mudanças no conhecimento da vida que estão expressas na figura coerente e reconhecida da Genética (Foucault, 1971). Nesse sentido, esse capítulo procurou compreender algumas mudanças que o conhecimento da vida sofreu no final do século XIX, explorando de que modo os organismos são reenquadrados no tempo, no espaço e na sua relação com o meio. Esse trabalho já foi explorado por diversos autores, que normalmente focam nos conceitos da Genética clássica ou em experimentos essenciais desenvolvidos durante essa época.

O enfoque aqui desenvolvido, por outro lado, não trata propriamente da *disciplina* Genética, que é muito mais heterogênea do que discutido nesse capítulo. Uma vez que essa dissertação se refere às mudanças no pensamento evolutivo, procurei discutir os elementos que fizeram parte das novidades relacionadas ao conhecimento desse campo. Por isso, antecedentes históricos da Genética foram apresentados apenas

²⁶ Em paralelo a essa prática, novas descobertas da radioatividade foram usadas nas primeiras décadas do século XX para produzir mutações em organismos modelos (Müller-Wille e Rheinberger, 2012).

parcialmente, pois o interesse desse capítulo reside nas ferramentas que permitiram a construção de um novo sentido de hereditariedade na Biologia Evolutiva.

O primeiro ponto discutido foi a construção de uma identidade genética intrínseca, que passa a residir no núcleo celular, sendo um repositório de informações que oferece uma maior possibilidade de controle biológico, tanto em termos de prática científica – com importância metodológica – quanto em termos de controle das populações humanas e de outras formas de vida de interesse econômico. Por isso, é preciso compreender os contextos culturais que permitiram pensar em termos de uma racionalidade genética entre o final do século XIX e início do século XX. E a tese que defendo aqui – explorada em mais detalhes no próximo capítulo – é de que a emergência da racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca possibilitaram uma série de mudanças no pensamento evolutivo durante esse período.

O conceito de racionalidade genética é usado por Thurtle (2007) para se referir a um novo modo de se pensar sobre os organismos vivos, e em sua relação com o meio, entre o final do século XIX e início do século XX. Esse novo modo de conhecer a vida surgiu a partir dos diferentes modos de manipulação da vida no espaço e no tempo. Segundo o autor, a hereditariedade foi pensada e manipulada em consonância com o advento da segunda revolução industrial, da revolução do controle e da criação de um “espaço de fluxo”²⁷. Nessa época, se começa a trabalhar em escalas de transporte global, com uma extensa rede de troca cultivada também por muitos biólogos, fornecendo amostras a partir de uma grande variedade de locais. Esse aspecto permitiu novas concepções sobre a conectividade dos organismos no tempo, o qual é importante para entender processos biológicos temporalmente baseados, como a hereditariedade e a evolução. Essa forma de processar a informação foi muito mais que uma forma de ver o mundo. Foi também uma maneira que o mundo se apresentou para ser entendido e uma maneira de dar sentido ao que era percebido. Os novos caminhos de armazenamento,

²⁷ Nessa época, o grande volume de produção industrial excedeu a capacidade de administração, causando uma verdadeira “crise do controle”. James Beniger (1986) acredita que uma revolução do controle introduziu novas práticas de processamento de informação, com o objetivo de “aumentar a eficiência de produção, manter a identidade estável das entidades circulantes, garantir a distribuição segura de produtos com qualidade padrão e aumentar a consciência do produto entre os consumidores”. Essa circulação criou um “espaço de fluxo”, em que os objetos circulam intensamente de um local para outro e são projetados para serem usados em um grande número de lugares.

recuperação e manipulação de informação abriram espaços físicos e conceituais que foram homólogos²⁸ à emergência de uma racionalidade genética.

Esse novo espaço caracterizou as trocas de conhecimento, espécimes e bens no final do século XIX. Os espécimes passam a ser equiparados a *commodities*. Essa matriz de prática e significado estruturou a emergência da racionalidade genética, que passa a ser construída a partir do trabalho com grandes populações e do simbolismo para designar caracteres fisiológicos complexos.

O cruzamento de híbridos e a seleção artificial, em uma escala industrial, permitiram também manipular o “poder” latente do germoplasma, imergindo no espaço interior do núcleo celular, o qual age como um sistema de gravação. O trabalho com esse espaço-tempo nas práticas laboratoriais permitiu a construção de uma identidade genética intrínseca, que concebe a vida como uma questão de estrutura/organização, selada contra os efeitos do tempo e lugar, da experiência vivida no meio, que passa a ser visto como um agente externo, um parâmetro distinto dessa identidade. Essa construção está expressa a partir de três acontecimentos desse período (Bonneuil, 2008):

- (i) *Disciplinarização*: no século XIX a reprodução era concebida como um sistema de entidades que circulam e se modificam em constante interação com o meio (como as gêmulas de Darwin). Os biólogos do início do século XX, por outro lado, passam a colocar uma ênfase na estabilidade e fixidez como um princípio subjacente à vida, transformando os organismos em reagentes purificados que fazem parte de estratégias experimentais. A gama de estados possíveis das unidades hereditárias, como latente/ativo, atraído/repelido, inúmero/pouco e fértil/estéril foi drasticamente reduzida. A produção da hereditariedade e seus efeitos deixaram de ser uma questão de concorrência, repulsa ou o crescimento, tornando-se um jogo combinatório mais determinista. A Biologia disciplinou essa circulação.
- (ii) *Santuarização*: um segundo acontecimento foi a “santuarização” das partículas hereditárias em um lugar específico, “profundamente enterrado no núcleo”, separado da experiência do organismo em seu ambiente. Essa “santuarização” das unidades hereditárias no núcleo foi adotada de modo importante pela Genética.

²⁸ Homologia foi uma metáfora utilizada pelo autor em referência ao conceito evolutivo, com o objetivo de denotar que esses elementos tiveram uma trajetória histórica comum.

- (iii) *Estabilização*: no decorrer dessa disciplinarização e santuarização, as unidades hereditárias tornam-se entidades atemporais quase-invariantes, conhecidas a partir da análise e produção de formas estáveis de vida. Os geneticistas usaram de um simbolismo mais simples para representar caracteres fisiológicos complexos, levando a uma redução drástica das propriedades relevantes das unidades hereditárias, que poderiam ser distribuídas nos descendentes sem ser modificadas, ou até mesmo interagir entre si.

As condições históricas que possibilitaram esses acontecimentos foram exploradas nesse capítulo, como a formação da citologia, que permitiu elaborar uma cartografia do espaço celular; as práticas de hibridização, que permitiram manipular os fatores responsáveis pelos caracteres; e a adoção de linhagens puras e de organismos modelos, que permitiram isolar as “influências” externas ao núcleo. Johannsen e Morgan figuram de modo especial na constituição de uma identidade genética, isolada dos caprichos da experiência e da influência do meio. Johannsen enfatizou que o genótipo é o autêntico aspecto da hereditariedade, um reservatório de informações protegidas do ambiente, existindo praticamente sem influência externa, sujeito a apenas interrupções internas ocasionais. Morgan também elaborou uma identidade biológica implícita, reconhecida pela análise cromossômica (Bonneuil, 2011). Esses autores criaram materialmente formas de vidas disciplinadas e estabilizadas, como as linhagens puras, organismos modelos e híbridos. Essa prática experimental também foi constituída por uma “racionalização” do espaço organizacional dos laboratórios, com a manipulação de organismos em larga escala (como os feijões de Johannsen e as drosófilas de Morgan), maior equipe e divisão do trabalho, o uso de organismos modelo de ciclo de vida curto para acelerar a produção de conhecimento e uma rede de intercâmbio de cepas entre laboratórios (Bonneuil, 2011).

Ao transformar a vida em um reagente, a identidade genética pôde ser estabelecida em decorrência dos outros parâmetros considerados "externos". Um considerável esforço foi feito pelos geneticistas nesse sentido, através de um trabalho experimental e estatístico com organismos modelos, como feijão e protozoários, procurando separar a "flutuação" causada pelo ambiente do que está na constituição genotípica (cf. Johansenn, 1903; Jennings, 1911). Essas estratégias trouxeram

importantes inovações para os experimentos da Genética, possibilitando controlar as variáveis de estudo e decompor os fenômenos estudados.

Dessa forma, se consolidou uma identidade genética intrínseca, separando "a influência da hereditariedade" de "influências externas", duas categorias de causas cuja relação foi concebida como aditiva em vez de interativa. Tomando essa identidade para características de interesse econômico, como resistência a doenças, produtividade agrícola, produção de compostos químicos, entre outros, podemos conceber como esse movimento também fez parte de uma rede científica-econômica global. É por esse motivo que Bonneuil e Thurtle argumentam que a construção dessa identidade genética é mais bem compreendida em uma grande matriz cultural, na qual a eficiência e a conectividade dos seres vivos através do tempo e do espaço foram apropriadas em práticas culturais do início do século XX. Essas ideias projetaram novas concepções de ordem da natureza, através da industrialização de práticas experimentais, desenvolvidas e distribuídas em uma variedade de contextos, como em fábricas, estações experimentais agrícolas, mercados de alimentos, hospitais e nos laboratórios acadêmicos. Nas palavras de Bonneuil (2008):

New framings of heredity and these new life forms were designed in and for a new space of flows, a new matrix of practice and meaning that structured both apparently esoteric scientific investigations on *Paramecium* or *Drosophila*, and industrial culture of rationalisation and control (p. 82).

Estas práticas também projetaram visões normativas sobre o tipo de ordem social a ser alcançada no século XX, abrindo um amplo espaço para transformar o futuro com uma perspectiva biopolítica. Muitos geneticistas compartilharam com os seus contemporâneos "fora de laboratório" novas concepções sobre a vida. Nesse sentido, há uma clara articulação de como o conhecimento da Genética revolucionou a ciência agrícola e como os objetivos da eugenia podem ser uma eventual aplicação destas técnicas para a sociedade (Thurtle, 2007).

A emergência da racionalidade genética, portanto, é muito mais que o advento do conceito de gene ou a concepção "hard" de hereditariedade. Além de uma nova "teoria" da hereditariedade, a racionalidade genética manifesta novas concepções sobre os seres vivos. É por isso que nesse período o pensamento evolutivo também sofre mudanças substanciais. Nesse período histórico, há uma ampla mudança no regime de conhecimento biológico, de um espaço-tempo "darwinista" dos fluxos orgânicos para um espaço-tempo experimental-industrial (Bonneuil, 2008).

No espaço-tempo “darwinista”, a variação biológica era considerada uma propriedade fundamental da vida, um processo contínuo e permanente. Os biólogos da geração de Darwin imaginavam tráfegos orgânicos extensos, ligando os níveis macro e micro de organização. Essa concepção é muito distinta da simbólica/estatística adotada pela racionalidade genética. No espaço-tempo experimental-industrial, a variação passa a ser encarada como um processo passível de comando e controle experimental, em vez de um processo "natural". As propriedades fundamentais da vida passam a ser estabilidade, fixidez e isolamento. A hereditariedade deixou de ser uma questão de concorrência, repulsa ou o crescimento, tornando-se um jogo mais determinista de unidades quase-imutáveis. As unidades hereditárias, a-históricas e extraídas da influência do meio, passam a conectar os organismos no tempo e no espaço:

The beginning of the twentieth century and the rise of experimental genetics would challenge the relevance of biogeographical data for theorizing the origins of species (...) promoters of Mendel claimed that an organism's relationship with its environment obscured rather than elucidated the function of heredity in evolution (Thurtle, 2007, p. 124).

Desse modo, as funções biológicas são projetadas por uma identidade genética selada das contingências da história e das estocasticidades do meio. Isso permitiu pensar a evolução biológica em um espaço-tempo "profundamente enterrado" no núcleo (Thurtle, 2007). Essas propriedades fundamentais da identidade genética fizeram com que dois problemas evolutivos fossem acessados: a estabilidade e a variação dos organismos. Em primeiro lugar, a identidade genética “entra com a suposição de que, subjacente a cada característica individual, há um elemento hereditário tão estável que sua estabilidade pode explicar a confiabilidade com a qual tais características são transmitidas através das gerações. Em outras palavras, o problema da estabilidade de características foi resolvido supondo-se a existência de uma unidade inerentemente estável, potencialmente imortal, que poderia ser transmitida intacta através das gerações” (Keller, 2002, p. 27).

Além de assegurar a estabilidade das funções biológicas através das gerações, a identidade genética também permitiu explicar a variação da qual a evolução depende. Essas estratégias tiveram uma série de consequências para o pensamento evolutivo, as quais serão exploradas no restante dessa dissertação. Como vamos ver, elas abriram novos e fecundos caminhos para o conhecimento evolutivo, mas também envolveram a seleção de certas partes do mundo em detrimento de outras.

3 A RACIONALIDADE GENÉTICA NO PENSAMENTO EVOLUTIVO

Nesse capítulo procuro detalhar as mudanças no pensamento evolutivo que foram possibilitadas pela emergência da racionalidade genética e pela construção de uma identidade genética intrínseca. Vou argumentar que muitos elementos da Síntese Moderna da Evolução foram possibilitados pelas transformações que o conhecimento da vida sofreu no início do século XX, levando a uma série de mudanças em nível disciplinar e epistemológico. Além disso, será discutido em que medida essas mudanças permitiram enunciar muitas proposições novas, formando saberes e produzindo discursos; mas também de que modo a partir delas se operou “constrições” no conhecimento evolutivo.

3.1 Os efeitos positivos: a demonstração da seleção natural e a síntese teórica

A identidade genética multiplicou discursos na Biologia Evolutiva do início do século XX. Pode-se dizer que a partir das linhagens puras se acessou o nível mais minúsculo das variações individuais, sendo uma condição importante para a demonstração da seleção natural. Contudo, as experiências com linhagens puras não forneceram, inicialmente, evidências a favor do poder criativo da seleção natural. Essa prática levou os geneticistas, em um primeiro momento, a postular uma homogeneidade genética quase absoluta das populações naturais, encaradas como isogenotípicas, exceto para alguns traços (Provine, 2001).

Ao estudar a variedade *Phaseolus vulgaris* de feijão, Johannsen (1903) concluiu inicialmente que a seleção nas linhagens puras não produzia nenhum deslocamento do “tipo”. Após separar grupos de sementes com determinadas características (como tamanho e peso) e fazer os indivíduos representantes de um “tipo” reproduzir-se separadamente, Johannsen observou que os descendentes de cada um deles apresentavam variação em relação ao tamanho médio. Apesar de o tamanho médio ser reproduzido, o mesmo não acontecia com essas variações. Com isso, a seleção parecia consistir em isolar os “tipos” existentes, não em produzir algo novo. Herbert Spencer Jennings (1911), da mesma forma, com experimentos em *Paramecium*, obteve evidências de que as linhagens puras são absolutamente permanentes:

The genotypes of *Paramecium*, like those of most other organisms that have been carefully studied, are singularly resistant, remaining quite constant in most respects, so far as has been determined. This is an example of what gives the genotype concept its practical and theoretical importance. This is

what is meant by saying that selection and environmental action are usually without inherited effect within the genotype (Jennings, 1911, p. 86).

Os indivíduos da linhagem pura eram muito distintos entre si, mas essas diferenças não eram herdadas, as variações individuais que ocorriam nos progenitores não eram efetivas na progênie. A seleção contínua por centenas de gerações não demonstrava o poder criativo da seleção natural - pareciam poucas as modificações sobre as quais a seleção poderia agir e as grandes diferenças entre os indivíduos não eram significativas para a seleção atuar.

Essa prática, no entanto, permitiu a construção de populações estáveis e de tipos puros, tratando a variação não mais como o produto da história, mas a partir de propriedades estruturais que os cientistas podem manipular ao longo do espaço e do tempo (Bonneuil, 2008). Foi nesse sistema experimental que a variação individual emergiu: a serialidade das linhagens puras criou uma condição experimental que propiciou a detecção de pequenas variações. A adoção de linhagens puras e de organismos modelos conduziu a um fortalecimento de uma identidade genética, profundamente enraizada e selada contra os efeitos do meio, permitindo acessar o nível mais minúsculo dos genes.

Um exemplo instrutivo de como essa prática começou a permitir a demonstração do poder criativo da seleção natural está presente nas próprias pesquisas de Jennings. Segundo Stefano e Martins (2006), Jennings passa a encontrar evidências de que a seleção natural pode agir em linhagens puras de *Paramecium* a partir de 1912. O biólogo americano começa a constatar que em populações de *Paramecium* que podem conjugar entre si ocorre a produção de uma grande variabilidade de fenótipos sobre os quais a seleção natural poderia agir. A sua conclusão, em um artigo de 1917, é de que os estudos com diferentes organismos modelos confirmavam a eficiência da seleção natural:

To sum up, it appears to me that the work in Mendelism, and particularly the work on *Drosophila*, is supplying a complete foundation for evolution through the accumulation by selection of minute gradations (Jennings, 1917, p. 305).

A partir dos organismos modelos e das linhagens puras, surgiram evidências de que a seleção natural pode agir sobre pequenas variações oriundas da recombinação e modificação dos fatores mendelianos. Essa centralidade da herança mendeliana é considerada por Mayr e Provine (1980) uma “primeira síntese” do conhecimento

evolutivo, remetida aos primórdios da Genética de Populações. Entre os anos 1912-1918, uma série de evidências permitiu o entendimento de que a evolução ocorre a partir da seleção natural agindo sobre variação genética contínua. Uma vez que a transmissão de fatores hereditários é governada por regras estatísticas aplicáveis às populações, a explicação genética também necessariamente tinha de ser estatística. Técnicas estatísticas desenvolvidas pelos biometristas foram parcialmente modificadas durante a década de 1920-1930, permitindo uma síntese entre mendelismo, darwinismo e biometria²⁹. Essa síntese foi conduzida, em grande medida, por R. A. Fisher (1890-1962), J. B. S. Haldane (1892-1964) e Sewall Wright (1899-1988).

Um estudo que marca essa “primeira síntese” foi *The correlation between relatives on the supposition of mendelian inheritance* (1918), no qual Fisher procura interpretar a herança mendeliana em termos biométricos:

Numerous investigations by Galton and Pearson have shown that all measurable environments has much less effect on such measurements as stature. Further, the facts collected by Galton respecting identical twins show that in this case, where the essential nature is the same, the variance is far less. The simplest hypothesis, and the one which we shall examine, is that such features as stature are determined by a large number of Mendelian factors, and that the large variance among children of the same parent is due to the segregation of those factors in respect to which the parents are heterozygous. Upon this hypothesis we will attempt to determine how much more of the variance, in different measurable features, beyond that which is indicated by the fraternal correlation, is due to innate and heritable factors (Fisher, 1918, p. 400).

Para Fisher, a variação das características biológicas é determinada principalmente pelos fatores mendelianos. Dedicado ao desenvolvimento de métodos para avaliar a importância relativa da hereditariedade e do ambiente para a variação populacional, Fisher acreditava que a interação genótipo-ambiente era uma complicação potencial em suas técnicas estatística. Essa interação complicava os esforços estatísticos de Fisher em particionar as fontes de variação em uma população (Tabery, 2008).

Para James Tabery (2008), as considerações de Fisher sobre a interação genótipo-ambiente estavam situadas com pretensões maiores, relacionadas com o seu ardente endosso eugenista, no intuito de criar uma ciência que combinasse biologia e estatística com potenciais implicações sociais e políticas. Dessa forma, um maior

²⁹ Sarkar (2004) contrapõe a ideia de que houve uma síntese entre mendelismo, darwinismo e biometria. Para ele, houve uma redução da biometria ao mendelismo. A síntese foi principalmente entre a Genética Clássica e a Genética de Populações.

controle das causas da variação populacional poderia auxiliar em um projeto de manipulação das populações humanas. Os fatores mendelianos eram um candidato forte para essa ambição³⁰.

A união de uma causa mecânica da mudança evolutiva (sobretudo a seleção natural) com a herança mendeliana (que constitui a base material da evolução) foi a característica fundamental dessa primeira síntese. Essa combinação assumiu uma realidade caudo-mecânica parecida com a ciência newtoniana (Smocovitis, 1996). Desse modo, possibilitou-se resgatar a “essência” do darwinismo, agora na confiável ciência construída a partir da Genética de Populações:

Quantitative work shows clearly that natural selection is a reality, and that, among other things, it selects Mendelian genes, which are known to be distributed at random through wild populations, and to follow the laws of chance in their distribution to offspring. In other words, they are an agency producing variation of the kind which Darwin postulated as the raw material on which selection acts (Haldane, 1929, p. 444).

Como Haldane deixa claro, a herança mendeliana tornou-se um fulcro para o estudo da variação biológica e das causas evolutivas, sobretudo a seleção natural. Apesar de Fisher, Haldane e Wright discordarem em temas mais circunstanciais, como em relação às interações gênicas, à eficiência da seleção natural em grandes e pequenas populações e ao papel do acaso na evolução, os autores concordavam em relação ao objeto epistêmico responsável pela base material da mudança evolutiva: o gene, santuarizado no núcleo, um objeto de pesquisa que poderia levar ao avanço dessa agenda de pesquisa.

Foi a partir dessa “primeira síntese” que uma “segunda síntese” encaminhou-se na época que Huxley (1942) escreveu o famoso livro *Evolution: The Modern Synthesis*. Nessa segunda síntese, as ideias desenvolvidas pela Genética de Populações foram incorporadas pelos naturalistas de campo. Tal Síntese ocorreu entre 1937 e 1947, principalmente a partir do trabalho de Theodosius Dobzhansky (1900-1975). *Genetic and Origin of species* (1937) serviu de incentivo para a publicação de uma série de estudos evolutivos em áreas da paleontologia, sistemática e botânica: uma coleção conhecida como *Columbia Classics in Evolution*, que incluía *Systematics and the Origin of Species* (1942) de Ernst Mayr, *Tempo and Mode in Evolution* (1944), de G. G.

³⁰ A crença no poder da seleção natural, combinada com a herança mendeliana, e a íntima relação com um projeto eugenista, torna-se evidente no livro *The Genetical Theory of Natural Selection* (1930), onde Fisher dedica um grande espaço para a discussão da agenda eugenista.

Simpson e *Variation and Evolution in Plants* (1950) de G. L. Stebbins³¹. Os autores dessas obras estavam em diálogo com Dobzhansky, possibilitando a procura de um quadro teórico mais ampliado e legitimado na Síntese Moderna da Evolução (Smocovits, 1996). Para Dobzhansky (1937), a Genética deveria ser o terreno no qual as práticas heterogêneas da Biologia seriam estabilizadas e ligadas.

Os arquitetos da Síntese também organizaram conferências, revistas e ambientes institucionais onde especialistas destas áreas poderiam se comunicar sobre os problemas evolutivos. O avanço desse diálogo entre zoólogos, botânicos, paleontólogos, sistematas e citologistas abriram questões substantivas sobre padrões e processos evolutivos. Um dos grandes avanços da síntese foi de que esses campos separados de investigação entraram em comunicação, partilhando de provas, métodos e modelos teóricos. Um ponto consensual é que as diferentes disciplinas biológicas começaram a explicar os fenômenos evolutivos a partir dos processos microevolutivos, que em última instância são baseados pela Genética de Populações. Esse consenso em torno da Genética de Populações logo chegou à formação universitária, influenciando gerações de estudantes em universidades de todo mundo. Dobzhansky, por exemplo, atuou ativamente na produção de materiais didáticos para a formação acadêmica de geneticistas e evolucionistas. Uma característica clara tanto das suas conhecidas obras teóricas, quanto dos livros didáticos, é a firme posição de que os processos evolutivos estão baseados na Genética. Em seu famoso livro didático *Principles of Genetics* (1950), no qual ele escreveu em conjunto com Edmund Sinnott e L. C. Dunn, a centralidade da Genética no discurso evolutivo torna-se evidente:

It may also be said that evolution is a necessary outcome of the interaction of two opposite forces: heredity, the conservative agent which makes similar organisms reappear generation after generation, and variation (mutation), through which novel types of heredity arise from time to time (Sinnott, Dunn e Dobzhansky, 1950, p. 6).

Since the essence of evolution is change in the genetic constitution of populations, population genetics is also concerned with the elucidation of the mechanisms of evolution (Dobzhansky, 1937, p. 307).

Dessa forma, a Síntese Moderna pode ser encarada, em um primeiro momento, como a união da base material da evolução (o gene) com as causas mecânicas da mudança evolutiva, favorecendo a formação de uma ciência unificada da evolução. Em

³¹ *Columbia Classics in Evolution* não incluía duas importantes disciplinas da Biologia: a Embriologia e a Fisiologia (Smocovits, 1996).

um segundo momento, esse movimento criou uma base empírica mais ampla, apoiando a crença de que pequenas forças seletivas que agem sobre um tempo relativamente longo são capazes de gerar mudanças evolutivas substanciais³². Essas crenças tornaram-se institucionalizadas, a partir da criação de revistas, disciplinas e livros didáticos que as perpetuaram.

A partir da Genética de Populações, adquiriu-se um mesmo padrão de explicação evolutiva para uma variedade de domínios: as mudanças evolutivas podem ser uniformemente tratadas como mudança nas frequências gênicas das populações ao longo das gerações, devido à seleção, mutação, fluxo gênico e deriva. Desse modo, demonstrou-se que fenômenos diversos podem ser de um mesmo tipo e que os mesmos padrões de inferências e argumentos podiam ser usados entre as diferentes disciplinas biológicas. Essa síntese teórica estava, sobretudo, baseada na estrutura matemática da Genética de Populações, a qual criou um quadro geral abstrato capaz de unificar diversos fenômenos em uma única teoria. É por esse motivo que podemos considerar que a Síntese Moderna possui características que capturam uma verdadeira forma de “síntese” do conhecimento evolutivo.

3.2 Os efeitos negativos: as “constrições” evolutivas

Algumas abordagens de pesquisa não estavam em consonância com aquelas desenvolvidas na Síntese Moderna. Smocovitis (1996) nos lembra que *Columbia Classics in Evolution* não incluía a Embriologia e a Fisiologia. Essa opção não foi por acaso. Para os embriologistas, a hereditariedade deveria incluir conceitos de organização, regulação e diferenciação. Além disso, a base material da evolução deveria abranger também o citoplasma da célula ovo, o qual possibilitaria a organização durante o desenvolvimento embrionário (Sapp, 1987). Autores que seguiam nessa linha com frequência apresentavam mecanismos evolutivos considerados “anti-darwinistas” e colocavam em dúvida a extrapolação de que a microevolução e a macroevolução formam um *continuum*.

Essas pesquisas da Embriologia não foram incorporadas pela Síntese Moderna (Waddington, 1957). Para a Genética de Populações, a herança mendeliana é o modelo

³² A eficácia da seleção natural começou a ser demonstrada, também, em populações naturais, como nos estudos de Dobzhansky com *Drosophila pseudoobscura*.

exclusivo de herança que opera na evolução, constituindo a “matéria prima” sobre a qual os mecanismos evolutivos atuam³³. Por essa razão, autores como Provine (1992; 2001) acreditam que um “acordo” em relação ao conjunto de variáveis consideradas importantes para a evolução biológica foi estabelecido na Síntese Moderna. O autor compreende que essa síntese deve também ser entendida como uma “construção evolutiva”:

The term ‘evolutionary constriction’ help us to understand that evolutionists after 1930 might disagree intensely with each other about effective population size, population structure, random genetic drift, levels of heterozygosity, mutation rates, migration rates, etc. but all could agree that these variables were or could be important in evolution in nature, and that purposive forces played no role at all. So the agreement was on the set of variables, and the disagreement concerned differences in evaluating relative influences of the agreed-upon variables (Provine, 1992, p. 61).

Mesmo que o ponto de partida para a Síntese Moderna, e a forma como ela ocorreu, seja distinta entre as disciplinas da Biologia e, até mesmo, entre os diferentes países (Mayr e Provine, 1980), os efeitos de “construção” parecem ter sido adotados por grande parte dos evolucionistas, ao menos no “núcleo duro” da Síntese Moderna.

No restante desse capítulo, vou argumentar que algumas dessas “construções” podem ser compreendidas a partir da emergência da racionalidade genética no pensamento evolutivo. Nesse sentido, procuro discutir algumas inserções históricas desse movimento e apresentar de que modo essas construções foram continuamente operadas. As construções abordadas estão relacionadas com a ênfase na *população* como *locus* da mudança evolutiva e a diminuição do papel do ambiente e da ontogenia no processo evolutivo.

3.2.1 A *população* como *locus* da mudança evolutiva

Se há algo em comum entre mendelismo, darwinismo e biometria é que essas diferentes perspectivas têm a *população* como fulcro entre hereditariedade, variação e evolução. A Genética de Populações foi derivada dessas tradições, uma abordagem que permite tratar a *população* como uma entidade que obedece às suas próprias leis. É essa abordagem que articula teoria e prática na Síntese Moderna: a análise da evolução não está no indivíduo, mas no conjunto de membros da descendência. Uma consequência

³³ Abordagens distintas, como na Genética Fisiológica, serão tratadas no próximo subcapítulo. Como vamos ver, essas abordagens foram marginalizadas da Síntese Moderna.

dessa ênfase levou os arquitetos da síntese a introduzir um novo léxico para essa entidade evolutiva, como, por exemplo, os termos polimorfismo equilibrado, princípio fundador, *pool* gênico, fluxo gênico, introgressão, seleção estabilizadora, entre outros (Sapp, 2003).

Essa entidade tem a sua própria importância evolutiva, tanto é que o tamanho populacional foi tema de intensas discussões entre os teóricos da Genética de Populações. Para Fisher, a seleção natural ocorre rapidamente e de forma mais eficaz em grandes populações porque mais genes variantes estariam disponíveis para a seleção natural. Para Wright, a evolução ocorre rapidamente e de forma mais eficaz em populações pequenas porque uma novidade genética poderia se espalhar rapidamente em populações menores, devido à deriva genética (Provine, 2001). Na década de 1930, foi considerado um amplo papel para a deriva genética na mudança fenotípica, não apenas ao nível de *demes*, mas também na origem das espécies.

Para Gould (1980), essa ampla discussão tomou contornos diferentes a partir de 1940. A Síntese Moderna passou por uma mudança nessa década, em que um determinado mecanismo evolutivo foi elevado como o principal determinante do processo evolutivo. A seleção natural cumulativa adquiriu um lugar de destaque entre os evolucionistas. O foco excessivo na população como unidade evolutiva e na seleção natural como principal mecanismo evolutivo levou os biólogos a muito frequentemente supor que os organismos poderiam ser “atomizados” e cada característica explicada como um produto da seleção natural.

O consenso formado a partir disso é de que a *população* seria suficiente para explicar todos os níveis da evolução dos seres vivos. Dessa forma, perguntas que tinham grande importância para Biologia Evolutiva antes desse “endurecimento” da Síntese Moderna (*hardening*, para Gould, 1983) foram marginalizadas. O “núcleo duro” da Síntese Moderna não tinha interesse em saber, por exemplo, como que um organismo cresce e se desenvolve a partir de uma célula ovo e quais decorrências evolutivas poderiam ocorrer na ontogenia; a diferenciação celular e possíveis mecanismos macroevolutivos foram desconsiderados. A evolução, em suas diferentes dimensões, era explicada inteiramente, no quadro teórico da Síntese Moderna, pelos mecanismos genéticos observados em laboratórios e nas populações locais. A macroevolução nada mais seria que uma extrapolação e ampliação dos eventos que ocorrem nas populações, guiadas principalmente pela seleção natural. Essa extrapolação restringiu a possibilidade

de pensar em outras unidades evolutivas no tempo e no espaço. As possíveis unidades que estão envolvidas com a evolução da vida foram reduzidas a um único nível hierárquico prevalente (Folguera e Lipko, 2007).

Na medida em que as mudanças evolutivas se definem como mudanças na composição genética populacional, os problemas evolutivos são basicamente assuntos da Genética de Populações (Folguera, 2011). Um arquiteto da Síntese Moderna que participou ativamente para que a população e os genes tivessem um alcance explicativo no “tempo profundo” foi o paleontólogo George Gaylord Simpson (1902 – 1984), no livro *Tempo and Mode in Evolution* (1944). Nesse trabalho, Simpson integra os dados paleontológicos com as ideias prevalentes da Genética de Populações. Ele argumenta que a macroevolução pode ser uma extensão da microevolução e, portanto, mudanças evolutivas de curto prazo em populações podem ser extrapoladas para explicar os processos e padrões evolutivos acima do nível de espécie, em intervalos mais longos³⁴.

Apesar de esse livro procurar uma ponte entre aquilo que os paleontólogos e geneticistas faziam, essas disciplinas continuaram trabalhando em diferentes escalas de tempo, muitas vezes adotando perspectivas dramaticamente distintas sobre o ritmo e os processos da evolução fenotípica (Gould, 1980). Por exemplo, a norma para estudos microevolutivos é observar grande variação genética, fortes pressões seletivas e a ocorrência frequente de mudanças fenotípicas substanciais em uma escala de tempo de poucas gerações. No entanto, os paleontólogos, que trabalham em escalas de tempo muito maiores, têm reconhecido frequentemente uma prevalência esmagadora de estase evolutiva em determinadas linhagens (Gould, 1980).

Apesar dessas controvérsias, a Genética de Populações continuou dominando o tempo e o lugar da evolução. O movimento unificador que a Genética de Populações fez com relação à base material e aos mecanismos evolutivos impossibilitou pensar em outras unidades evolutivas no tempo e no espaço, pois estava em jogo se os inúmeros estudos microevolutivos teriam um poder explicativo menor no estudo da evolução da vida como um todo. O próprio Simpson (1944) problematiza essa questão:

Macro-evolution involves the rise and divergence of discontinuous groups, and it is still debatable whether it differs in kind or only in degree from micro-evolution. If the two proved to be basically different, the innumerable

³⁴ A visão de Simpson (1944) é muito mais complexa do que tratada aqui. O autor reconheceu alguns desafios da abordagem microevolutiva e a desconfiança dos paleontólogos em vista das evidências de descontinuidade na origem de grandes clados.

studies of micro-evolution would become relatively unimportant and would have minor value in the study of evolution as a whole (1944, p. 97).

A visão de que a microevolução e a macroevolução formam um *continuum* se manteve praticamente intocada até a década de 1970-80, quando críticas significativas foram impulsionadas por diferentes pesquisadores que procuraram a recuperação da ontogenia no processo evolutivo, onde o indivíduo ocupa um lugar privilegiado. É por essa época também que surgiram as críticas mais contundentes ao programa adaptacionista (Folguera e Lipko, 2007).

3.2.2 A “construção” do ambiente e do desenvolvimento

A ênfase na análise populacional não conduziu apenas à “construção” de outras unidades evolutivas, mas também na diminuição do papel do ambiente e da ontogenia no processo evolutivo. Esse movimento está expresso na Síntese Moderna pela posição que os embriologistas passam a ocupar no conhecimento evolutivo. Tanto a Embriologia quanto a chamada herança branda³⁵ foram excluídas da Síntese Moderna da Evolução (Geiss e Jablonka, 2011; Gilbert, 1998; Hamburger, 1980). Ainda que pesquisas nessa área tenham continuado, elas passaram a ser consideradas periféricas entre os evolucionistas. Enquanto o gradualismo e o selecionismo prevaleceram nas descrições das mudanças evolutivas, muitos pontos válidos levantados por aqueles que defendiam a importância do desenvolvimento no processo evolutivo foram postos de lado na Síntese Moderna.

Os embriologistas passam a ocupar essa posição após a emergência da racionalidade genética, pois antes disso pode-se reconhecer importantes tentativas de abordar a evolução e a ontogenia de forma integrada, tal como Ernst Haeckel fez. Até os primeiros anos do século XX, a Embriologia era um ator central dos estudos evolutivos. Os estudos ontogenéticos da hereditariedade estavam preocupados com as características morfológicas e fisiológicas da ontogenia, levando os embriologistas a investigar as causas físicas, químicas e fisiológicas do desenvolvimento (Amundson, 2005). Os embriologistas interessavam-se pelos mecanismos causais do desenvolvimento individual, o qual poderia desvendar a maneira em que a variação surge a partir da relação entre fatores hereditários e ambientais.

³⁵ Esse termo foi usado por Ernst Mayr (1982) para descrever o tipo de herança em que as variações são maleáveis e podem ser produzidas pelos efeitos do ambiente, ou pelo uso e desuso, e são transmitidas à descendência de uma forma menos robusta e previsível do que os fatores mendelianos "duros".

Os argumentos que baseiam a tese de que a racionalidade genética está diretamente relacionada com a “construção” do papel da ontogenia e do ambiente na Síntese Moderna são apresentados na sequência. A partir de evidências históricas, defendo que: (1) a formação da identidade genética teve como princípio de funcionamento a separação quase total da dimensão genética daquilo que podemos considerar o ambiente e os processos ontogenéticos. Uma consequência disso foi a separação em nível disciplinar da Genética e da Embriologia; (2) uma vez que a identidade genética tem uma autonomia da ontogenia e do ambiente, a Síntese Moderna não tinha necessidade de uma teoria da variação em nível fenotípico e, por consequência, excluiu a “herança branda”; (3) para manter o efeito positivo de unificação da Síntese Moderna (na figura da Genética de Populações), essas “construções” evolutivas foram continuamente mantidas, pois elas podiam minar ou enfraquecer os fundamentos conceituais desta disciplina. Vamos ver cada um desses pontos.

A construção de uma identidade genética intrínseca preconiza que o envelope nuclear é uma barreira quase impermeável e os elementos que regem a célula são em grande parte imunes ao contexto celular e às influências ambientais, ainda que comande as atividades da célula. Nessa perspectiva, a hereditariedade se refere à segregação das entidades residentes no interior do núcleo, com um papel quase nulo aos fatores não-genéticos do desenvolvimento, pois o núcleo seria a fonte determinante da ontogenia. A partir de uma identidade genética intrínseca, a hereditariedade assume dois truísmos que levam à construção do desenvolvimento: a hereditariedade é a passagem de características entre as gerações; e a hereditariedade é independente da ontogenia³⁶.

Uma narrativa da clivagem entre hereditariedade e embriologia é feita nos trabalhos de Johanssen e Morgan. Apesar de Johanssen (1911), em seu artigo *The Genotype Conception of Heredity*, afirmar que “a organização como um todo nunca pode ser ‘segregada’ em genes” (p. 153), algumas páginas a seguir ele define hereditariedade como “a presença ou ausência de genes idênticos em ancestrais e seus descendentes” (p.159), negando a importância de fatores não-genéticos para a hereditariedade. Alguns mendelistas clássicos, especialmente William Bateson e Hugo

³⁶ A maioria dos embriologistas rejeitava essa visão da hereditariedade. A hereditariedade deveria envolver os processos do desenvolvimento e não a passagem de traços de pais para filhos através de uma identidade genética. Os descendentes herdavam seus modos de desenvolvimento; estes modos de desenvolvimento, por sua vez, produzem as características (Sapp, 1987).

de Vries, tentaram manter uma ligação estreita entre hereditariedade e desenvolvimento. No entanto, após a publicação dos mecanismos da herança mendeliana por Thomas Morgan, Alfred Sturtevant, Herman Müller e Calvin Bridges em 1915, o novo campo da Genética se tornou cada vez mais focado em problemas relacionados com a transmissão de genes (Gilbert, 1998).

Morgan defendeu explicitamente a separação entre a herança genética e o desenvolvimento, apesar de ter a Embriologia como fator crítico em sua formação inicial:

The sorting out of characters in successive generations can be explained at present without reference to the way in which the gene affects the developmental process (Morgan 1926, p. 26).

É dessa forma que o estudo da hereditariedade ficou definido por Morgan como a disciplina das causas da transmissão genética, excluindo o citoplasma e o desenvolvimento do reino da hereditariedade. Mesmo que Morgan admitisse que processos ontogenéticos estivessem envolvidos na construção de características do indivíduo adulto, esses processos foram, doravante, ignorados quando se discutia a hereditariedade (Gilbert, 1998). Esse truísmo, que preconiza a clivagem da ontogenia e da transmissão genética, não foi derivado puramente das “descobertas científicas”, mas envolveu a construção de uma identidade genética intrínseca e todas as suas suposições epistemológicas e ontológicas. A ontogenia como um problema exterior à hereditariedade tornou-se algo naturalizado, como se fosse uma exigência própria do fenômeno em questão.

Essa distinção foi perpetuada na Síntese Moderna, levando o importante arquiteto Ernst Mayr a narrar em que medida o estudo da hereditariedade não poderia fazer nenhum progresso até que o desenvolvimento fosse devidamente excluído:

For instance, all geneticists from Nägeli and Weismann to Bateson failed to develop successful theories of heredity because they attempted to explain simultaneously inheritance (transmission of the genetic material from generation to generation) and development. The wish to do so was not surprising, since nearly all of them had approached genetic problems from the field of embryology. It was Morgan's genius to put aside all developmental physiological questions (even though he himself had also come from embryology) and concentrate strictly on the problems of transmission. His pioneering discoveries from 1910 to 1915 were entirely due to this wise restriction. The developmental problems which his findings (and those of his collaborators) raised were simply set aside (Mayr, 1982, p. 832).

Mas Morgan fez ainda mais do que separar a Embriologia e a Genética: ele redefiniu a primeira em termos de uma racionalidade genética. Se a Genética era o estudo da transmissão dos genes, a Embriologia passa a ser o estudo da regulação gênica:

A change in a gene produces definite effects on the developmental processes. It affects one or more of the characters that appear at some later stage in the individual. In this sense, the theory of the gene is justified without attempting to explain the nature of the causal processes that connect the gene and the characters. Some needless criticism of the theory has arisen from failure to clearly understand this relation (Morgan, 1926, p. 26-27).

Nessa definição, os genes controlam o desenvolvimento e, portanto, para conhecer esse processo, os embriologistas devem estudar os genes. É dessa forma que se inaugura uma nova e muito diferente agenda para a Embriologia, uma vez que os embriologistas geralmente não tinham interesse na expressão dos genes (Gilbert, 1998):

The study of the fundamental problems of embryology by experimental methods had almost come to a standstill until two new methods of procedure appeared above the horizon – one the direct application of physico-chemical methods to the developing organism; the other, the application of genetics to problems of development (Morgan, 1926, p. 510-511).

Se Morgan redefine a Embriologia como o estudo da expressão gênica, seu aluno Dobzhansky (1937) tratou de definir a evolução como mudanças nas frequências gênicas ao longo do tempo. As discussões evolutivas rotineiramente pulam do fenótipo ao genótipo, deixando de lado o desenvolvimento. A plasticidade fenotípica e do desenvolvimento seriam ruídos para essa identidade genética. Esta não foi apenas uma questão de ênfase ou um mero recurso metodológico da pesquisa genética: ela reflete uma convicção de que os efeitos ambientais e ontogenéticos são “ruídos” do processo evolutivo, o qual é essencialmente genético (West-Eberhard, 2003). Dessa forma, a Evolução e a Embriologia, que tinham sido tradicionalmente ciências do fenótipo, passam a receber definições genéticas.

Tal convicção presente na Síntese Moderna levou a duas consequências: a identidade genética permite que esta disciplina não tenha uma teoria da construção do fenótipo e, portanto, abdique do desenvolvimento; e a Síntese Moderna não estabeleceu uma clareza causal das relações entre os genes, o desenvolvimento e a evolução fenotípica (West-Eberhard, 2003). Compreender o fenótipo em um sentido evolutivo requer a compreensão dos processos ontogenéticos pelo qual ele é produzido e as maneiras pelas quais esses processos podem ser alterados durante a evolução. Contudo,

se um único alelo pode ser considerado como a causa de uma característica fenotípica, então é possível explicar características do adulto sem qualquer referência aos processos ontogenéticos envolvidos. Na Síntese Moderna, todas as novidades evolutivas começam no interior das células, devido a alterações no núcleo, e tem um fluxo único em direção ao fenótipo. A teoria da organização biológica da Síntese Moderna considera que a mutação é a fonte última e única de características fenotípicas e das novidades evolutivas, por isso, ela está aquém de mostrar como genótipo, fenótipo e desenvolvimento estão relacionados na evolução (West-Eberhard, 2003).

É nesse sentido também que, além da ontogenia, a racionalidade genética implicou em uma “construção” do papel do ambiente no processo evolutivo. Na Síntese Moderna o ambiente tem importância evolutiva na adaptação dos organismos. No entanto, o papel da interação ambiente-desenvolvimento na origem das novidades evolutivas (como a origem dos planos corporais, penas e membros tetrápodes) foi colocado de lado em meados do século XX, quando as abordagens da Genética de População para as questões evolutivas ganharam ascendência (Love, 2006). A explicação da origem das novidades evolutivas foi subordinada em termos de seleção operando em populações mendelianas sujeitas a migração, mutação e recombinação (Love, 2006).

Os autores que consideravam a relevância das interações ambiente-desenvolvimento na origem das novidades evolutivas tiveram uma influência limitada³⁷. Por exemplo, para Waddington (1942) o ambiente pode afetar a ontogenia de tal forma que uma novidade morfológica (ou comportamental) pode tornar-se “canalizada”, através da seleção que atua sobre o sistema de desenvolvimento. Ele definiu a chamada “assimilação genética” como um processo:

by which a phenotypic character, which initially is produced only in response to some environmental influence, becomes, through a process of selection, taken over by the genotype, so that it is formed even in the absence of the environmental influence which had at first been necessary (Waddington, 1961, p. 257).

Um precursor da ideia de que a plasticidade pode ser uma força positiva da evolução foi James Mark Baldwin (1861-1934). As definições do “efeito Baldwin” e da “assimilação genética” são muitas vezes mal interpretadas e, frequentemente,

³⁷ É possível encontrar algumas influências de autores com argumentos nesse sentido na literatura principal da Síntese, como Conrad Hal Waddington e Ivan Schmalhausen, mas eles são escassos (Amundson, 2005).

confundidas uma com a outra. Não tenho a pretensão de esclarecer esses conceitos, os quais já foram examinados de perto por historiadores e filósofos da ciência. Em vez disso, o foco aqui está sendo no sentido de mostrar que desde o início do século passado alguns autores já discutiam que o ambiente está intrinsecamente ligado à produção do fenótipo e que há uma importância potencial da plasticidade fenotípica na promoção da variabilidade e das novidades evolutiva.

A versão da Síntese Moderna, por outro lado, remove as referências à interação ambiente-desenvolvimento na origem das novidades evolutivas, colocando no lugar uma definição estritamente genética. Muitos autores da Síntese enfatizaram a estabilidade e a eficiência causal do genótipo, o qual foi estabelecido em decorrência de sua separação do meio. Fisher (1918) foi um caso paradigmático disso, pois ao introduzir a análise de variância, ele permitiu a decomposição da variabilidade fenotípica em uma população nos seus componentes genotípicos e ambientais. O seu principal problema foi responder quanto da variação em uma determinada população foi devido a diferenças na hereditariedade (genética) e no ambiente. Dobzhansky, da mesma forma, procurou interpretar a interação genótipo-ambiente a partir de uma norma adaptativa, como um problema da Genética de Populações (Sarkar, 1999).

A abordagem desses autores, nos termos da Genética de Populações, evidencia de que forma o ambiente e a ontogenia são encarados na Síntese Moderna. Fisher e Dobzhansky apresentam uma concepção biométrica da interação genótipo-ambiente, ao procurar acessar as diferenças entre os *indivíduos da população* e não no *desenvolvimento individual*. Essa ênfase remove completamente a conexão do ambiente com a ontogenia nos conceitos desses autores de interação genótipo-ambiente e norma de reação (Tabery, 2008). Essa foi uma forma de manter uma etiologia estritamente genética na determinação do fenótipo, sem referência aos processos ontogenéticos e a interação ambiental.

Esses conceitos, por outro lado, eram reconhecidos de uma maneira distinta por autores que não participaram da Síntese, como Richard Goldschmidt e Lancelot Hogben (1895-1975). Hogben reconhecia a problemática de abordar o conceito de interação genótipo-ambiente de um modo biométrico e procurou acessar o papel do desenvolvimento na determinação da variação biológica individual. Para Hogben, muitas evidências apontavam no sentido de que o ambiente tem uma grande importância na determinação da variação individual durante o desenvolvimento, levando o autor a

criticar aquilo que ele acreditava ser uma “falsa antítese da hereditariedade e do ambiente” na Genética (Hogben, 1932, p. 201 *apud* Tabery, 2008, p.735)³⁸.

A abordagem de Hogben, contudo, era muito distinta da ênfase segundo a qual uma identidade genética determina o fenótipo. Com a “construção” da ontogenia e a ênfase da seleção natural na Síntese Moderna, o ambiente passa a ser encarado apenas como um desafio para a sobrevivência do mais apto, obscurecendo a imagem do meio como um colaborador do desenvolvimento. A abordagem dos embriologistas em relação ao papel do ambiente e do desenvolvimento na evolução poderia tornar as descobertas que estavam no coração da Genética de Populações mais triviais. Manter uma etiologia genética na determinação do fenótipo, à custa da complexidade da interação ambiente-desenvolvimento, foi crucial para a construção de uma visão unificada da evolução. Foi apenas com essa construção de fatores ambientais e ontogenéticos que o tratamento matemático foi possível, com os geneticistas de populações checando as deduções da genética mendeliana e fazendo profecias quantitativas.

Uma das formas de manter constantemente a coerência da disciplina e o seu alcance explicativo ocorreu pela disputa científica, como no caso analisado a seguir, do biólogo Richard Goldschmidt.

3.3 O caso Richard Goldschmidt

Richard Goldschmidt foi um dos geneticistas mais importantes da Alemanha no início do século XX, sendo uma das principais autoridades da comunidade científica mundial em questões de determinação do sexo (Richmond, 1986). Uma das razões pelas quais ficou célebre reside também sobre as suas ideias evolutivas e as tensões que elas suscitaram na Síntese Moderna. O autor se torna, dessa forma, uma figura historicamente interessante, pois ao mesmo tempo em que suas contribuições para a Genética fizeram dele um cientista importante e respeitado durante a primeira metade do século XX, as suas críticas para a Síntese Moderna o colocou em desacordo com muitos biólogos, principalmente nos Estados Unidos.

³⁸ Hogben considerava a oposição entre hereditariedade e ambiente uma consequência das fortes críticas ao lamarckismo, da descoberta da fertilização celular e da separação weismenniana das células somáticas e germinativas. Segundo ele, esses estudos levaram grande parte dos biólogos a negligenciar o papel do ambiente na evolução biológica (Tabery, 2008).

Em 1933, Goldschmidt publica na *Science* um artigo intitulado *Some aspects of evolution*, no qual ele apresenta uma série de argumentos evolutivos que desafiavam a Síntese Moderna. O termo "monstros promissores", que se tornou sinônimo de alguns pontos de vista de Goldschmidt, foi introduzido nesse artigo (Lanna e El-Hani, 2013). Uma extensão de seus argumentos está presente na obra *The Material Basis of Evolution* ([1940] 1960), no qual o autor entra em conflito com os consensos da Síntese de tantas maneiras que essa obra serviu como um ponto de encontro para as críticas dos arquitetos da Síntese Moderna (Gould, 2002). A principal tese desse livro é de que a microevolução e a macroevolução são fenômenos distintos e que o acúmulo lento e gradual de micromutações não é suficiente para preencher as lacunas em uma linhagem evolutiva. Explicar a diversificação das espécies, famílias, ordens e filos ao longo da evolução não seria possível unicamente através da microevolução. Segundo o autor, onde começam as categorias taxonômicas mais altas, onde estão as grandes diferenças nos planos corporais, termina a informação genética "direta": a seleção natural, tendo como base material os genes, falharia quando se trata da macrotaxonomia, levando à conclusão de que a análise nesse nível não pode estar confinada aos experimentos de hibridização (Goldschmidt, 1960).

Goldschmidt (1960) argumenta que a evolução das espécies envolve, sobretudo, mutações sistêmicas em grande escala e macromutações no desenvolvimento dos organismos³⁹. O ponto de vista de que as mudanças evolutivas envolvem as vias de desenvolvimento foi discutido por Goldschmidt a partir de diferentes conceitos, como norma de reação, fenocópia (cópia de um tipo mutante) e processos morfogenéticos.

O conceito de norma de reação, em que o genótipo seria uma norma herdada de reatividade frente ao conjunto de condições que podem influenciar a expressão fenotípica, foi importante para o autor na discussão das potencialidades do desenvolvimento, pois em condições ambientais modificadas a norma de reação é polimorfa. Quer dizer, o mesmo genótipo pode ser capaz de produzir, em condições alternativas, fenótipos com um grande grau de diferença. Com isso, Goldschmidt esperava mostrar que modificações no desenvolvimento poderiam gerar mudanças da

³⁹ Mutações sistêmicas seriam grandes rearranjos nos cromossomos, os quais poderiam levar a um sistema de reação capaz de gerar um novo fenótipo repentinamente. Dessa forma, esse mecanismo era central na sua concepção de macroevolução. Da mesma forma, mutações importantes do desenvolvimento poderiam produzir grandes efeitos fenotípicos. Essas macromutações do desenvolvimento produziriam "monstros esperançosos", os quais seriam a personificação das alterações fenotípicas que tinham o potencial de formar novas espécies (Dietrich, 2003).

ordem de magnitude macroevolutiva: “em um mesmo genótipo constante as potencialidades do desenvolvimento individual podem incluir um alcance de variação da mesma ordem fenotípica de magnitude que, em outros aspectos, caracteriza as grandes etapas evolutivas baseadas em mudanças do genótipo” (Goldschmidt, 1960, p. 260).

Também estariam envolvidos com as potencialidades do desenvolvimento os hormônios, as substâncias que controlam os processos morfogenéticos e os genes responsáveis pela “homeose” e segmentação de artrópodes e vertebrados. Goldschmidt (1960) acreditava que mudanças muito pequenas nessas moléculas poderiam determinar resultados evolutivos importantes, como o mutante *aristapedia* de *Drosophila*, que produz mudanças de grau macroevolutivo.

A *Base Material*, dessa forma, concede ao tema do desenvolvimento uma proeminência clara no espaço e tempo da evolução:

Evolution, therefore, means the production of a changed process of development, controlled by the changed germ plasm, as well as the production of a new pattern of germ plasm. A change within the germ plasm, therefore, is of evolutionary significance only if the subsequent different processes of development are again properly integrated to produce a balanced whole, the new form. It is, therefore, of decisive importance for the understanding of evolution to take into consideration the potentialities of the developmental system for a more or less radical change (Goldschmidt, 1960, p. 251).

O autor tenta reformular uma ligação entre hereditariedade, desenvolvimento e evolução dentro da matriz empírica e conceitual da Genética, Citologia e Embriologia:

Though attacking the problem as a geneticist, I do not even intend to discuss evolution from the geneticist's point of view alone. What I propose to do is to inquire into the type of hereditary differences which might possibly be used in evolution to produce the great differences between groups, and the title of this book, accordingly, ought to be something like: The genetical and developmental potentialities of the organism which nature may use as materials with which to accomplish evolution (Goldschmidt, 1960, p.3).

Goldschmidt usou o termo base material da evolução para enfatizar seu ponto de vista materialista, ao rejeitar o vitalismo, enquanto, ao mesmo tempo, se afasta da noção atomística do gene, delegando um papel especial para as "potencialidades" do desenvolvimento que a natureza pode utilizar no processo evolutivo. A partir dos estudos de macrotaxonomia, embriologia experimental, e de suas pesquisas sobre variação geográfica e determinação sexual de *Lymantria*, Goldschmidt procurou

desafiar a crença de que a base material da evolução pode ser reduzida a acumulação de mutações nas quais a seleção natural opera. Para o autor, a macroevolução só pode ser compreendida considerando os estudos da Embriologia e Paleontologia, que foram largamente negligenciados por grande parte dos geneticistas:

Direct genetic information stops almost at the point where macroevolution begins, though a considerable body of evidence is still available right on the borderline. But where higher categories begin, and especially where huge differences of the entire architectural plan are involved, direct genetic information ceases to exist, though indirect information may be found, as we shall see. But this does not mean that no exact method for further analysis is left. Exact analysis is not confined to experiments in hybridization, as some geneticists, but may be based upon any body of reliable facts [...] These facts were mainly taken from the realm of development; in the widest sense of these words (Goldschmidt, 1960, p. 250).

A oposição de Goldschmidt ao conceito clássico de gene é relatada pelo autor em uma correspondência com Leslie Clarence Dunn, ao afirmar que "agora declarado por escrito, como antes apenas oralmente, não existe tal coisa como gene" (Goldschmidt, 1937 *apud* Dietrich, 2000). A base material da evolução seria uma consequência filogenética das suas críticas sobre o gene clássico, na procura de um novo quadro teórico mais ampliado e de acordo com as diferentes disciplinas biológicas: "o esquema geral da evolução que resulta dessas deliberações está em harmonia com a taxonomia, morfologia, embriologia e paleontologia, assim como dos novos desenvolvimentos da genética. A teoria neo-darwinista dos geneticistas não é mais sustentável" (Goldschmidt, 1960, p. 397).

Para Goldschmidt, a genética de Morgan centrada no gene clássico e na transmissão genética deveria ser substituída pela "Genética Fisiológica", a qual integra a hereditariedade com processos do desenvolvimento e da fisiologia. Morgan usou o envelope nuclear como uma barreira conceitual e disciplinar. A Genética seria o estudo da transmissão de características através do núcleo e os embriologistas deveriam estudar a expressão dessas características no citoplasma. Esta divisão permitiu que cada disciplina prosseguisse separadamente. Goldschmidt desafia essa separação e, além disso, critica os principais aspectos da Síntese Moderna que foram sedimentados a partir da Genética de Populações.

A resistência dos geneticistas para as ideias de Goldschmidt, no entanto, é discutida pelo próprio autor: "a muitos geneticistas é difícil pensar nesses termos, já que a maioria deles estão a tal ponto inibidos pela crença axiomática da teoria atomística do gene, que são incapazes de pensar em outros termos" (Goldschmidt, 1960, p. 219). Isso

fez com que Goldschmidt fosse considerado um herege por muito de seus pares (Dietrich, 2003). Ele é lembrado pelos historiadores e por aqueles que conviveram no seu ambiente acadêmico (cf. Gould [2002]) como alguém "pouco ortodoxo", "dissidente" e "controverso" (Richmond, 2007). Tais críticas são naturalmente esperadas por alguém que procurava diminuir o poder explicativo do gene clássico e lançava sérias objeções às abordagens dos arquitetos da Síntese Moderna, colocando uma grande ênfase no desenvolvimento, o qual seria um processo ativo e não uma condição passiva de fundo, mediadora entre o genótipo e fenótipo. Ao concentrar muito de sua atenção no desenvolvimento, Goldschmidt também diminuía a importância do enfoque populacional no processo evolutivo (Dietrich, 2003). Isso fez com que ele criasse claramente a sua reputação como um "herege", apesar dos diversos desdobramentos de seu trabalho na Genética Fisiológica e determinação sexual.

3.4 Como essas “constricções” foram operadas?

Nesse capítulo procurei argumentar que tanto os “efeitos negativos” presentes na Síntese Moderna, quanto seus aspectos “positivos”, multiplicadores de conhecimento, tiveram algumas de suas condições de possibilidade anteriores à própria formação dessa disciplina. E essas condições estão expressas na emergência da racionalidade genética e na construção de uma identidade genética intrínseca no início do século XX, as quais compartilham aspectos que são centrais na Síntese Moderna. A racionalidade genética, portanto, não deve ser entendida como um discurso “interiorizado” pela Síntese Moderna, mas como uma de suas condições de possibilidade, com implicações nos planos epistemológico e fenomenológico da disciplina.

Na construção de uma identidade genética intrínseca, o núcleo celular contém as propriedades hereditárias dos seres vivos, que é distinta da experiência do organismo em seu ambiente. O núcleo passa a ser visto como um “centro” de controle da atividade celular e, portanto, um fator primordial para a transmissão de características de célula para célula. Com a primazia do núcleo, a hereditariedade torna-se uma questão de interioridade e não de interatividade. Essa foi uma grande reordenação de como os organismos ligam-se entre as gerações, assim como na crença de quais fatores são relevantes para hereditariedade biológica e a evolução da vida. Tais mudanças tiveram relação direta com o desenvolvimento de ferramentas experimentais, as quais procuraram separar aquilo que “interessava” para a hereditariedade dos elementos

considerados externos. Através de um trabalho experimental e estatístico, pode-se separar a "flutuação" causada pelo ambiente do que está na constituição genotípica da população. Essas técnicas refinadas permitiram remover um *background* "incontrolável" presente em causas ambientais e ontogenéticas.

Tais práticas adicionaram solidez à herança genética, dificultando postular uma explicação causal alternativa para o fenômeno da hereditariedade e evolução dos seres vivos: os genes, de natureza estável, são afetados pelo ambiente de forma não direcional apenas em raras mudanças (mutações). O ambiente é passivo, sendo "utilizado" pelo genótipo na formação do indivíduo durante o desenvolvimento. Com o fortalecimento do poder causal do gene, a hereditariedade, variação e evolução puderam ser encaradas em termos de distribuição e intercâmbio de genes. Essa ideia reforçou a crença de que o genótipo é a única base material da mudança evolutiva.

A relação da racionalidade genética e da construção de uma identidade genética intrínseca com o pensamento evolutivo se evidencia, ainda, pelo modo que se introduz a *população* como aspecto epistemológico e fenomenológico da Síntese Moderna. A Síntese se apoiou no suposto de que a *população* seria suficiente para explicar todos os níveis da evolução, através de mecanismos genéticos observados em laboratório. A chamada microevolução torna-se o nível fundamental, levando a novas e fecundas vias de pesquisa, mas também restringindo a possibilidade de acessar outras unidades evolutivas. Eventos que envolvem níveis hierárquicos mais amplos, como a origem de novas espécies e de novidades evolutivas, representariam os mesmos processos microevolutivos.

Uma questão importante que se coloca aqui é se o primado epistemológico da *população* na Síntese Moderna deriva apenas dos "dados científicos" ou também envolveu um desejo de controle da vida que excede o âmbito científico. Devemos levar em conta que a *população* foi objeto de interesse não só para os biólogos, mas também para seus contemporâneos "fora do laboratório", sendo um importante modo de controle da vida, tanto dos seres humanos quanto dos organismos de interesse econômico.

A prática genética através das populações também teve importância metodológica, pois a partir dela se adotou um simbolismo mais simples para representar caracteres fisiológicos complexos. A adoção de organismos modelos, linhagens puras e técnicas de hibridização estabeleceu a agência de uma identidade genética intrínseca na determinação do fenótipo, passando a tratar o desenvolvimento como um mero

epifenômeno. Combinado a isso, a Síntese Moderna sofreu um “endurecimento” em torno da seleção natural, levando a uma ênfase na modificação adaptativa dos traços. Isso acarretou em uma negligência da explicação sobre a origem das novidades evolutivas, na medida em que a Síntese Moderna assumiu que os processos genéticos populacionais seriam suficientes para explicá-las. Os potenciais efeitos da interação ambiente-desenvolvimento na explicação das novidades evolutivas foram minimizados, pois a própria prática dos geneticistas se caracterizava por uma simplificação dos fatores causais ambientais e ontogenéticos, em favor de isolar a importância dos genes (Love, 2006).

Em suma, a racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca fixaram fronteiras na Síntese Modernas, não sendo possível explicar o seu papel positivo e multiplicador, com capacidade de construir domínios de objetos a propósito dos quais se poderiam afirmar ou negar proposições, se não levar em conta também sua função “constritiva”. Como Foucault salienta, quando discutimos alguma disciplina, muitas vezes, “só aparece aos nossos olhos uma verdade que seria riqueza, fecundidade, força doce e insidiosamente universal” (Foucault, 1971, p.20). Assim,

tem-se o hábito de ver na fecundidade de um autor, na multiplicidade dos comentários, no desenvolvimento de uma disciplina, recursos infinitos para a criação dos discursos. Talvez, mas não deixam de ser princípios de constrangimento; e é provável que não se possa reconhecer o seu papel positivo e multiplicador se não tomarmos em consideração a sua função restritiva e constrangedora (Foucault, 1971, p 36).

A generalidade do conhecimento evolutivo na Síntese Moderna, dirigida para a universalidade e unificação teórica, foi adquirida ao custo das “constrições evolutivas”. Essa generalidade foi acompanhada pela simplicidade conceitual, sugerindo, por exemplo, que a Genética deve ser capaz de compreender os fundamentos evolutivos ao se concentrar em algumas noções-chave.

Os casos históricos aqui discutidos também denotam como a organização da Síntese Moderna além de definir objetos, técnicas e instrumentos adequados, reconheceu discursos verdadeiros e falsos. Esse grau de verdadeiro e falso dos fatores que eram admissíveis na mudança evolutiva foi reforçado por um conjunto de práticas de origem “epistêmicas”, mas também foram apoiados sobre um suporte institucional, da forma como esse saber foi aplicado na sociedade, valorizado e atribuído. As “constrições” da Síntese Moderna, portanto, não estão meramente atadas por critérios científicos da comunidade de evolucionistas, mas contaram com certa “norma” da

racionalidade genética, que excede o âmbito da disciplina. Por isso, os desafios de compreensão da Síntese Moderna não são apenas de caráter epistemológico, mas também tem relação com os significativos intercâmbios entre os contextos socioculturais e o desenvolvimento dessa disciplina.

Ao privilegiar um olhar normativo para a Síntese Moderna, poderíamos tentar justificar as “constrições” evolutivas. De certa forma, o alinhamento da causa mecânica (seleção natural) e da base material (o gene) da evolução, juntamente com a ampliação de experimentos em populações naturais, legitimaram as constrições operadas pela Síntese. De fato, a “estabilização” e a “santuarização” das partículas hereditárias permitiram com que a hereditariedade, na figura da Genética, torne-se uma ciência autônoma de outras disciplinas, aumentando seu poder preditivo e o *status* de ciência exata. Nem a questão de *como* os genes agem e os detalhes de sua estrutura material, que ainda eram praticamente desconhecidos na época de formação da Síntese Moderna, incomodaram a autoridade epistêmica da Genética (Müller-Wille e Rheinberger, 2012; Sapp, 2003).

O espaço-tempo em que a evolução foi concebida a partir da racionalidade genética permitiu também adicionar uma maior autoridade epistêmica para o darwinismo. Se o “tempo lento” da evolução era rejeitado por ser cientificamente frágil, a partir da Genética de Populações o espaço-tempo da evolução pode ser tratado experimentalmente (Bonneuil, 2008). As partículas hereditárias, a-históricas e extraídas da influência local, puderam ser manipuladas experimentalmente, pois foram re-atribuídas em termos de combinação. Dessa forma, a teoria evolutiva obteve um maior *status* científico, como Lock já “previa” em 1906:

The method we have so far adopted serves to illustrate the state of transition which our studies stand, and which it is our first object to assist in hastening to a close - the transition between the speculative philosophy of evolution in the exact science of genetics (Lock, 1906, p. 264).

Essa impressão foi largamente compartilhada entre os arquitetos da Síntese, pois a Genética permitiu uma busca de explicações baseadas em generalizações, com certo poder preditivo, alinhando-se com as chamadas ciências duras (Smocovitis, 1996). Os defensores da herança branda, que consideravam o papel do ambiente e do desenvolvimento, estariam mais alinhados com uma “ciência branda”, sem capacidade de previsão e, muitas vezes, repletas de crenças metafísicas (Sapp, 1987). O empreendimento científico da Síntese Moderna, portanto, estava longe de ser irracional,

pois a resolução dos problemas evolutivos a partir da “constrição” de fatores até poderia não ser garantida, mas também não se pode dizer que o juízo feito pela comunidade de evolucionista da Síntese Moderna não foi o melhor que poderia ser feito naquele contexto.

Apesar de esses “fatores epistêmicos” ajudarem a explicar o movimento de constrição da Síntese Moderna, deve-se compreender que a hereditariedade foi produto de um sistema social de conflito e competição, em que as relações sociais envolveram os biólogos em uma luta pela autoridade. A autoridade científica que, em partes, é manifestada por prestígio e fama, legitimou socialmente os cientistas a agir e falar sobre questões científicas. O que esteve em jogo nesta luta era a definição do próprio campo da hereditariedade, definindo que perguntas são importantes, quais fenômenos são interessantes, que respostas são aceitáveis e os organismos e técnicas adequadas. Essa competição não foi totalmente simétrica, em que o grau de justificação decidiu o resultado (Sapp, 1987). Sapp argumenta que a formação da Genética foi o resultado de uma estratégia em que os investigadores que apoiaram o papel predominante dos genes mendelianos empregaram uma luta pela autoridade científica. Essa autoridade estava ligada com a institucionalização acadêmica dessa disciplina e as aplicações sociais que ela poderia prover:

The importance of these diverse biological problems and various views of heredity was not hierarchically ordered within biological research by an intrinsic logical necessity of scientific thought. Rather their importance in biology depended directly on both the technical capacity and the institutional power of the discipline from which they were produced (Sapp, 1987, p. 36).

O crucial nessa assimetria de poder que a Genética obteve em relação a áreas como a Embriologia foi o seu maior engajamento em um controle da vida. O controle da vida a partir das ferramentas mendelianas poderia ser importante em muitos sentidos, como Sinott, Dunn e Dobzhansky (1950) apontam para os estudantes de Genética e Evolução:

The work of breeders of agricultural plants and animals consist essentially in obtaining genotypic variants which, when raised under farm conditions, give greater yields of grain, fiber, milk, meat, wool, or other products useful to man (...) It is evidently important to know wheter a difference in yield observed between two or several samples planted in experimental plots is predominantly genotypic or environmental. Out of this practical need, there has grown a whole branch of agricultural science which devises experimental procedures whereby the relative influence of genotypic and environmental factors can be ascertained. In brief, these procedure consist in making replicated plantings which reduce the environmental disturbances. The data

are treated with the aid of statistica methods devised for this purpose (Sinnott, Dunn, Dobzhansky, 1950, p. 16).

Os autores mostram o quanto a prática e os conceitos da Genética e da Evolução estão intimamente ligados às pretensões econômicas e políticas de controle da vida. Programas de melhoramento com base nos princípios mendelianos foram fontes constantes de legitimação para a Genética como uma disciplina universitária. As práticas agropecuárias que empregavam métodos genéticos na solução de problemas econômicos específicos forneceram uma ampla fonte de estudantes interessados nos cursos de Genética nas universidades (Sapp, 1987).

O poder da Genética foi exercido, também, de uma maneira menos conspícua, constituído na sua estrutura institucional, prática e linguística. Sapp (1987) argumenta que os geneticistas empregaram uma variedade de metáforas político-econômicas ao discutir modos de “controle” genético na célula, a partir de termos como "monopólio nuclear", "agentes ditatoriais", "organização democrática", "a célula como um império", "república de cromossomos”. Essas metáforas, segundo ele, refletem alguma ideologia subjacente dos geneticistas e serviu como retórica para refletir as relações de poder percebidas entre os geneticistas e embriologistas.

A partir da Genética, a base material da evolução permitiu também o alinhamento de uma causa mecânica da evolução no *continuum* do gene ao homem. Apesar da palavra “eugenia” ser expurgada do vocabulário dos arquitetos da Síntese, principalmente após a segunda guerra mundial, autores como Dobzhansky, Mayr, Simpson e Stebbins possuíam versões do progresso evolutivo e do futuro da humanidade:

It is another unique quality of man that he, for the first time in the history of life, has increasing power to choose his course and to influence his own future evolution. It would be rash, indeed, to attempt to predict his choice. The possibility of choice can be shown to exist. This makes rational the hope that choice may sometime lead to what is good and right for man. Responsibility for defining and for seeking that end belongs to all of us (Simpson, 1967, p. 348).

A Genética, de certo modo, permitia reduzir a vida (e o homem) na lógica fisicalista, mecanística e materialista da ciência. Todas essas considerações possibilitaram uma soberania do seu discurso no pensamento evolutivo. Nessa seara, também podemos reconhecer uma concordância entre os padrões sociais de herança de propriedades, por um lado, e as suposições sobre a imutabilidade dos genes e a sua

eficiência causal. As mesmas sociedades que endossaram a eugenia como uma medida social também foram receptivas a outras formas de determinismo biológico, como o construído no pensamento evolutivo (Sarkar, 1999).

Desse modo, entendemos como a formação da Síntese Moderna e muitas de suas questões práticas e teóricas encontraram seu lugar em nichos culturais específicos. Como tentei mostrar até então, as “constrições” evolutivas tiveram como condições de possibilidade o aparecimento histórico da racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca, que ocorreu, sobretudo, no período conhecido como “eclipse do darwinismo”. O resultado final é que a representação da hereditariedade desenvolvida a partir da racionalidade genética no início do século XX contribuiu para as “constrições evolutivas” e fez, ao mesmo tempo, mais determinística as causas evolutivas. Deve-se entender, portanto, os aspectos da Síntese Moderna discutidos aqui como uma instância de delimitação: a racionalidade genética tornou-se a instância superior que distingue, designa, denomina e instaura a hereditariedade nessa disciplina. A racionalidade genética definiu um domínio de validade e normatividade para a hereditariedade na teoria evolutiva. Constituiu os critérios de verdade e “constrição”. Também compreendeu as soluções adquiridas e os problemas relevantes, situando os conceitos e as afirmações em desuso.

4 DISCUSSÃO FINAL

Os historiadores da biologia normalmente dividem o surgimento e o desenvolvimento da Biologia Evolutiva em quatro épocas: (i) pré-darwinismo; (ii) recepção e reação à obra de Darwin; (iii) “eclipse do darwinismo”, que começa por volta de 1880 e tem duração até a maior parte da década de 1930; e (iv) Síntese Moderna da Evolução, começando por volta de 1940 (Largent, 2009). A narrativa histórica empreendida nessa dissertação permitiu elaborar algumas questões importantes sobre o “eclipse do darwinismo” e a Síntese Moderna da Evolução. Nesse capítulo final, elaboro uma reflexão meta-histórica desses períodos históricos, além de discutir as implicações historiográficas da interpretação de Foucault sobre a formação da Biologia entre a Idade Clássica e a Moderna.

Para finalizar, insiro alguns problemas filosóficos suscitados nessa dissertação e apresento perspectivas para estudos posteriores.

4.1 Reflexões meta-históricas

4.1.1 É possível falar de um evolucionismo na história natural da Idade Clássica?

Antes da primeira edição da *Origem das espécies*, uma teoria transformacional havia sido abordada de diferentes maneiras por Lamarck, Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1884), Charles Bonnet (1720- 1793), entre outros. No entanto, como Foucault nos mostrou, não é tão simples procurar as condições que permitiram o pensamento evolucionista de Darwin. Até mesmo autores fixistas, como Cuvier, tornaram possível o trabalho de Darwin. Para Foucault (2007), devemos procurar na ruptura entre a *episteme* clássica e a moderna as principais condições para o aparecimento histórico do darwinismo.

Isso não significa dizer que podemos desconsiderar a importância dos autores transformacionistas da história natural para a iniciativa intelectual de Darwin. O que Foucault nos apresenta é que a Biologia do século XIX pôde finalmente se desprender de uma harmonia pré-estabelecida dos seres vivos. O autor admite que Lamarck desenvolveu uma teoria da transformação e que Cuvier não concebia a mudança biológica. No entanto, Foucault argumenta que a Biologia precisou passar por Cuvier para que a ideia fundamental de que as espécies biológicas são produtos de forças históricas fosse introduzida. Para Foucault, a “evolução” lamarckiana não configura

uma história verdadeira dos seres vivos, pois seria uma questão dos organismos ocuparem sucessivamente lugares pré-estabelecidos na natureza, os quais são independentes das forças históricas.

Foucault fez um uso similar de uma “história conceitual”, como abordado nos trabalhos de seu mentor Georges Canguilhem, quando ele interpreta que a evolução darwinista teve como condição de possibilidade Cuvier, o qual está mais próximo de Darwin que Lamarck (Gutting, 2005). O empreendimento de Foucault, dessa forma, não procurou definir o que Lamarck e Cuvier fizeram para constituir a racionalidade do darwinismo, mas averiguar certos elementos, regularidades na formação discursiva da evolução darwinista que é compartilhada na formação da Biologia Moderna. Uma questão importante levantada por Foucault é que podemos não ter um sucesso interpretativo da história natural da Idade Clássica ao colocá-la no mesmo sistema de crenças da Biologia. Não podemos negligenciar que novos métodos, linguagens e conceitos, os quais caracterizam a Biologia, surgiram no princípio do século XIX. A Biologia foi condição histórica para alguns aspectos da evolução darwinista, pois é nela que surge a vida em sua coerência das condições de existência, a própria possibilidade da historicidade dos seres vivos e a explicação de tipo variacional ou seletional da evolução.

Por isso, pode ser um erro pensar em uma simples continuação entre a história natural e a Biologia, uma vez que mudanças fundamentais entre a Idade Clássica e a Moderna permitiram a evolução darwinista. É nesse sentido que Foucault nos deu um conselho há mais de três décadas atrás, sobre as tentativas de fazer história da biologia na Idade Clássica:

Pretende-se fazer histórias da biologia no século XVIII; mas não se tem em conta que a biologia não existia e que a repartição do saber que nos é familiar há mais de 150 anos não pode valer para um período anterior. E que, se a biologia era desconhecida, o era por uma razão bem simples: é que a própria vida não existia. Existiam apenas seres vivos e que apareciam através de um crivo do saber constituído pela história natural (Foucault, 2007, p. 174-175).

4.1.2 Uma releitura do eclipse do darwinismo

Muitos historiadores da biologia consideram que uma das principais inadequações da teoria evolutiva de Darwin se deve às suas ideias sobre hereditariedade (Mayr, 1982). A seleção natural darwiniana recebeu sérias objeções por alguns autores

que consideravam esse princípio incompatível com um sistema de herança por mistura, pois a uniformidade das espécies seria preservada mesmo com o surgimento de novas variações. Darwin reconheceu pela primeira vez que esta crítica colocava problemas para sua teoria a partir de uma revisão feita por Fleeming Jenkin, em 1867: “Fleming Jenkin [sic] tem me colocado muitas dificuldades (...) os argumentos dele me convenceram” (Darwin, 1903). Após a morte de Darwin, em 1882, as questões relativas à hereditariedade e variação dos seres vivos, e sua relação com a teoria evolutiva, foram abordadas em um número crescente de contextos explicativos. As ideias evolutivas esbarravam com frequência nos problemas de hereditariedade, uma vez que “toda a evolução orgânica é baseada nela” (Lock, 1906, p. 2). Até mesmo as teorias ditas anti-darwinistas concentraram-se na relação entre hereditariedade e variação, uma peça essencial para qualquer teoria evolutiva (Bowler, 1983).

No entanto, a concepção de hereditariedade de Darwin estava longe de ser puramente especulativa e foi apoiada por dados comparativos e experimentais amplamente citados e discutidos na obra *The variation of animals and plants under domestication* (1875). Para Darwin, o estudo da hereditariedade necessariamente envolve o desenvolvimento e o ambiente, que poderiam delinear por quais mecanismos as partículas hereditárias são produzidas. Na sua teoria, o ambiente não seria apenas um agente de seleção, pois adquire um papel ativo na interação com o desenvolvimento para a origem e modificação dos caracteres (West-Eberhard, 2003).

A teoria da herança de Darwin foi praticamente ignorada quando a Genética passou a adquirir proeminência no pensamento evolutivo (West-Eberhard, 2003). O termo darwinismo, utilizado pela maioria dos evolucionistas, passa a tomar apenas alguns aspectos das ideias evolutivas de Darwin (sobretudo a seleção natural), deixando outras de lado, como a sua concepção de hereditariedade. As declarações de Darwin sobre hereditariedade passam a ser consideradas alheias ao pensamento da Síntese Moderna. Mas isso não se deve apenas à inadequação de sua hipótese da pagênese. Elas se tornam alheias às gerações posteriores porque um estilo de raciocínio foi esquecido, não sendo reconhecidas as questões “subjacentes” que baseavam as declarações de Darwin. O estilo de raciocínio que passa ocupar as questões sobre hereditariedade no pensamento evolutivo, a partir então, é a racionalidade genética, que supõe uma relação distinta daquela abordada por Darwin na interação das partículas hereditárias com o ambiente durante o desenvolvimento.

Por essa razão, o período conhecido como eclipse do darwinismo pode ser considerado um divisor de águas, pois inaugura um novo regime de conhecimento biológico, de um espaço-tempo “darwinista” dos fluxos orgânicos para um espaço-tempo experimental-industrial (Bonneuil, 2008). Esse período tem uma grande importância histórica na análise empreendida nessa dissertação, pois envolve o surgimento de novos planos de objetos a conhecer, de investimentos materiais, técnicos e instrumentais no conhecimento evolutivo.

Paradoxalmente, uma interpretação histórica amplamente aceita na história da biologia caracteriza o eclipse do darwinismo como uma época de pouco desenvolvimento para a teoria evolutiva, uma vez que a seleção natural é considerada a essência do darwinismo e esse período é definido por uma variedade de teorias anti-darwinistas que diminuíam a importância da seleção natural (Bowler, 1983). Durante essa época, algumas evidências desafiavam o poder explicativo da seleção natural, como a descontinuidade do registro fóssil; a datação de Kelvin para a idade da terra, que ameaçava o gradualismo darwiniano; e as estruturas não adaptativas e similaridade entre formas não relacionadas, que desafiavam o poder criativo da seleção natural (Bowler, 1983).

Todas essas críticas, na visão de Peter Bowler (1983), estão evidentes em diferentes teorias anti-darwinistas que foram propostas durante o eclipse do darwinismo. A ortogênese⁴⁰, o neolamarckismo, o mutacionismo e a fase inicial do mendelismo de alguma forma desafiavam as ideias darwinistas. Para Bowler, o debate entre essas diferentes “escolas” estava em torno de duas perguntas principais:

- (i) O processo evolutivo é controlado pela demanda do ambiente externo ou por forças internas do organismo?
- (ii) A evolução é um processo contínuo ou ocorre pela produção descontínua de formas totalmente novas?

Essas respostas só tiveram um consenso com o fim do eclipse do darwinismo, quando ocorreu o desenvolvimento teórico e disciplinar da Biologia Evolutiva na Síntese Moderna (Bowler, 1983). A racionalidade genética passou a congrega

⁴⁰ Ortogênese foi um termo popularizado por Theodor Eimer (1843-1898) para descrever uma força intrínseca dos organismos que guia a evolução. As mudanças podem ser estimuladas pelo ambiente, mas em essência elas provêm de uma tendência interna, predispondo o organismo a variar em uma direção particular (Bowler, 1983).

resposta para essas duas perguntas, determinando que as variações originam-se de mutações pontuais e da recombinação genética, que são “filtradas” pela seleção natural, levando a um gradualismo evolutivo.

A primeira vez que uma interpretação histórica se referiu ao eclipse do darwinismo como um período de menor importância para o pensamento evolutivo foi em *Evolution: The Modern Synthesis* (1942), onde Huxley faz uma série de comparações entre a Síntese Moderna e o eclipse do darwinismo⁴¹. Huxley argumenta que a Biologia finalmente começa a ter um conjunto coerente de disciplinas a partir do trabalho de geneticistas, zoólogos, botânicos e estatísticos, que produziram a Síntese Moderna da evolução:

Biology at the present time is embarking upon a phase of synthesis after a period in which new disciplines were taken up in turn and worked out in comparative isolation. Nowhere is this movement towards unification more likely to be valuable than in this many-sided topic of evolution; and already we are seeing the first-fruits in the re-animation of Darwinism (Huxley, 1942, p. 13).

O período anterior a essa síntese seria caracterizado por uma ciência dispersa, confusa e repleta de contradições:

Evolutionary studies became more and more merely case-books of real or supposed adaptations. Late nineteenth-century Darwinism came to resemble the early nineteenth-century school of Natural Theology (...) There was little contact of evolutionary speculation with the concrete facts of cytology and heredity, or with actual experimentation (Huxley, 1942, p. 23).

Para Huxley, uma das principais diferenças entre essas duas fases é que na Síntese Moderna há uma centralidade do princípio da seleção natural. Durante o eclipse do darwinismo, a natureza da variação era contraditória e possuía uma “autonomia” em relação à seleção natural, subordinando esse processo:

The really important criticisms have fallen upon Natural Selection as an evolutionary principle, and have centered round the nature of inheritable variation (Huxley, 1942, p. 17).

What we may call the period of mutation theory, which postulated that large mutations, and not small ‘continuous variations’, were the raw material of evolution, and actually determined most of its course, selection being relegated to a wholly subordinated position (Huxley, 1942, p. 23).

Huxley estava consciente que na Síntese Moderna as variações biológicas são

⁴¹ Os termos eclipse do darwinismo e Síntese Moderna aparecem pela primeira vez em simultâneo na obra de Huxley (1942). Contudo, Huxley não foi o primeiro a citar o termo “eclipse do darwinismo”. David Starr Jordan usou esse termo em 1925 (Largent, 2009).

concebidas de modo diferente de Darwin. Segundo ele, “o darwinismo, assim renascido, é um darwinismo modificado, uma vez que deve operar com fatos desconhecidos para Darwin; mas ainda é o darwinismo no sentido que visa dar uma interpretação naturalista da evolução” (Huxley, 1942, p. 27). O que Darwin não conhecia era justamente a Genética: nessa narrativa, o renascimento do darwinismo ocorre em direção aos poderes da seleção natural, descrevendo uma verdadeira reconciliação na Biologia que teve o darwinismo como eixo e a Genética como redentora. Desse modo, se faz uma leitura de Darwin e do eclipse do darwinismo a partir da perspectiva da Síntese Moderna, a qual congrega os ideais de uma ciência confiável.

Contudo, essa narrativa se apoia em alguns supostos problemáticos, caracterizando o eclipse do darwinismo como um período obscuro da Biologia, um momento em que “a brilhante luz da teoria evolutiva pela seleção natural de Darwin foi obscurecida por um ataque de teorias evolutivas concorrentes” (Largent, 2009, p. 4). Era a idade das trevas da Biologia Evolutiva, empregada pela geração de autores da Síntese Moderna para se referir aos autores antecessores, implicando que eles trabalharam em uma ignorante e ineficaz época. O eclipse terminou quando “como o sol emergindo por trás da Lua, o darwinismo voltou à proeminência na mente dos teóricos da evolução” (Largent, 2009, p. 4). A frase eclipse do darwinismo tem valor retórico específico: aponta a Síntese Moderna como um desenvolvimento natural, uma solução previsível para os problemas evolutivos. Assim como o sol inevitavelmente emerge por trás da lua ao final de um eclipse, a teoria da evolução pela seleção natural acabaria por surgir novamente após o eclipse feito pelas dezenas de teorias concorrentes oferecidas pelos teóricos evolucionistas do início do século XX. Huxley (1942) deixa claro essa posição ao afirmar que a Síntese Moderna é “este renascer do darwinismo, esta *Phoenix* mutante ressuscitada das cinzas da pira” (p. 28).

A metáfora do “eclipse” também ajudou os autores da Síntese Moderna a diferenciar-se da geração anterior de biólogos evolutivos. Os arquitetos da Síntese Moderna e os historiadores que os seguiram construíram essa narrativa de sua disciplina como uma maneira de contornar alguma bagagem política e social problemática que tinham acumulado durante os anos 1910 e 1920. Incluem-se nessas questões os estudos sobre eugenia e darwinismo social, além da conexão que muitos autores americanos fizeram entre evolução, imperialismo e militarismo (Largent, 2009).

Devido a esse viés interpretativo, Largent (2009) propõe um substituto para a

metáfora do eclipse: o termo “intérfase evolutiva”. Intérfase refere-se a uma fase do ciclo celular que durante muito tempo acreditou-se ser inerte na dinâmica da célula. Atualmente, se entende que a intérfase não é um tempo inerte, mas um período em que atividades vitais para a divisão celular estão ocorrendo, sendo indispensáveis para desenvolvimentos posteriores do ciclo celular. Tal como acontecia com o conceito de intérfase celular, se imagina que o chamado eclipse do darwinismo foi um tempo em que poucos trabalhos produtivos ocorreram, um momento em que a geração de biólogos fez pouco ou nenhum progresso para o pensamento evolutivo.

Em consonância com Largent, acredito que a “intérfase evolutiva” foi um momento de tremenda atividade, vitais para os desenvolvimentos posteriores que ocorreram na evolução biológica. Como procurei argumentar durante essa dissertação, o eclipse do darwinismo compreende um período de profundas mudanças nas bases do pensamento evolutivo, as quais foram inseparáveis de mudanças culturais desse período (Bonneuil 2008; 2011; Thurtle, 2008). Tais mudanças repercutiram na teoria evolutiva, que passou a adotar uma nova forma de entender a vida no tempo e no espaço. Nas palavras de Bonneuil (2011):

The “eclipse” of Darwinism around 1900 was more than just an inflection in evolutionary thinking. It involved wider changes in the ontological and epistemic foundations of biology, that were inseparable from wider cultural changes associated with the “control revolution” and its industrial and bureaucratic rationalisation. These changes included a shift from an storied mode of knowing to an experimental and combinatory one, and new ways of understanding life in time and space (Bonneuil, 2011).

Desse modo, a interpretação de que os estudos evolutivos feitos durante o eclipse do darwinismo possuem uma importância restrita para o pensamento evolutivo não se sustenta. A interpretação desse período como “improdutivo” pode obscurecer outras relações no regime de conhecimento biológico do início do século XX. Uma tentativa de sistematizar as condições históricas e a importância desse período requer considerações além das que ocorreram sobre a hereditariedade na teoria evolutiva, com um maior aprofundamento no saber da paleontologia, estatística, ecologia, entre outros.

4.1.3 A narrativa da Síntese Moderna da Evolução

A narrativa histórica construída ao longo dessa dissertação se concentrou, em grande medida, no período anterior ao desenvolvimento teórico da Síntese Moderna,

indagando sobre os elementos necessários que fizeram com que a racionalidade genética fosse central no pensamento evolutivo. Dessa forma, me afastei das abordagens históricas dominadas pela interpretação teórica do conhecimento evolutivo, migrando para uma abordagem sensível à prática científica. O desenvolvimento de objetos e ferramentas científicas durante o eclipse do darwinismo se mostrou crucial para a Síntese Moderna, que normalmente é interpretada a partir de sua construção teórica. Essa pode ser uma das razões pelas quais os historiadores da biologia, muitas vezes, não tomam o eclipse do darwinismo como uma época importante no pensamento evolutivo, uma vez que nesse período surgiram mais novidades na prática científica do que no âmbito teórico.

Tornar protagonista a prática científica do eclipse do darwinismo também faz com que esse período seja considerado condição histórica de possibilidade da Síntese Moderna⁴². É importante salientar, no entanto, que mesmo aspectos centrais que surgiram nessa época (como a racionalidade genética) não podem ser considerados causas da Síntese Moderna, mas condições que tornaram possível essa ciência. Daí a racionalidade genética ser necessária, mas não suficiente, para o surgimento da Síntese Moderna.

Outro ponto meta-histórico relevante é que a narrativa da Síntese Moderna teve um importante papel na legitimação desse corpo teórico. A tradição científica da Síntese Moderna constitui-se, em parte, por uma interpretação ativa de sua própria história, como Huxley fez ao contrastar o eclipse do darwinismo e a síntese. Um dos arquitetos que participou mais ativamente da história dessa disciplina foi Ernst Mayr, que se interessou durante toda a sua vida por História e Filosofia da Biologia. De modo interessante, Mayr tem uma leitura “anti-desenvolvimental” da teoria evolutiva, tanto quando ele comenta que o estudo da hereditariedade não poderia fazer nenhum progresso até que o desenvolvimento fosse devidamente excluído, quanto quando ele afirma que os embriologistas não estavam interessados em participar da Síntese Moderna⁴³. A história teve um papel ativo nesse caso, pois o desmerecimento da ontogenia na história dessa disciplina fez o desenvolvimento parecer irrelevante no processo evolutivo. Essa interpretação pode criar barreiras para uma melhor

⁴² Os termos foucaultianos discutidos na introdução, como *episteme*, *saber* e *arquivo*, remetem a “sistemas de possibilidade” que formam conceitos e discursos.

⁴³ Mayr (1959) também não deixou de criticar a visão evolutiva de alguns geneticistas de população, como uma perspectiva “beanbag genetics”.

compreensão da história do pensamento evolutivo e, possivelmente, para uma integração entre a Síntese Moderna e a Biologia Evolutiva do Desenvolvimento (Amundson, 2005).

Deve-se ter em mente que a reconstrução histórica desses aspectos centrais do pensamento evolutivo não foram derivados puramente das “descobertas científicas”. O desenvolvimento como um problema externo à hereditariedade e evolução, por exemplo, parece uma exigência própria dos fenômenos em questão, mas ele encontra seus pontos de inserção na emergência de uma racionalidade muito específica. O problema é que as “constricções” evolutivas consolidadas na Síntese Moderna são tratadas como simples “descobertas científicas”, do mesmo tipo da descrição da estrutura do DNA e da natureza química do material genético. O que quero dizer com esse exemplo é que estabelecer a sequência de bases do DNA que codifica os aminoácidos em uma estrutura primária de proteínas é uma questão muito distinta da crença ou expectativa de que a genética de alguma forma codifica as propriedades mais complexas dos seres vivos. E essa última crença foi estabelecida em detrimento da exclusão da Embriologia e da diminuição da importância de fatores ontogenéticos e ambientais.

4.2 Uma breve reflexão filosófica

As discussões empreendidas sobre a dinâmica e heterogeneidade da hereditariedade no pensamento evolutivo inseriram questões interessantes sobre o conhecimento científico. Seria necessário refletir sobre as concepções filosóficas mais tradicionais do conhecimento a partir dessa interpretação. Essa iniciativa, no entanto, requer um aprofundamento muito maior do que eu posso fornecer aqui, pois envolve ancestrais disputas filosóficas. Apesar de não examinar algumas questões filosóficas que permeiam esse trabalho, como o relativismo e a racionalidade científica, eu pretendo ao menos discutir de modo breve a relevância de prática científica na explicação do conteúdo do conhecimento científico.

Uma visão mais simplista da relação entre teoria e prática científica pode ser pensada na forma de um dualismo entre hipotético-dedutivismo e indutivismo (Brandon, 1994). Ela pode ser pensada também com relação ao contexto da descoberta – o qual a filosofia da ciência geralmente tem menos interesse – e o contexto de

justificação, o qual normalmente os filósofos da ciência estão interessados. Dessa forma, o conhecimento científico é frequentemente discutido na filosofia da ciência como se fosse um corpo de ideias flutuantes, destacáveis das suas práticas materiais (Rouse, 1996).

Esse estudo caminhou na direção oposta, ao enfatizar a importância da prática da Genética na formação de sentido e significado do conhecimento evolutivo na Síntese Moderna. Essa prática foi exemplificada a partir das técnicas de hibridização, organismos modelos e linhagens puras, principalmente no trabalho de autores como Johanssen e Morgan, que transformaram objetos e conceitos, mudando o que contava como cientificamente interessante no discurso evolutivo. Em muitos momentos, sugeri que essas práticas constituídas entre aparatos, técnicas, interpretação e análise de dados, modelaram a formação dos conceitos evolutivos e o próprio conteúdo teórico da Síntese Moderna. Mas como essas práticas adquiriram sentido e tiveram uma relação tão estreita com os aspectos teóricos da Síntese Moderna? O argumento principal é de que essas práticas possibilitaram a emergência da racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca no início do século XX, as quais foram centrais na formação dessa síntese.

A relação da racionalidade genética com a formação da Síntese Moderna é um dos casos em que houve um processo de mútua instrução entre a prática e a teoria científica. A própria escolha dos organismos modelos é um exemplo de como o objeto científico se torna um agente do processo de conhecimento. Por exemplo, os geneticistas do início do século XX estavam muito menos interessados na genética vegetal e microbiológica, adotando principalmente o sistema genético de insetos e mamíferos. As plantas, como organismo modelo, quase não existiram na Genética Clássica, pois seu sistema genético é mais complexo e difícil de entender, além de possuir um sistema de desenvolvimento que dificulta a separação da variação fenotípica e genotípica (Smocovitis, 2003). A genética vegetal também envolve fenômenos como polimixia, poliploidia e herança citoplasmática, além de possuir uma grande plasticidade fenotípica. A ênfase na genética animal deixou o estudo evolutivo das plantas suscetível ao neo-lamarckismo e a maioria das evidências para a herança não-mendeliana foi oriunda das plantas, onde algumas células somáticas podem se tornar germinativas (Smocovitis, 2003).

Esse exemplo ilustra o modo como “fenômeno e instrumento, objeto e experiência, conceito e método, estão envolvidas em um processo contínuo de instrução mútua (...) o próprio objeto se torna um agente do processo de conhecimento” (Rheinberger, 2010, p. 31). Quer dizer, os organismos, espaços, aparatos e técnicas que foram construídos no início do século XX foram importantes ferramentas para a construção do conhecimento; nesse caso, o sistema genético dos modelos animais instruiu, em alguma medida, o conhecimento evolutivo.

Desse modo, podemos pensar que as novidades práticas e teóricas relacionadas com a emergência da racionalidade genética impulsionaram algumas crenças da Síntese Moderna, tanto em termos positivos, quanto em termos negativos. A Genética de Populações foi uma expressão desse movimento, guiando os modelos teóricos da Síntese Moderna e selecionando os fenômenos sob investigação em estruturas mais simplificadas. O desenvolvimento teórico da Síntese Moderna, a partir da Genética de Populações, foi muito capaz de explicar e subsumir uma rica base de dados experimentais. Ela pode ser considerada, por isso, um rico corpo teórico, com um número expressivo de dados empíricos que pode dar conta⁴⁴; mas também pode ser considerado um pobre corpo teórico, com uma rica base de dados experimentais/observacionais que não foram contemplados (Brandon, 1994).

Dá que as categorias de possibilidade do que pode ser verdadeiro ou falso na Síntese Moderna dependerem dos eventos históricos que configuraram a emergência da racionalidade genética e a construção de uma identidade genética intrínseca. Relembremos que as características da racionalidade genética, como a ênfase nas regularidades de populações ordenadas no espaço e no tempo; uma “santuarização” do núcleo celular, tanto de influências do ambiente externo quanto do ambiente interno; e a determinação da organização pelos fatores mendelianos, estabelecendo uma relação linear entre genótipo e fenótipo, introduziram novos tipos de positivities no pensamento evolutivo, que foram usadas para selecionar, interpretar e apoiar evidências evolutivas. A partir desses aspectos, se estabeleceu novas relações do que é importante e inteligível na Síntese Moderna, a qual adquiriu também uma forma de síntese teórica e explicativa. Essa unificação possibilitou uma maior generalidade e extensão dessa teoria.

⁴⁴ Durante o século XX, muitas disciplinas mantiveram contato com as explicações microevolutivas, como argumentei anteriormente.

Mas essas características também foram fontes importantes de desunião da atividade científica, como nos “efeitos negativos” discutidos. A Embriologia não compartilhava diversos aspectos da racionalidade genética e entrou em conflito com muitos de seus pressupostos, como a ênfase nas populações, a “santuarização” do núcleo celular e a determinação do fenótipo pelos fatores mendelianos (sem considerar o desenvolvimento). A Embriologia estava voltada para as regularidades individuais, com um papel importante da interação entre o ambiente interno e externo. Dessa forma, por uma incompatibilidade entre essas diferentes “racionalidades”, o pensamento evolutivo sofreu uma série de consequências, como a própria exclusão da Embriologia na Síntese Moderna, a “construção” da interação entre genótipo-ambiente e de outros níveis hierárquicos na evolução biológica (além do populacional).

Se as concepções características da hereditariedade adotadas a partir dessas construções não tiveram uma existência independente dos modos de se raciocinar para chegar a elas, podemos afirmar que elas não são o resultado inevitável da pesquisa científica. A separação da Embriologia com a hereditariedade, tal como tratada a partir de Morgan e evidenciada por Mayr, bem como as “construções” na Síntese Moderna, não são uma exigência dos fenômenos evolutivos, mas envolveram contingências históricas e sociais que fizeram os autores pensar em termos de uma racionalidade genética.

A Embriologia tornou-se marginal no pensamento evolutivo não porque suas pesquisas eram “falsas”, mas porque ela não se encaixava na racionalidade genética⁴⁵. Essa perspectiva também nos permite compreender como a definição de evolução como “mudança nas frequências gênicas” adquiriu seu sentido, pois ela não tem uma existência independente dos modos de raciocinar para se chegar a ela. Para grande parte dos embriologistas essa definição não fazia sentido, pois ela pressupunha uma série de relações adotadas pela racionalidade genética que não eram compartilhadas pela Embriologia.

⁴⁵ Mesmo autores que tentaram um diálogo entre a Genética e a Embriologia, como Richard Goldschmidt, permaneceram isolados ou em conflito com os teóricos da Síntese Moderna. No entanto, isso não significa que essas “construções evolutivas” foram puramente irracionais, pois como discutido anteriormente, elas permitiram uma busca de explicações baseadas em generalizações, alinhando-se com as chamadas ciências duras.

4.3 Considerações finais

A história da ciência aqui empreendida apresenta certa atitude *whig* de interpretar o passado. Isso ocorre porque nessa dissertação objetos históricos foram reconhecidos e distinguidos com o objetivo inicial de trazer alguma luz às problematizações do presente. O ponto inicial foi o genocentrismo no pensamento evolutivo, que se mostrou agregado a inúmeras problemáticas. Mas até que ponto esse estudo permite que se entenda o debate presente?

Acredito que a discussão que se seguiu nessa dissertação pode ajudar a entender algumas das controvérsias no pensamento evolutivo atual. Mas para isso ainda é necessário compreender uma série de transformações e multiplicações de discursos da hereditariedade que estão presentes nos dias de hoje. Por isso, deve ficar claro que a narrativa aqui construída não pode ser contada como uma continuação linear para o presente. Após a formação da Síntese Moderna, o discurso da hereditariedade foi “molecularizado” e incorporado a novas matrizes experimentais e teóricas. A Genética molecular não surgiu diretamente da Genética clássica, pois apropriou um arsenal de novos procedimentos da física, química e dos sistemas de informação da cibernética e da computação (Müller-Wille e Rheinberger, 2012).

Essa molecularização parece tanto conservar alguns aspectos da racionalidade genética, quanto impor a ela alguns desafios. Por exemplo, o dogma central da biologia molecular pode ser considerado uma forma molecular do legado da “santuarização” das linhagens germinativas. Por outro lado, a molecularização da Embriologia a partir dos anos 70, aliada à emergência da epigenética e pós-genômica anos mais tarde, começaram a desafiar a primazia do nível genético sobre os outros níveis de organização. Essas pesquisas tornaram evidentes que mesmo a análise genética mais completa não pode revelar mais do que uma fração da totalidade dos fenômenos evolutivos. O gene como átomo biológico, portador de informação e determinante da organização, passou a ser uma ideia norteadora conflitante (Müller-Wille e Rheinberger, 2012)⁴⁶.

Essas problemáticas não foram analisadas nesse trabalho, merecendo um aprofundamento em estudos posteriores. Seria preciso, em primeiro lugar, compreender tanto o discurso da Genética molecular quanto a “retomada” da Embriologia no

⁴⁶ A própria definição de gene se torna cada vez mais complexa.

pensamento evolutivo, a partir dos diferentes aportes da Evo-Devo (biologia evolutiva do desenvolvimento) e da Embriologia Comparada⁴⁷. Uma hipótese de trabalho que repercute desse estudo é a seguinte: algumas dessas formas de conciliação entre Embriologia e Genética são regidas pelas mesmas regras de formação “subjacentes” à racionalidade genética? Essa suspeita ocorre porque algumas dessas tentativas de conciliação, ao descrever a regularidade dos processos de desenvolvimento e a correlação entre as mudanças genéticas e fenotípicas, empregam metáforas que revelam um controle genético do desenvolvimento. Uma metáfora usada atualmente para descrever a relação entre genética, desenvolvimento e evolução é a do “programa genético”, a qual enfatiza que esses processos são programados pelo genoma e reprogramados por alterações genéticas durante a evolução (West-Eberhard, 2003). Essa metáfora parece reforçar uma nova forma de identidade genética, ao defender que o genoma é um conjunto completo de instruções que codifica os níveis mais elevados da organização.

Nijhout (1990) afirma que as metáforas de "controle" e "programa" genético, em certa medida, estreitaram o leque de investigação na Biologia do Desenvolvimento. Por isso, alguns biólogos do desenvolvimento procuram uma mudança de ênfase nos estudos evolutivos que são normalmente centrados na genética, para uma abordagem interativa que considera a importância de fatores não genéticos. Na iniciativa da chamada Eco-Evo-Devo (*biologia evolutiva ecológica do desenvolvimento*), os autores enfatizam os processos de indução ambiental através de fatores como temperatura, fotoperíodo, dieta, densidade populacional e a presença de predadores (Gilbert e Epel, 2009). O meio adquire outro papel evolutivo, além do *ambiente seletivo*, com uma importância, por exemplo, na origem das novidades evolutivas. Uma problemática que se mostra importante, portanto, é entender os diferentes significados de *ambiente* no pensamento evolutivo atual. Para responder essa pergunta seria necessário não apenas uma análise conceitual, mas também considerações sobre fatos e juízos de valor, uma vez que esse conceito envolve questões como o determinismo biológico e cultural.

Esse tipo de problemática pode ser só a ponta do *iceberg*: o pensamento evolutivo está sofrendo as consequências de uma ciência da vida cada vez mais heterogênea, um emaranhado de diversas disciplinas, sub-disciplinas, teorias, conceitos,

⁴⁷ Tentativas anteriores de conciliar a Embriologia e a Genética no discurso evolutivo foram brevemente discutidas nessa dissertação, como o caso de Goldschmidt e Waddington.

argumentos, corpos de provas e montagens experimentais, divididas em controvérsias sobre algumas questões bastante fundamentais. Esse é um grande desafio para as iniciativas que pretendem manter os avanços da Síntese Moderna e expandir seu escopo para abranger uma hierarquia de processos evolutivos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, G. *Thomas Hunt Morgan: The Man and His Science*. Princeton: Princeton University Press, 1978.

AMUNDSON, R. *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought: Roots of Evo-Devo*. Cambridge University Press, 2005.

ARAÚJO, A.M. Síntese evolutiva, constrição ou redução de teorias: há espaço para outros enfoques? *Filosofia e História da Biologia*, v. 1, p. 5-19, 2006.

BAKER, J.R. The Cell-theory: a Restatement, History, and Critique. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, v. 96, p. 449-481, 1955.

BATESON, W. *Materials for the study of variation: treated with special regard to discontinuity in the origin of species*. New York: Macmillan and Co., 1894.

_____. *Mendel's Principles of Heredity: a Defence*. London: Cambridge University Press, 1902.

BENIGER, J. *The Control Revolution: Technological and Economic Origins of the Information Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1986.

BONNEUIL, C. Producing Identity, Industrializing Purity: Elements for a Cultural History of Genetics. Em: Müller-Wille, S; Rheinberger, H-J (eds). *A Cultural History of Heredity*, IV. Berlin: MPIWG Preprint, 2008.

_____. *Industrializing life: breeding, brewing and the rise of hard heredity*. Paris, 2011. Disponível em: http://malibu.sscnet.ucla.edu:8080/history/news-events/Bonneuil_Pure%20lines_exploring%20heredity%20draft_UCLAoct2011.doc/view.

BONNEUIL, C; THOMAS, F. Purifying landscapes: the Vichy regime and the genetic modernization of France. *Historical studies in the natural sciences*, v. 40, p. 532–568, 2010.

BOWLER, P. *The Eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian Evolution Theories in the Decades around 1900*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983.

BRANDON, R. Theory and Experiment in Evolutionary Biology. *Synthese*, v. 99, p. 59-73, 1994.

BULMER, M. *Francis Galton: Pioneer of Heredity and Biometry*. Johns Hopkins University Press, 2003.

CANGUILHEM, G. *O conhecimento da vida*. Rio de Janeiro: Forense, 2012.

CAPONI, G. O darwinismo e seu outro, a teoria transformacional da evolução. *Scientia Studia*, v. 3, n. 2, p. 233-242, 2005.

_____. *Georges Cuvier un fisiólogo de museo*. Universidade autónoma de México: pesquisas ibero-americanas sobre ciência y técnica, 2008.

CUVIER, G. *Le règne animal*. Paris: Deterville, 1817.

DARWIN, C. *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle of life*. London: Murray, [1859] 1872.

_____. *The variation of animals and plants under domestication*. London: Murray, Vol. II, [1868] 1875.

DARWIN, F. *More Letters of Charles Darwin*. New York: Appleton, Vol. II, 1903.

DICKINS, T.E; DICKINS, B.J.A. Mother nature's tolerant ways: why non-genetic inheritance has nothing to do with evolution. *New Ideas in Psychology*, v. 26, p. 41-54, 2008.

DIETRICH, R.M. From Gene to Genetic Hierarchy: Richard Goldschmidt and the Problem of the Gene. Em: Beurton, P; Falk, R e Rheinberger, H-J (eds). *The Concept of the Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemological Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 91-114, 2000.

_____. Richard Goldschmidt: hopeful monsters and other 'heresies'. *Nature Reviews Genetics*, v. 4, p. 68-74, 2003.

DOBZHANSKY, T.H. *Genetics and the Origin of Species*. New York: Columbia University Press, 1937.

EDWARDS, A.W. Robert Heath Lock and his textbook of genetics, 1906. *Genetics*, v. 194, p. 529-537, 2013.

FARIA, F.F.A. O princípio das condições de existência na história natural darwiniana e cuvieriana. *Investigação Filosófica*, v. 1, p. 1-12, 2011.

FISHER, R.A. The Correlation between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance. *Philosophical Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, v. 52, p. 399-433, 1918.

_____. *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon Press, 1930.

FOLGUERA, G. *Filosofía de la Biología: Análisis crítico de las jerarquías en la teoría de la evolución*. Editorial Académica Española, 2011.

FOLGUERA, G; LIPKO, P. La Teoría Sintética y la población como (única) unidad evolutiva. *Filosofía e História da Biologia*, v. 2, p. 191-202, 2007.

FOUCAULT, M. *A ordem do discurso: lição inaugural no 'Collège de France'*. Pronunciada em 02 de dezembro de 1970. Tradução de Edmundo Cordeiro. Paris: Edições Gallimard, 1971.

_____. *A história da sexualidade II: o uso dos prazeres*. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1984.

_____. *As palavras e as coisas: uma arqueologia das ciências humanas*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

_____. *História da sexualidade I: A vontade de saber*. Rio de Janeiro: Edições Graal, 2007b.

_____. A posição de Cuvier na história da biologia. Em: Motta, M.B (ed). *Ditos e Escritos II: arqueologia das ciências e história dos sistemas de pensamento*. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

_____. *Arqueologia do saber*. 9 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2013.

GALTON, F. *Hereditary genius*. New York: Appleton, 1869.

_____. A theory of heredity. *Journal of the Anthropological Institute*, v. 5, p. 329-348, 1876.

_____. *Natural inheritance*. New York: Macmillan and Co., 1889.

_____. Eugenics. its definition, scope and aims. *The American Journal of Sociology*, v. 10, p. 1-25, [1904] 1909.

GAYON, J. From measurement to organization: a philosophical scheme for the history of the concept of heredity. Em: Beurton, P; Falk, R; Rheinberger, H-J (eds), *The Concept of the Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemological Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

GEISS, S.B; JABLONKA, E. *Transformations of Lamarckism: From Subtle Fluids to Molecular Biology*. MIT Press, 2011.

GILBERT, S. Bearing Crosses: A Historiography of Genetics and Embryology. *American Journal of Medical Genetics*, v. 76, p. 168-182, 1998.

GILBERT, S; EPEL, D. *Ecological Developmental Biology: Integrating Epigenetics, Medicine, and Evolution*. Sinauer Associates, 2009.

GOLDSCHMIDT, R. Some aspects of evolution. *Science*, v. 78, p. 539-547, 1933.

_____. *The material basis of evolution*. New Jersey: Pageant Books, [1940] 1960.

_____. To L. C. Dunn; November 3: L. C. Dunn Papers, *American Philosophical Society Library*: Philadelphia, 1937.

GOULD, S.J. Is a New and General Theory of Evolution Emerging? *Paleobiology*, v. 6, 1980.

_____. The hardening of the modern synthesis. Em: Grene, M (ed). *Dimensions of Darwinism*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 71-93, 1983.

_____. *Structure of evolutionary theory*. Harvard: Belknap Press, 2002

GUTTING, G. *Michel Foucault's Archaeology of Scientific Reason: Science and the History of Reason*. Cambridge University Press, 1989.

_____. *The cambridge companion to Foucault*. Cambridge University Press, 2005.

HACKING, I. *Ontologia histórica*. Trad. por Leila Mendes. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, [2001] 2009.

HALDANE, S.B.J. Natural Selection. *Nature*, v. 124, 1929.

HAMBURGER, V. Embryology and the modern synthesis in evolutionary theory. Em: MAYR, E; PROVINE, W (eds). *The evolutionary synthesis: perspectives on the Unification of Biology*. New York: Cambridge University Press, p. 97-112, 1980.

HOGBEN, L. *Genetic Principles in Medicine and Social Science*. London: William and Norgate, 1932.

HUXLEY, J.S. *Evolution: the modern synthesis*. London: Allen and Unwin, 1942.

JABLONKA, E; LAMB, M. *Evolution in Four Dimensions - Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*. MIT Press, 2005.

JACOB, F. *A lógica da vida*. Lisboa: Dom Quixote, 1985.

JENNINGS, H.S. Experimental evidence of the effectiveness of selection. *The American Naturalist*, v. 44, p. 136-145, 1910.

_____. Pure lines in the study of genetics in lower organisms. *The American Naturalist*, v. 45, p. 79-89, 1911.

_____. Modifying factors and multiple allelomorphs in relation to the results of selection. *The American Naturalist*, v. 51, p. 301-307, 1917.

JENKINS, F. The origin of species. *The North British Review*, v. 46, 1867.

JONCKERS, L.H.M. The concept of population in biology. A logical analysis with a suggestion to diminish the confusion of thought. *Acta Biotheoretica*. v. 22, p. 78-108, 1973.

JOHANNSEN, W.L. Heredity in population and pure lines. Em: Peters, J.A (ed). *Classic Papers in Genetics* (1961), p. 20-26, 1903.

_____. The genotype conception of heredity. *The American Naturalist*, v. 45, p. 129-159, 1911.

KELLER, E.F. *O século do gene*. Tradução: Nelson Vaz. Belo Horizonte: Editora Crisálida, 2002.

LALAND, K; ULLER, T; FELDMAN, M; STERELNY, K; MÜLLER, G.B. Does evolutionary theory need a rethink? *Nature*, v. 514, p.161-164, 2014.

LAMARCK, J-B. *Discours d'ouverture [des cours de zoologie donnés dans le Muséum d'histoire naturelle] (an VIII, an X, an XI et 1806)*. Ed. Alfred Giard, 1907.

_____. *Philosophie zoologique, ou exposition des considerations relatives à l'histoire naturelle des animaux; à la diversité de leur organisation et des facultés qu'ils en obtiennent; aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvements qu'ils exécutent; enfin à celles que produisent, les unes le sentiment et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués*. 2 vols. Paris: chez Dentu/L'Auteur, 1809.

LANNA, E; EL-HANI, C.N. Richard Goldschmidt e sua ambivalência diante da síntese evolutiva. *Filosofia e História da Biologia*, v. 8, n. 3, p. 429-452, 2013.

LARGENT, M. The so-called eclipse of Darwinism. Em: Cain, J; Ruse, M (eds). *Descended from Darwin*. Philadelphia: American Philosophical Society, p. 3-21, 2009.

LOCK, R.H. *Recent progress in the study of variation, heredity, and evolution*. London: J. Murray, 1906.

LÓPEZ-BELTRAN, C. The medical origins of heredity. Em: Müller-Wille, S; Rheinberger, H-J (eds). *Heredity produced: at the crossroad of Biology, politics, and culture, 1500-1870*. Cambridge, Mass: The MIT Press, p. 105-132, 2007.

LOVE, A.C. *Explaining evolutionary innovation and novelty: a historical and philosophical study of biological concepts*. Tese de Doutorado. University of Pittsburgh, 2006.

MARTINS, L.A-C.P. A cadeia dos seres vivos: a metodologia e epistemologia de Lamarck. Em: Alves, I.M; Garcia, E.M (eds). *Anais do VI Seminário de História da Ciência e Tecnologia da Sociedade Brasileira de História da Ciência*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de História da Ciência, p. 40-46, 1997.

_____. August Weismann e evolução: os diferentes níveis de seleção. *Revista da SBHC*, v. 1, p. 53-75, 2003.

_____. O papel do núcleo na herança (1870-1900), um estudo de caso: a teoria dos idioblastos de O. Hertwig. *Filosofia e História da Biologia*, v. 6, p. 269-290, 2011.

MARTINS, L.A-C.P; BAPTISTA, A.M.H. Lamarck, evolução orgânica e tempo: algumas considerações. Em: _____; Prestes, M.E.B; Stefano, W; Martins, R.A (Orgs). *Filosofia e história da biologia 2*. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa, p. 279-296, 2007.

MAYR, E. *Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist*. Columbia University Press, 1942.

_____. *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge, Mass., and London: Belknap Press of Harvard University Press, 1982

_____. “Where Are We’”? *Genetics and Twentieth Century Darwinism*. Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology, p. 1-14, 1959.

MAYR, E; PROVINE W. *The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification*. Cambridge University Press, 1980.

MENDEL, G.J. Versuche über Pflanzen-Hybriden [Experiments Concerning Plant Hybrids] [1866]. In: *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn [Proceedings of the Natural History Society of Brünn]*, IV, 1865. Disponível em: <http://www.mendelweb.org/Mendel.html>

MESOUDI, A; BLANCHET, S; CHARMENTIER, A; DANCHIN, E; FOGARTY, L; JABLONKA, E; LALAND, K.N; MORGAN, T.J.H; MUELLER, G.B; ODLING-SMEE, F.J; POJOL, B. Is non-genetic inheritance just a proximate mechanism? A corroboration of the extended evolutionary synthesis. *Biological Theory*, v. 7, p. 189–195, 2013.

MORGAN, T.H. *The Theory of the Gene*. New Haven, CT: Yale University Press, 1926.

MÜLLER-WILLE, S; RHEINBERGER, H-J. *Heredity produced: at the crossroad of Biology, politics, and culture, 1500-1870*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 2007.

_____. *Cultural History of Heredity*. Chicago: University of Chicago Press, 2012.

MÜLLER-WILLE, S. Hybrids, pure cultures, and pure lines: from nineteenth-century biology to twentieth-century genetics. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, v. 38, p. 796-806, 2007.

MÜLLER-WILLE, S; OREL, V. From Linnaean species to Mendelian factors: elements of hybridism, 1751-1870. *Annals of Science*, v. 64, p. 171-215, 2007.

NALLI, M.A.G. Arqueologia e epistemologia: ensaio de caracterização do saber como objeto de investigação da arqueologia foucaultiana. *Perspectiva filosófica*, v. 9, n. 18, 2002.

NIJHOUT, H.F. Metaphors and the Role of Genes in Development. *Bioessays*, v. 12, p. 4410-4446, 1990.

ODLING-SMEE, F.J; LALAND, K.N; FELDMAN, M.W. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton University Press, 2003.

OLBY, R. *Origins of Mendelism*. New York: Schocken Books, 1966.

PARNES, O. On the shoulders of generations: The new epistemology of heredity in the nineteenth century. Em: Müller-Wille, S. Rheinberger, H-J (eds). *Heredity Produced: At the Crossroads of Biology, Politics, and Culture, 1500-1870*. Cambridge, MA: MIT Press, p. 315–346, 2007.

- PEARSON, K. The scope of Biometrika. *Biometrika*, v. 1, p. 1-2, 1901.
- PENCE, C.H. Review of Staafan Muller-wille and Hans Jörg Rheinberger, a cultural history of heredity. *The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*. v. 3, p.168–172, 2013.
- PIGLIUCCI, M; MÜLLER, G. *Evolution - the Extended Synthesis*. MIT Press, 2010.
- PROVINE, W.B. Progress in evolution and meaning of life. Em: Waters, C.K; Van Helden (Eds). *Julian Huxley, biologist and statesman of science*. Houston: Rice University Press, p. 165–180, 1992.
- _____. *The Origins of Theoretical Population Genetics*. Chicago: University of Chicago Press, 2001.
- RICHMOND, M. *Richard Goldschmidt and Sex Determination: The Growth of German Genetics, 1900–1935*. Tese de Doutorado. Indiana University (USA), 1986.
- _____. The Cell as the Basis for Heredity, Development, and Evolution: Richard Goldschmidt's Program of Physiological Genetics. Em: Manfred, D; Laubichler e Maienschein, J (eds). *From embryology to Evo-Devo A History of Developmental Evolution*. MIT press, 2007.
- RHEINBERGER, H-J. *An Epistemology of the Concrete: Twentieth-Century Histories of Life*. Durham, NC: Duke University Press, 2010.
- _____. Heredity in the Twentieth Century: Some Epistemological Considerations. *Journal Public Culture*, v. 25, p. 477-493, 2013.
- ROUSE, J. *Engaging Science: How to Understand its Practices Philosophically*. Cornell University Press, 1996.
- RUSSELL, E. *Form and function: a contribution to the history of animal morphology*. Londres: Murray, 1916.
- SARKAR, S. From the *Reaktionsnorm* to the Adaptive Norm: The Norm of Reaction, 1909–1960. *Biology and Philosophy*, v. 14, p. 235-252, 1999.
- _____. Evolutionary theory in the 1920s: the nature of the “synthesis”. *Philosophy of Science*, v. 71, p. 1215-1226, 2004.
- SAPP, J. *Beyond the Gene: Cytoplasmic Inheritance and the Struggle for Authority in Genetics*. Oxford University Press, 1987.
- _____. *Genesis: The Evolution of Biology*. New York: Oxford University Press, 2003.
- SIMPSON, G.G. *Tempo and Mode in Evolution*. Columbia University Press, 1944.
- _____. *The Meaning of Evolution: A Study of the History of Life and of its Significance*. Yale University Press, 1967.

SINOTT, E.W; DUNN, L.C; DOBZHANSKY, T.H. *Principles of Genetics*. McGraw Hill, [1925] 1950.

SMOCOVITIS, V.B. *Unifying biology: the evolutionary synthesis and evolutionary biology*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1996.

_____. The invisible subject: Zoology and the Evolutionary Synthesis. Em: Legakis, S; Sfenthourakis, R; Thessalou-Legaki, M (eds). *The New Panorama of Evolution of Animal Evolution*. Proceedings of the 19th International Congress of Zoology, Pensoft Publishers, p. 337-344, 2003.

SOLANO, R.N; GUTIÉRREZ, R.R. La tinta invisible: Darwin y la fuerza de la herencia. *Arbor*, v. 182, 2006.

STEBBINS, G.L. *Variation and Evolution in Plants*. Columbia University Press, 1950.

STEFANO, W; MARTINS, L.A-C.P. Herbert Spencer Jennings e os efeitos da seleção em *Paramecium*: 1908- 1912. *Filosofia e História da Biologia*, v. 1, p. 351-369, 2006.

TABERY, J.R.A. Fisher, Lancelot Hogben, and the Origin(s) of Genotype-Environment Interaction. *Journal of the History of Biology*, v. 41, p. 717-761, 2008.

THURTLER, P. The creation of genetic identity. *Stanford Humanities Review*, v. 5, 1996.

_____. *The Emergence of Genetic Rationality. Space, Time, and Information in American Biological Science, 1870-1920*. Washington: University of Washington Press, 2007.

WADDINGTON, C.H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. *Nature*, v. 150, p. 563–565, 1942.

_____. *The Strategy of the Genes*. Allen & Unwin Press, 1957.

_____. Genetic assimilation. *Advances in Genetics*, v. 10, p. 257-290, 1961.

WEISMANN, A. *The germ-plasm: a theory of heredity*. New York: Scribner's, 1893.

WEST-EBERHARD, M.J. *Developmental Plasticity and Evolution*. New York: Oxford University Press, 2003.

WINTHER, R.G. Darwin on variation and heredity. *Journal of the History of Biology*, v. 33, p. 425–455, 2000.

VEIGA-NETO, A. Michel Foucault e os estudos culturais. Em: Costa, M.V (org). *Estudos culturais em educação*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

VIRCHOW, R.L.K. *Cellular pathology as based upon physiological and pathological histology*. Philadelphia: J. B. Lippincott, 1860.