

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

O LEGADO DE DARWIN e a pesquisa agropecuária

*José Roberto Moreira
Marcelo Brilhante de Medeiros*
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W5 Norte (final)
CEP 70770-917 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4700
Fax: (61) 3340-3624
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Comitê Local de Publicações

Presidente
João Batista Teixeira

Secretário-executivo
Thales Lima Rocha

Membros
Jonny Everson Scherwinski Pereira
Lucília Helena Marcelino
Lígia Sardinha Fortes
Márcio Martinelli Sanches
Samuel Rezende Paiva
Vânia Cristina Rennó Azevedo

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Unidade responsável pela edição
Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial
Selma Lúcia Lira Beltrão
Lucilene Maria de Andrade
Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial
Erika do Carmo Lima Ferreira

Revisão de texto
Jane Baptistine de Araújo

Normalização bibliográfica
Celina Tomaz de Carvalho
Iara Del Fiaco Rocha

Projeto gráfico e capa
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Ilustrações (p. 27, 28, 29, 65, 74, 79, 96, 98, 99, 104, 106, 107, 109, 111, 112, 113, 116, 118, 136, 137, 143, 144, 146, 151, 152, 153, 155, 161, 166, 176, 177, 178, 179, 184, 185, 194, 204, 209, 210, 213, 214, 218, 220, 225, 230, 234, 238, 250, 253, 261, 274, 296 e encartes 1 e 2)
José Roberto Moreira

1ª edição

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

O legado de Darwin e a pesquisa agropecuária / José Roberto Moreira, Marcelo Brilhante de Medeiros, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.
341 p. : il. color. ; 21 cm x 23 cm + 2 encartes.

ISBN 978-85-7035-350-4

1. Pesquisa agrícola. 2. Cientista. I. Moreira, José Roberto. II. Medeiros, Marcelo Brilhante de. III. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

CDD 630.5

© Embrapa 2014

Agradecimentos

Nosso objetivo, ao escrever esta obra, é disponibilizar uma publicação que auxilie na disseminação do conhecimento evolutivo e estimule a consciência sobre a preservação do fantástico patrimônio que é a biodiversidade de nosso planeta.

Este livro teve origem durante as seguintes comemorações: em 2008, os 150 anos da teoria da evolução e, em 2009, os 200 anos do nascimento de Darwin e os 150 anos da publicação do livro *A origem das espécies*. A construção de nossa obra nos fez “navegar por mares pouco navegados” e, mais do que fruto de nosso conhecimento, é resultado de nossa paixão pelo legado de Darwin e pela vida moldada nos 4 bilhões de anos de evolução.

Para sua realização, contamos com a ajuda de muitos. Várias versões preliminares dos capítulos foram lidas por diversos pesquisadores. Gostaríamos de agradecer às seguintes pessoas pelos comentários construtivos durante a revisão e avaliação

dos capítulos: Amarílis de Vicente Finageiv Neder, Carla dos Anjos de Souza, Clóvis Wagner Maurity, Débora Viecili Costa Masini, José Luiz de Andrade Franco, Luciano de Bem Bianchetti, Márcio de Carvalho Moretzsohn, Marília Lobo Burle, Nivaldo Peroni, Pablo Rodrigues Gonçalves, Paulo Dias Ferreira Júnior, Rafael Antônio Machado Balestra, Rosana Tidon, Rosane Garcia Collevatti e Suelma Ribeiro Silva. Também gostaríamos de agradecer a Susan Catherine Casement pelas muitas sugestões na composição do livro e pelo constante apoio.

Finalmente, não podemos deixar de agradecer à equipe da Embrapa Informação Tecnológica: Erika do Carmo Lima Ferreira (editora) e Jane Baptistone de Araújo (revisora), por todo o tempo, empenho e dedicação despendidos na edição da obra; e a Carlos Eduardo Felice Barbeiro, o Caseda, pelo lindo trabalho realizado na diagramação desta obra.

Apresentação

Há menos de 450 anos, todos os acadêmicos europeus acreditavam não somente que a Terra ocupava o centro do Universo – o qual teria alguns milhões de quilômetros de extensão –, mas também que, em torno desse centro, giravam os planetas, o Sol e as estrelas. Trezentos anos mais tarde, ainda imperava o pensamento de que uma divindade suprema criara todos os organismos e que eles não haviam mudado. A aplicação do método científico de inferência, a partir dos resultados de experimentos ou da observação, foi o que transformou nossa visão a respeito de nossas origens e do funcionamento do mundo a nossa volta.

A teoria que explicou a origem das espécies por meio da seleção natural e seus princípios foi publicada, há pouco mais de 150 anos, por Charles Robert Darwin. O arcabouço teórico da evolução ainda incorporou, ao longo de várias décadas, muitos outros conceitos e mecanismos que surgiram em novos campos das ciências naturais,

como a genética, a biologia molecular e a biologia evolutiva do desenvolvimento. Nesse período de tempo, também ocorreu expressivo acúmulo de experimentos, evidências e observações em paleontologia, fisiologia, biogeografia, botânica e zoologia, além dos avanços mais recentes em genética e biologia molecular, os quais explicaram aspectos novos e diversificados da evolução.

A complexidade e a importância da teoria da evolução para a compreensão do mundo natural têm implicações em diversas áreas da ciência. Particularmente para a pesquisa agropecuária, a compreensão dos processos evolutivos é parte de um referencial de conhecimentos que abrange desde o processo de domesticação até o controle de insetos e doenças, bem como o desenvolvimento de novas cultivares e sistemas de cultivo mais sustentáveis.

Este livro apresenta o histórico e um amplo referencial teórico sobre a evolução, desde o

início – quando o mecanismo da seleção natural foi descrito por Darwin – até as mais recentes descobertas científicas. Também fornece informações sobre as relações entre a agricultura e os processos evolutivos. Esta publicação contribui para preencher uma lacuna de informações na literatura nacional no tocante a uma descoberta

científica que, há mais de um século, mudou o modo de estudar a vida no planeta.

Mauro Carneiro

Chefe-Geral

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Prefácio

[...] qualquer coisa verdadeira para *E. coli* deve também ser verdadeira para o elefante¹ (MONOD; JACOB, 1961, p. 393).

O início de século XXI tem sido, sem dúvida, marcante para o conhecimento evolutivo, pelo destaque nas celebrações do legado a nós deixado por Charles Darwin. Em 1º de julho de 2008, comemoramos 150 anos da publicação, pela Sociedade Linneana de Londres, do artigo intitulado *On the tendency of species to form varieties and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection*², de autoria de Charles Robert Darwin e Alfred Russell Wallace. Com essa publicação, em 1858 foram apresentadas à comunidade científica as raízes da teoria da evolução.

O mundo inteiro celebrou, no dia 12 de fevereiro de 2009, os 200 anos de nascimento de Charles

Darwin e, em 24 de novembro de 2009, os 150 anos da publicação do influente livro *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*³, de sua autoria. É tempo de reverenciar o gênio e enaltecer o legado de Darwin.

Tal legado é fenomenal. A sua teoria da evolução, por exemplo, foi descrita pelo proeminente ecologista inglês Richard Dawkins como a mais importante ideia que ocorreu à mente de um homem. O conceito da evolução biológica é uma das mais importantes ideias geradas pela aplicação da metodologia científica ao mundo natural. “Nada na biologia faz sentido exceto sob a luz da evolução”⁴ – essa declaração feita pelo renomado geneticista ucraniano Theodosius Dobzhansky (1964, p. 449) também destaca a importância da

¹ “[...] anything found to be true of *E. Coli* must also be true of elephants.”

² *A tendência das espécies de formar variedades e a perpetuação das variedades e espécies por meios naturais de seleção.*

³ *Sobre a origem das espécies por meio de seleção natural, ou a preservação de raças favorecidas na luta pela vida.*

⁴ “Nothing makes sense in biology except in the light of evolution.”

teoria da evolução como o pilar central para o entendimento do mundo natural.

A evolução é o caminho. As ideias de Darwin inspiraram, nesses últimos 150 anos, o pensamento científico e da humanidade. O conhecimento sobre a evolução da vida na Terra encontra-se no âmago das pesquisas relacionadas às áreas de genética, bioquímica, biotecnologia, neurobiologia, ecologia, morfologia, botânica, zoologia, fisiologia, antropologia, psicologia e, até mesmo, inteligência artificial. A revolução darwiniana é, portanto, considerada, por muitos, um dos mais importantes eventos em toda a história do intelecto humano.

Evolução é a verdade. Hoje, a ciência considera a existência da evolução como um dos mais consagrados fatos científicos em razão do enorme número de indícios que a comprovam. Evolução é fato. As evidências encontram-se estampadas nos registros fósseis, na distribuição geográfica das espécies, na proximidade genômica entre organismos, nas estruturas e nos padrões de comportamento comuns entre espécies diferentes, nas semelhanças existentes com os processos de domesticação de espécies de plantas e animais, na capacidade de adaptação, bem como nas semelhanças no desenvolvimento dos organismos.

Evolução é a vida. Apenas a evolução nos apresenta um contexto coerente para explicar a surpreendente diversidade e a extrema complexidade da vida em nosso planeta. Sob sua ótica, é possível reconhecer a universalidade da vida na Terra – descendemos todos de um ancestral comum – e as similaridades genéticas, morfológicas e ecológicas entre diferentes organismos. Essas semelhanças genéticas indicam um passado de ligação entre espécies que hoje são muito diferentes. Ela também reconhece as similaridades entre o homem e seus parentes mais próximos – os outros primatas. Toda a vida na Terra está interligada, cada espécie é um mero graveto na árvore da vida.

O legado de Darwin se disseminou por diversas ciências. A agricultura também se beneficiou do conhecimento evolutivo. A evolução orientou o conhecimento para a descoberta de novas possibilidades e melhor controle de pragas na agricultura, para a compreensão das relações entre plantas e animais domésticos com seus parentes selvagens e para o desenvolvimento de tecnologias que visam ao melhoramento tanto das plantas como dos animais. A sustentabilidade da produção agrícola pode ter suas bases também no conhecimento evolutivo, considerando que muitos desafios e problemas da produção

agrícola intensiva, como a proliferação de doenças e patógenos, podem ser compreendidos e solucionados sob sua ótica.

Nesse contexto, a Embrapa deve reverenciar o legado deixado por Darwin. Afinal, parafraseando Dobzhansky, nada faz sentido na pesquisa da Embrapa se não for sob a luz da evolução. Para tanto, buscamos contribuir com a publicação deste livro esclarecedor sobre a teoria da evolução e o legado de Darwin.

O primeiro capítulo do livro – *O legado de Darwin e a pesquisa agropecuária* – apresenta a vida de Darwin, a história da publicação de sua influente teoria e a controvérsia político-religiosa da evolução e do criacionismo. Também mostra que, infelizmente, a ciência não alcança todas as camadas da sociedade da mesma forma. Ainda que a ciência consagre a teoria da evolução como fato, ela continua sendo incompreendida ou desconhecida por uma parcela significativa da população. Em continuidade à construção da teoria da evolução por Darwin e Wallace, o segundo capítulo apresenta um histórico sobre o desenvolvimento do conhecimento evolutivo. Discorre sobre os pensamentos evolutivos desde a Grécia antiga, passando pelos pensadores

muçulmanos e cristãos, por Lamarck, até chegar aos dois renomados biólogos. Ainda apresenta as novas descobertas e o desenvolvimento do conhecimento evolutivo pós-Darwin. Mostra, também, que foram necessários dez anos para que a teoria da evolução fosse plenamente aceita pela ciência. E mais de 100 anos para a aceitação da seleção natural como um dos seus principais mecanismos.

Após esses dois capítulos introdutórios, o livro passa a apresentar as atualizações do conhecimento evolutivo: o Capítulo 3 contém uma visão atualizada da teoria da síntese evolutiva e discute os principais mecanismos de evolução. Em face do desconhecimento de muitos sobre a evolução, o Capítulo 4 apresenta as evidências existentes para a sua constatação. Demonstra, por exemplo, como novas formas transicionais estão sendo descobertas, cada vez mais rotineiramente, no registro fóssil e relata que as infindáveis homologias genéticas são mais abrangentes do que se pensava há bem pouco tempo.

Muitos acreditam que o inspirador livro de Darwin – *A origem das espécies* – obteve sucesso ao demonstrar a existência da evolução, mas não mostrou como a vida surgiu e diversificou-se

neste planeta. Assim, o Capítulo 5 discorre sobre o conhecimento atual relativo à formação e ao desaparecimento de espécies. Por sua vez, o sexto capítulo trata das hipóteses atuais sobre a origem da vida na Terra e sobre a história da evolução da vida, que levou à atual biodiversidade do planeta, incluindo a evolução do homem.

O sétimo e último capítulo descreve as aplicações do conhecimento evolutivo na agricultura nos dias de hoje, que têm por trás a herança do influente livro *A origem das espécies*. São apresentadas as tecnologias desenvolvidas pela pesquisa agropecuária para o aumento da produção agrícola, para o controle biológico de pragas e para a conservação de recursos genéticos e sua relação com a evolução.

O livro *O legado de Darwin e a pesquisa agropecuária* foi pensado para atingir o público leigo, interessado no desenvolvimento e no conhecimento da ciência, assim como para atualizar estudantes de ensino médio e de graduação nos temas básicos da evolução. Tendo em mente que o livro trata de diferentes tópicos e busca um público diversificado, imaginamos que alguns termos específicos não sejam de conhecimento de todos os leitores. Assim, incluímos um glossário de termos

tratados no livro. Também incluímos dois encartes: um apresenta os períodos geológicos da Terra e o outro mostra a evolução da vida e a intrincada relação entre os organismos.

Este livro é obra de pesquisadores apaixonados pelo legado de Darwin à ciência e à humanidade. Foi escrito como uma reverência ao gênio e ao intelecto de Darwin e por nossa admiração pela diversidade e beleza da vida em nosso planeta. Buscamos mostrar neste livro, como bem disse Darwin (1859, p. 490)⁵ no parágrafo final do seu, que “[...] existe uma grandeza nessa visão da vida”⁶

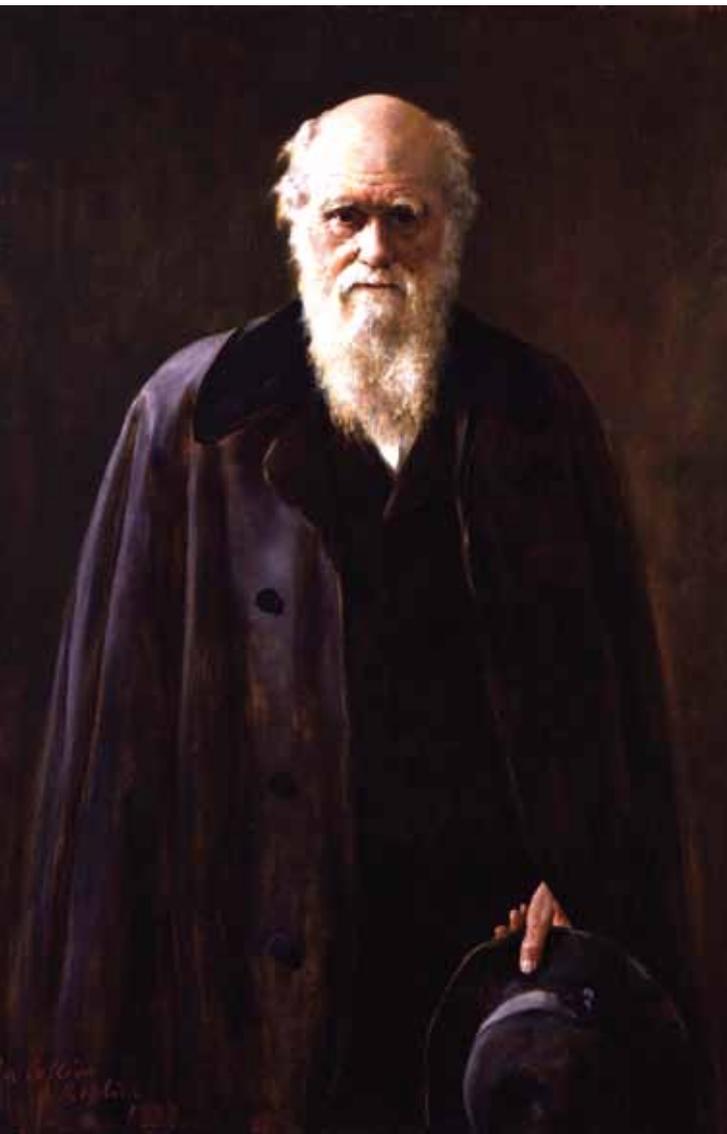
José Roberto Moreira
Marcelo Brillhante de Medeiros

⁵ Ver lista de referências do Capítulo 1.

⁶ “There is grandeur in this view of life.”

Sumário

17	Capítulo 1 Darwin e a teoria da evolução
63	Capítulo 2 O pensamento evolutivo ao longo da história da humanidade
93	Capítulo 3 Mecanismos de evolução
133	Capítulo 4 Evidências da evolução
171	Capítulo 5 Especiação e extinção
201	Capítulo 6 A evolução da vida
267	Capítulo 7 Evolução e agricultura
305	Glossário



Capítulo 1

Darwin e a teoria da evolução

José Roberto Moreira

"Quando deixei a escola, eu não estava nem adiantado nem atrasado para a minha idade; e acredito que era considerado por todos os meus professores e pelo meu pai como um rapaz bastante comum, mas intelectualmente abaixo da média" (CHARLES DARWIN, em sua autobiografia de 1876, publicada por BARLOW, 1958, p. 28).

"When I left the school I was for my age neither high nor low in it; and I believe that I was considered by all my masters and by my Father as a very ordinary boy, rather below the common standard in intellect."

► Charles Robert Darwin (1809–1882) ao final de sua vida.