

vol 13 n.2
jul/dez 2017

Cadernos de história da ciência

A história e o
ensino da natureza
da ciência



Cadernos de História da Ciência / Laboratório de
História da Ciência. Instituto Butantan.- v.1,
n.1 (2005).- São Paulo: Laboratório de
História da Ciência, 2005-.

Semestral

ISSN 1809-7634

1.História da Ciência – Periódicos. I.Instituto Butantan.
Laboratório Especial de História da Ciência.

CDD 505.09

Instituto Butantan

Diretor

Dimas Tadeu Covas

Editor Responsável

Nelson Ibañez

Editor do número

Douglas Allchin
Fernanda Pardini Ricci

Editores Assistentes

Cristiano Correa de Azevedo Marques
Josiane Roza de Oliveira
Olga Sofia Fabergé Alves
Paulo Henrique Nico Monteiro

Conselho Editorial

Ana Luiza D'Ávila Viana – FMUSP,
André Felipe Cândido da Silva –
Fiocruz, André Mota – FMUSP,
Antônio Luiz Macêdo e Silva Filho
– UFC, Áurea Ianni – Faculdade
de Saúde Pública/USP, Betânia
Gonçalves Figueiredo – UFMG,
Cássio Silveira – FCM/Santa Casa
de São Paulo, Cláudio Bertolli Filho
– UNESP, Dante Marcello Claramont
Gallian – Unifesp, Esmeralda Blanco
Bolsonaro de Moura – FFLCH/USP,
Fan Hui Wen – Instituto Butantan,
Fernanda Rebelo – UFBA, José
Carlos Barreto Santana – UEFS,
Julio Cesar Schweickardt – Fiocruz-
Amazônia, Ivomar Gomes Duarte
– Instituto Butantan, Lília Blima
Schraiber – FMUSP, Lorelai Kury
– Fiocruz, Luiz Antonio Teixeira
– Fiocruz, Márcia Regina Barros
da Silva – FFLCH/USP, Maria Alice
Rosa Ribeiro – UNESP, Maria Amélia
Mascarenhas Dantes – FFLCH/USP,
Maria Cristina da Costa Marques
– Faculdade de Saúde Pública/USP,
Maria Gabriela S. M. da Cunha
Marinho – UFABC, Mitie Tada L. R.
F. Brasil – Instituto Butantan, Nisia
Trindade Lima – Fiocruz, Osvaldo
Augusto Sant'Anna – Instituto
Butantan, Regina Gifoni Marsiglia
– PUC/SP, Robert Wegner – Fiocruz,
Shozo Motoyama – CHC/USP,
Suzana Cesar Gouveia Fernandes
– Instituto Butantan, Vanderlei
Sebastião da Silva – Unioeste, Yara
Nogueira Monteiro – Instituto de
Saúde/SP

Biblioteca do Instituto Butantan

Joanita Lopes

Secretaria Executiva

Sabrina Acosta

Secretaria

Ivani Aparecida de Moura Machado

Correspondência Editorial dos Cadernos de História da Ciência

Laboratório Especial
de História da Ciência e-mail:
chciencia.ib@butantan.gov.br

Instituto Butantan

Av. Vital Brazil, 1500,
05503-000 Butantã
São Paulo – SP

Publicação Semestral

Capa

Novas instalações do laboratório
de antígenos tóxicos de seção de
Imunoterapia. Relatório anual de
gestão 1944, página 37.
Acervo do Núcleo de Documentação
do Instituto Butantan.

Diagramação

Núcleo de produções técnicas
Ailson Taveira da Silva

Revisão ortográfica

Arlete Sousa

Sumário

- 7 **Apresentação**
Comissão Editorial
- 11 *Introduction - From History to Teaching Nature of Science*
Introdução - Da História ao Ensino da Natureza da Ciência
Douglas Allchin
- 19 Dossiê Casos Históricos
"A doença dos trabalhadores da estrada de ferro":
uma narrativa histórica e suas potencialidades
para explorar aspectos de natureza da ciência
*"The railroad worker's disease": a historical narrative and
its potentialities to explore nature of science aspects*
Nathália Helena Azevedo
Thiago Marinho Del Corso
- 55 O estudo do caso histórico de Vital Brazil em sala
de aula: uma ferramenta para investigar a visão dos
alunos sobre os desafios enfrentados durante uma
pesquisa científica
*The study of the historical case of Vital Brazil in the
classroom: a tool to investigate students' views on the
challenges faced during a scientific research*
Fernanda Pardini Ricci
Karen Kellen Silva Teixeira
Adriano Dias de Oliveira

- 81 A genética no Brasil entre 1934 e 1956: um estudo de caso histórico para o ensino de natureza da ciência
Genetics in Brazil between 1934 and 1956: a historical case study for teaching Nature of Science
Fausto de Oliveira Gomes
Gabriel de Moura Silva
- 101 Historical inquiry cases for nature of science learning
Casos de investigação histórica para o aprendizado da natureza da ciência
Douglas Allchin
- 128 Artigo
Três casos de aconselhamento genético no Brasil
Three study cases of genetic counseling in Brasil
Débora Aymoré
- 151 Material complementar - Casos Históricos
Apresentação
Fernanda Pardini Ricci
- 154 "A doença dos trabalhadores da estrada de ferro": uma narrativa histórica e suas potencialidades para explorar aspectos de natureza da ciência
Nathália Helena Azevedo
Thiago Marinho Del Corso

- 184 Caso de estudo: Vital Brazil e as mordidas de cobras
 Adriano Dias de Oliveira
 Fernanda Pardini Ricci
- 234 Dreyfus, Dobzhansky e a Genética no Brasil
 Fausto de Oliveira Gomes
 Gabriel de Moura Silva

Apresentação

Este número dos *Cadernos de História da Ciência* apresenta como tema central "A história e o ensino da natureza da ciência" nos permitindo compartilhar uma experiência desenvolvida sobre narrativas históricas de casos da ciência brasileira aplicando uma metodologia desenvolvida pelo Prof. Douglas Allchin da Universidade de Minnesota que aceitou o convite para editar esse número conjuntamente como a pesquisadora Fernanda Pardini Ricci.

A introdução feita pelo professor Allchin traz sinteticamente a metodologia empregada para ensinar a natureza da ciência a partir das questões historicamente construídas. A reflexão sobre essas questões e seus resultados históricos ensinam os estudantes a pensar o desenho experimental, desenvolver uma visão crítica dos experimentos bem como realizar uma revisão das teorias, barreiras cognitivas para mudança de conceitos, debates científicos e suas resoluções. Numa perspectiva histórica utilizando a visão do que Bruno Latour chama "ciência em construção" com a "ciência já feita" o método de entender a natureza da ciência trabalha com todos os eventos positivos e negativos e as incertezas desse processo.

No dossiê "Casos Históricos", os autores Nathália Helena Azevedo e Thiago Marinho Del Corso trazem no artigo "'A doença dos trabalhadores da estrada de ferro': uma narrativa histórica e suas potencialidades para explorar aspectos de natureza da ciência", uma narrativa histórica, que contém episódios associados à descrição da doença de Chagas e que permite explorar aspectos de Natureza da Ciência (NdC), além de outros conteúdos científicos. A narrativa histórica foi validada pela leitura crítica por pares e pela sua aplicação em vários contextos educacionais. Os 13 conjuntos de "questões para pensar" presentes na narrativa marcam pontos para o levantamento de hipóteses, discussão e interação, potencializando uma aprendizagem ativa, via

engajamento e aprofundamento da compreensão de conceitos científicos e da ciência de um modo mais amplo. A narrativa histórica é apresentada na íntegra, para uso por professores do ensino médio. Apresenta-se, ainda, uma breve reflexão sobre as habilidades presentes na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) com as quais a narrativa histórica dialoga.

No artigo "O estudo do caso histórico de Vital Brazil em sala de aula: uma ferramenta para investigar a visão dos alunos sobre os desafios enfrentados durante uma pesquisa científica", os autores Fernanda Pardini Ricci, Karen Kellen Silva Teixeira e Adriano Dias de Oliveira analisam de que modo o estudo de um caso histórico contribuiu para a compreensão que os alunos de ensino médio de uma disciplina de iniciação científica têm sobre possíveis desafios presentes em uma pesquisa. O caso, explora o percurso de Vital Brazil em sua descoberta sobre a especificidade dos soros antiofídicos. Foram aplicados questionários antes e depois da realização da atividade, analisando 27 respostas. De modo geral, os alunos deram grande ênfase para a dificuldade de acesso a elementos materiais necessários para a realização dos experimentos, abordando também a necessidade de repetição dos experimentos, decorrentes dos resultados negativos encontrados. Ambos aspectos apareceram nos dois conjuntos de questionários, no entanto, foram mencionados por mais alunos e de maneira mais detalhada após a aplicação do caso.

"A genética no Brasil entre 1934 e 1956: um estudo de caso histórico para o ensino de natureza da ciência", dos autores Fausto de Oliveira Gomes e Gabriel de Moura Silva, aborda o início da pesquisa em Genética no Brasil no Departamento de Biologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Sob uma perspectiva histórica, contada pelos seus principais protagonistas sugerem a utilização de um estudo de caso como recurso didático em cursos de graduação em Ciências da Natureza e Biologia. A escolha dos episódios históricos que compõem este artigo e do estudo de caso se justifica, pois retratam a implantação e consolidação de uma pesquisa genética de relevância mundial. Argumenta-se nesse trabalho que o ensino do início da história da genética no Brasil tem potencial para aproximar docentes e estudantes de processos organizacionais e científicos

que ampliam o repertório destes sobre questões de engajamento, colaboração e dinâmica na ciência, em uma compreensão da ciência como atividade humana, historicamente constituída e submetida a pressões de natureza financeira, institucional, política, tecnológica, entre outras naturezas.

Douglas Allchin em seu artigo "*Historical inquiry cases for nature of science learning*" discute a partir de uma perspectiva histórica de ciência – em construção – as oportunidades para investigar e aprender sobre a natureza da ciência. Descreve ainda como várias características em narrativas de episódicas históricas ajudam a estruturar tal investigação: (1) contextos motivacionais culturais e biográficos; (2) questões que problematizam a natureza da ciência e promovem investigação sobre a natureza da ciência; (3) perspectivas históricas que expõem a ciência – em construção; (4) um formato narrativo; (5) uma estrutura episódica; (6) fechamento conjunto da investigação e da narrativa; e (7) reflexão final e consolidação dos aspectos de natureza da ciência.

Em outra temática, o artigo de Débora Aymoré, "Três casos de aconselhamento genético no Brasil", aborda a aplicação tecnológica como uma prática contextualizada social e historicamente, e desenvolvida em determinadas instituições. Neste trabalho, reflete-se sobre três casos de aconselhamento genético realizado no Centro de Estudos do Genoma Humano e Células-Tronco. Além da prevenção, o aconselhamento genético pode levantar à obtenção de informações incidentais, tais como sobre falsa paternidade ou sobre relações de incesto. A contextualização e a análise desses três casos de aconselhamento abordados, tem como referência à Constituição Federal de 1988, ao Código de Ética Médica e ao Estatuto da Criança e do Adolescente, buscando basear nossa análise em valores sociais considerados em alta estima no Brasil.

Encerrando o número, temos o material complementar Casos Históricos, onde apresentamos de maneira detalhada e sistemática a construção do material complementar utilizado pelos autores dos artigos do dossiê. Os casos "'A doença dos trabalhadores da estrada de ferro': uma narrativa histórica e suas potencialidades para explorar aspectos de natureza da ciência" de Nathália Helena Azevedo & Thiago Marinho Del Corso; "Vital Brazil

e as mordidas de cobras" por Fernanda Pardini Ricci e Adriano Dias de Oliveira e "Dreyfus, Dobzhansky e a Genética no Brasil" de Fausto de Oliveira Gomes e Gabriel de Moura Silva, ampliam o material apresentando no artigo, oferecendo questionamentos, orientações aos professores, imagens etc., possibilitando sua aplicação em diferentes ambientes educativos.

Boa leitura!
Comissão Editorial

Introduction – From History to Teaching Nature of Science

*Introdução – Da
História ao Ensino da
Natureza da Ciência*

Douglas Allchin
University of Minnesota

Historians know very well that their studies yield valuable insights into the nature of science, or how science works in practice. "History, if viewed as a repository for more than anecdote or chronology," Thomas Kuhn famously declared, "could produce a decisive transformation in the image of science" (1970, p. 1). The challenge today is how to convey those insights to students in Science classes (ALLCHIN, 2014). This special volume describes a method based on historical inquiry cases, and presents three field-tested examples, each based on science in Brazil.

Conventional historical narratives are, of course, one strategy for conveying the lessons of History. As early as the 1950s, Harvard University professor and political titan James Bryant Conant and his colleague Leonard Nash articulated the goal and assembled a handful of case studies specifically for college Science students (CONANT, 1947; CONANT and NASH, 1957; NASH, 1951). Leo Klopfer then did the same for high school students, with measured success (KLOPFER, 1964-66; KLOPFER and COOLEY, 1963). Such stories were accompanied by commentary and study questions to highlight the nature of science elements.

Educators today, however, do not regard simple texts or didactic lectures as the most effective form of learning. Rather, they aim to engage students in their own learning. Educators focus on what students already know – or think they understand – and pose questions, problems and anomalies to solve. Their subsequent

investigative activity and reflection help them develop more sophisticated levels of understanding. Just as historians are aware that scientists "construct" knowledge rather than "discover" it passively, educators realize that students "construct" and transform their own knowledge through complex cognitive processes. The contemporary aim, then, is to frame episodes of inquiry. Inquiry is the method whereby students build their own knowledge stepwise through solving intellectual challenges in a collaborative setting. For the instructor, the primary focus shifts from preformed, predigested answers to open questions that carefully guide inquiry and reflection.

Accordingly, several Science education projects combine historical narratives with embedded questions (ALLCHIN, 2012; CLOUGH, 2011; HAGEN, ALLCHIN, and SINGER, 1996). The aim is to highlight certain aspects of scientific practice and prompt students to consider and characterize their role in the case. For example, students might be asked how to compare measurements of atmospheric carbon dioxide from two different instruments hundreds of kilometers apart – ultimately a lesson in standardization and calibration (LEAF, 2011). They might be asked to consider how well the available evidence supports a method for preventing smallpox and whether it can be considered "proven" – a lesson on underdetermination, potential error, credibility, and the nature and limitations of evidence (REMILLARD-HAGEN, 2010). Or students might be invited to consider how they will fund an expedition to study Natural History and collect specimens in an exotic rainforest far away – a lesson in patronage and the need for resources and funding to conduct scientific research (FRIEDMAN, 2010).

Questions about cases from the past could easily drift into what historians might recognize as standard historical analysis. One examines just how the science unfolded, in retrospect, from a secure perspective of having reached a final conclusion. However, a major goal of Science education (or scientific literacy) is to inform an assessment of claims from contemporary science. In many cases relevant to consumers and citizens today, science is incomplete or claims are actively disputed. Students must develop epistemic skills to evaluate the reliability or trustworthiness of alternative claims, even when science

is not considered complete. That skill is ultimately based on historical understanding of how knowledge is created gradually, and how growing confidence in scientific conclusions is secured. The ideal inquiry approach for educators borrows again a concept familiar to professional historians: a historicist perspective, or a view of what Bruno Latour (1987) called "science-in-the-making" (in contrast to "ready-made science"). Accordingly, historical perspectives that render cultural and technological context and uncertainty at a given point in history are indispensable tools for educators in teaching the Nature of Science through inquiry. The effect is not unlike some immersive participatory activities used to teach History itself: open-ended historical role-play simulations, such as the reacting to the past curriculum (Barnard College, 2018; DRISCOLL, DUNN, SIEMS & SWANSON, 2014; POWERS, BURNEY, and CARNES, 2010).

The result is that historical inquiry cases in Science education ideally situate the student in the historical context and present them with the problems just as they were addressed by the historical scientists. For example, students learn about problems of development, heredity and evolution in 1910, then assume the role of Thomas Hunt Morgan, who encountered an anomalous white-eyed fruit fly mutant: what did it mean? What experiments should one do next? Later, how should one interpret the unexpected results, which fit no known pattern? (ALLCHIN, 1996). Or: as Archibald Garrod in 1909, how should one proceed when others fail to take notice of your claims about several striking cases of inborn errors in metabolism (such as albinism and alkaptonuria, conditions that would later be recognized as vivid evidence for the one gene-one enzyme concept) (ALLCHIN & GABEL, 2017; ALLCHIN, 2017)? Or: as a fellow scientist in the 1960s, how would you evaluate Lynn Margulis' claims about the endosymbiotic origin of cells, given that the evidence is mixed (HAGEN, 1996)? From reflecting on these inquiries and their historical outcomes, students learn about experimental design, critical experiments, revision of theories, cognitive barriers to conceptual change, scientific debates and their resolution, and more. These are the basis of the analytic skills that students will use to assess contemporary scientific claims, such as about

links between climate change, deforestation and drought; or about the efficacy of garrafada as traditional remedies or of phosphoethanolamine as a treatment for cancer; or whether Brazilian policies support sustainable fisheries; or whether a nuclear power plant is sufficiently safe.

This special volume of *Cadernos de História da Ciência* addresses the use of historical inquiry cases to teach Nature of Science. The first paper describes the method in general. It addresses, in particular, the tension between open-ended inquiry, which is preferred for learning, and the closed nature of history, which has already occurred. If the historical lessons are to be informative, how can students be given the freedom to pursue the problems, essentially creating their own history?

The next three contributions are about particular case studies. All are based on science in Brazil. The first presents Vital Brazil and his work on snake venom, and how he reached the unexpected conclusion that anti-sera were specific to snake type rather than following a common scale of venom toxicity. The second concerns the ground-breaking work of Carlos Chagas on the cause and transmission of a disease that afflicted railroad workers, and that now bears his name. The third case concerns the work of world-renowned evolutionary biologist Theodosius Dobzhansky, who studied the genetics of fruit fly populations in Brazil, and helped to establish the Genetics Department at the University of São Paulo.

References

- ALLCHIN, D. Thomas Hunt Morgan & the white-eyed mutant. In: HAGEN, J. B.; ALLCHIN, D.; SINGER, F. **Doing Biology**. Glenview, IL: HarperCollins. 1996. p. 48–59. See also: <<http://doingbiology.net/morgan.htm>>.
- _____. The Minnesota case study collection: new historical inquiry cases for nature of science education. **Science & Education**, v. 21, p. 1263–1282, 2012.
- _____. From science studies to scientific literacy: a view from the classroom. **Science & Education**, v. 23, p. 1911–1932, 2014.
- _____. Does the evidence speak for itself?: Archibald Garrod & inborn errors of metabolism. **American Biology Teacher**, v. 79, p. 335–337, 2017.
- BARNARD COLLEGE. **Reacting to the past**. New York: Author, 2018. Available at: <<https://reacting.barnard.edu>>.
- CLOUGH, M. The story behind the science: bringing science and scientists to life in post-secondary science education. **Science & Education**, v. 7, p. 701–717, 2011.
- CONANT, J. B. **On understanding science**: an historical approach. New Haven, CT: Yale University Press, 1947.
- CONANT, J. B.; NASH, L. K. (eds.). **Harvard case histories in experimental science**. v. 1–2. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1957.
- DRISCOLL, M. et al. **Charles Darwin, the Copley Medal, and the Rise of Naturalism, 1861–1864**. New York, NY: W.W. Norton, 2014.
- FRIEDMAN, A. Alfred Russel Wallace & the origin of new species. Minneapolis, MN: SHiPS Resource Center, 2010. Available at: <<http://ships.umn.edu/modules/biol/wallace.htm>>.
- GABEL, K.; ALLCHIN, D. Archibald Garrod & the black urine disease. Minneapolis, MN: SHiPS Resource Center, 2017. Available at: <<http://shipseducation.net/modules/biol/garrod.htm>>.

- HAGEN, J.B. Lynn Margulis & the question of how cells evolved. In: HAGEN, J. B.; ALLCHIN, D.; SINGER, F. **Doing Biology**. Glenview, IL: HarperCollins, 1996. p. 23-36. See also: <http://doingbiology.net/margulis.htm>
- HAGEN, J. B.; ALLCHIN, D.; SINGER, F. **Doing Biology**. Glenview, IL: HarperCollins, 1996. See also: <<http://doingbiology.net>>.
- KLOPFER, L. E. **History of science cases**. Chicago, IL: Science Research Associates, 1964-1966.
- KLOPFER, L. E.; COOLEY, W. W. The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists: a report on the HOSC instruction project. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 1, p. 33-47, 1963.
- KUHN, T. S. **The structure of scientific revolutions**. 2. ed. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1970.
- LATOUR, B. **Science in action: how to follow scientists and engineers through society**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987.
- LEAF, J. Charles Keeling & measuring atmospheric CO₂. Minneapolis, MN: SHiPS Resource Center, 2011. Available at: <<http://ships.umn.edu/modules/earth/keeling.htm>>.
- NASH, L. K. An historical approach to the teaching of science. **Journal of Chemical Education**, v. 28, p. 146-151, 1951.
- POWERS, R. G.; BURNEY, J.; CARNES, M. Reacting to the past: a new approach to student engagement and to enhancing general education. White paper report submitted to the Teagle Foundation, 2010.
- REMILLARD-HAGEN, E. Lady Mary Wortley Montagu & smallpox variolation in 18th-century England. Minneapolis, MN: SHiPS Resource Center, 2010. Available at: <<http://ships.umn.edu/modules/biol/smallpox.htm>>.

Dossiê Casos Históricos

"A doença dos trabalhadores da estrada de ferro" : uma narrativa histórica e suas potencialidades para explorar aspectos de natureza da ciência

"The railroad worker's disease": a historical narrative and its potentialities to explore nature of science aspects

Nathália Helena Azevedo¹
Thiago Marinho Del Corso²

1. Universidade de São Paulo, doutoranda em Ensino de Ciências. Mestre em Ciências (Ecologia) pela USP e bióloga pela Unifesp.
2. Faculdade SESI de Educação, Professor no curso de licenciatura em Ciências da Natureza. doutorando em Educação pela Faculdade de Educação da USP, licenciado em Ciências Biológicas pela Unicamp, mestre em Ensino de Ciências (USP).

Resumo

A inclusão da natureza da ciência (NdC) nos currículos de ciências passou a ser uma preocupação, uma vez que a NdC pode contribuir para a formação de indivíduos cientificamente alfabetizados. Apresentamos uma narrativa histórica, que contém episódios associados à descrição da doença de Chagas e que permite explorar aspectos de NdC, além de outros conteúdos científicos. A narrativa histórica foi validada pela leitura crítica por pares e pela sua aplicação em vários contextos educacionais, num esforço para torná-la mais clara e coerente, dada a carência de materiais didáticos com abordagem histórica e investigativa para o ensino médio. Os 13 conjuntos de *Questões para pensar* presentes na narrativa histórica marcam pontos para o levantamento de hipóteses, discussão e interação, potencializando uma aprendizagem ativa, via engajamento e aprofundamento da compreensão de conceitos científicos e da ciência de um modo mais amplo. A narrativa histórica é apresentada na íntegra, para uso por professores do ensino médio, com indicações de materiais complementares acessíveis no mesmo número desta publicação. Apresentamos, ainda, uma breve

reflexão sobre as habilidades presentes na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) com as quais a narrativa histórica dialoga.

Palavras-chave

doença de Chagas, ensino por investigação, episódio histórico, natureza da ciência, narrativa histórica.

Abstract

The inclusion of the nature of science (NOS) in science curricula has become a concern since NOS can contribute to the formation of scientifically literate individuals. We present a historical narrative, which contains episodes associated with the description of the Chagas' disease and that allows exploring NOS aspects, as well as other scientific contents. The historical narrative was validated by critical peer reading and its application in several educational contexts, in an effort to make it clearer and more coherent given the lack of didactic materials with a historical and investigative approach. The set of 13 "think questions" presented in the historical narrative indicate points for hypothesis elaboration, discussion, and communication, potentiating active learning, through engagement and deepening the understanding of scientific concepts and of the science in a broader way. The historical narrative is fully presented here, for use by high school teachers, with indications of complementary materials accessible in the same issue of this publication. We also show a brief reflection on the skills present in the National Curricular Common Base (Brasil, 2017) with which the historical narrative dialogues.

Keywords

active learning, Chagas' disease, historical inquiry narrative, inquiry learning, nature of science.

Apresentação da narrativa histórica

Contexto teórico

Apresentamos uma narrativa histórica, elaborada para fins didáticos, dentro da perspectiva da alfabetização científica e para ser aplicada com estudantes do ensino médio. A narrativa traz episódios verídicos e ficcionais (como sensações e reflexões de personagens, inseridos com o cuidado de evitar distorções) associados à descrição da doença de Chagas em 1909, após trabalhos de campo em Lassance/MG e nos laboratórios do Instituto Manguinhos (atualmente Instituto Oswaldo Cruz) no Rio de Janeiro/RJ, por Carlos Chagas (1879-1934). A importância do pesquisador brasileiro no contexto científico internacional está associada ao triplo descobrimento envolvendo a protozoose, pois, além de descrever uma nova enfermidade, ele também identificou o agente causador e o transmissor da doença. A descoberta teve forte impacto nacional por expor más condições sanitárias da população das regiões afastadas dos centros urbanos. Seu trabalho exerceu grande influência no movimento sanitário brasileiro surgido em meados de 1916.

A doença de Chagas ainda é considerada uma doença negligenciada segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2012). Ela também é conhecida como tripanossomíase americana e possui de 6 a 7 milhões de pessoas infectadas, concentradas, em grande parte, na América Latina (WHO, 2018). Segundo estimativas de 2010, mais de um milhão de pessoas estavam infectadas com a doença no Brasil (WHO, 2012). Em 2016, as estimativas eram de que entre 1,9 e 4,6 milhões de brasileiros vivam com a forma crônica da doença (RAMOS, 2017), mas há uma concordância de que as estimativas estejam abaixo do número real, sobretudo devido ao contexto sanitário e social dos países latino americanos (RAMOS JUNIOR; CARVALHO, 2009). Infelizmente, doenças associadas a situações de vulnerabilidade social são comuns entre parte considerável da população brasileira (VICTORIA et. al., 2011), o que requer soluções pautadas em um conhecimento integrado sobre os cenários epidemiológicos da doença de Chagas, bem como sobre a sua dinâmica de transmissão.

O ensino da doença de chagas e de vários fatores associados à sua epidemiologia está presente nos currículos escolares, sendo esses temas recorrentes em vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio. Grande parte da abordagem da doença nesses contextos explora uma visão centrada no controle da transmissão e em uma postura curativa. Há, entretanto, outros fatores que podem ser explorados para uma educação que auxilie na promoção da saúde. Pode ser rico, por exemplo, explorar fatores políticos e econômicos (como os desmatamentos, a ocupação desordenada, as alterações climáticas e as migrações humanas) que também interferem no enfrentamento da doença. Tal perspectiva implica explorar um caráter mais multifatorial e dinâmico da doença de Chagas, contribuindo para superar uma visão unidirecional de disseminação da tripanossomíase americana (GRYNSZPAN, 2017). Essa abordagem é oposta à visão corriqueira da doença de Chagas trazida em materiais didáticos. O que geralmente se observa é um caráter memorístico e com conceitos prontos, com pouco espaço para reflexão, contribuindo para um visão pouco informada sobre a natureza do conhecimento científico.

Durante as investigações em Lassance/MG, Chagas encontrou desafios na interpretação das observações que realizou e dos dados que sistematizou, contando com a colaboração de outros cientistas e, de certo modo, da própria população. Dentro desse contexto, a narrativa que apresentamos permite explorar uma série de aspectos de natureza da ciência (NdC) em sala de aula, contribuindo para a promoção de uma compreensão fundamentada sobre como se constrói o conhecimento científico.

A expressão natureza da ciência (NdC) está atrelada à reflexão de como o conhecimento científico é produzido e validado, o que constitui objeto de investigação sistemática por filósofos da ciência desde o início do século XIX. Contudo, a expressão ganhou contornos próprios, derivados da articulação de várias metaciências mobilizadas por pesquisas em ensino nas últimas décadas (ADÚRIZ-BRAVO, 2005). Tal olhar requer reconhecer que a ciência é uma construção humana e, portanto, social, uma visão que tem sido explorada por filósofos da ciência desde, pelo menos, meados de 1930 e por historiadores, desde 1950. A inclusão da NdC nos parâmetros curriculares

de ciências (por exemplo, na versão da BNCC do Ensino Médio de 2017) tem se tornado uma preocupação em vários países (AZEVEDO; SCARPA, 2017). O objetivo principal de incorporar aspectos da NdC no ensino e aprendizagem de ciências é ajudar a formar indivíduos cientificamente alfabetizados (HODSON, 2014), ou seja, com uma visão ampla e discernimento para lidar com questões cotidianas, para que estejam conscientes tanto de conceitos científicos quanto sobre a produção e a função desses conceitos.

Dentre as abordagens para trabalhar a NdC em sala de aula, o uso de casos históricos pode propiciar a criação de ambientes de discussão, promovendo contextualização de conceitos científicos, engajamento de estudantes e reflexão crítica sobre conceitos equivocados das ciências (CLOUGH, 2011; ALLCHIN et al., 2014). O uso de narrativas históricas tem o potencial de tornar conceitos que estão sendo ensinados mais memoráveis, podendo, ainda, iluminar pontos em particular ou diminuir a distância entre professores e estudantes (KLASSEN, 2009). Segundo Stinner et al. (2003) e Allchin (2013), há várias justificativas para o emprego de narrativas históricas em aulas de ciências, incluindo retratar o contexto sociocultural da ciência e desenvolver habilidades investigativas por meio de uma aprendizagem ativa.

A abordagem histórica com fins de ensino e aprendizagem de conceitos e ideias científicas tem sido apontada como uma estratégia frutífera para promover experiências interativas na sala de aula (STINNER et al., 2003; METZ; KLASSEN, 2007). O uso da história da ciência no ensino de ciências tem sido uma tônica dos debates curriculares do último século (DUARTE, 2004). Klassen (2007), por exemplo, discutiu as potencialidades de uma narrativa baseada na história da instalação do primeiro cabo de comunicação transatlântico entre 1857 e 1866 e o papel de William Thomson (1824-1907), o Lord Kelvin, nessa empreitada. Nesse artigo, Klassen ressalta o apoio teórico e prático que o uso de histórias em aulas de ciências tem recebido nas pesquisas em ensino. Silva e Moura (2008) fizeram uma análise da aceitação e propagação histórica das teorias de Newton (1643-1727), ao longo do século XVIII, em um trabalho que tem implicações para a abordagem do tema por professores de ciências e

física na sala de aula. Berçoit e Prestes (2016) usaram a abordagem discutida por Allchin (2011, 2013) para construção de uma narrativa histórica com fins didáticos sobre Abraham Trembley (1710-1784) e suas contribuições para as reflexões sobre a classificação dos seres vivos. Forato, Pietrocola e Martins (2011) trouxeram importantes reflexões sobre os desafios de empregar a história e a filosofia da ciência na educação científica, pontuando a necessidade de "buscar estratégias factíveis para subsidiar o trabalho dos professores" (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 54), como a materialização de textos e atividades didáticas que possam ser aplicados na sala de aula.

Além disso, considerando a existência de práticas epistêmicas na ciência, que compreendem "ações socialmente organizadas e interativamente realizadas com os membros de um grupo que propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento" (KELLY; LICONA, 2018), fundamentamos a ideia de que na perspectiva de um caso histórico é possível, ainda, explorar essas práticas por diferentes estratégias didáticas. Isso ocorre por meio do desenvolvimento de habilidades associadas à proposição de questões e investigações, à comunicação, à avaliação e à legitimação do conhecimento. Sob uma abordagem investigativa, estamos requerendo que estudantes sejam sujeitos ativos dentro de suas jornadas individuais e coletivas de aprendizagem, o que se dá pela promoção de situações para que pensem de forma criativa. Sobre isso e considerando a perspectiva do uso de narrativas históricas para a aprendizagem de ciências, Allchin (p. 42, 2014) pontua que "a história se desenvolve a partir da perspectiva da ciência em formação e, nesse aspecto, a história tem grande afinidade com uma aprendizagem pautada na investigação" (tradução nossa).

Considerando, ainda, a visão atual de que o ensino e a aprendizagem adequados de NdC precisam ir além da contextualização histórica e promover, sobretudo, reflexões explícitas sobre os aspectos de NdC (BELL et al., 2011; RUDGE; HOWE, 2009), ao longo da narrativa histórica há 13 "questões para pensar" (adaptação das Think questions, conforme proposto por Allchin, 2013). Essas questões marcam pontos de parada considerados importantes para o levantamento de hipóteses, a discussão

3.

A expressão "conhecimento local" é trazida aqui no sentido de um conhecimento não sistematizado de uma determinada região, que pertence a alguns indivíduos, mas não é, necessariamente, cultural. Destacamos que há uma diferença entre tal expressão (usada por nós de forma mais livre) e expressões mais consagradas, como "conhecimento de comunidades tradicionais" ou "conhecimento nativo" ou "indígena". Segundo autores como Ogawa (1995), Waren et al. (1995) e George (1992, 1999), o "conhecimento nativo" está atrelado a uma percepção racional de uma dada comunidade e depende de uma cultura, sendo que esse conhecimento é diferente daquele gerado em centros de produção de conhecimento formais, como universidades. Em alguns pontos-chave da narrativa histórica apresentada ficará claro que, durante seus trabalhos em Lassance/MG, Carlos Chagas contou com a contribuição da população local, que o informou que era comum a presença de um tipo particular de inseto nas moradias de pau a pique da região. Entretanto, segundo os registros históricos que embasaram a construção da narrativa, a informação não deriva de um conhecimento nativo da forma que é apresentado pelos autores citados, eis o motivo de fazermos tal diferenciação.

4.

A ideia de serendipidade na ciência está associada a descobertas inesperadas, ao acaso, sobretudo quando não são o foco de uma investigação. O conceito tem registros históricos no conto italiano de Michele Tramezzino, publicado em Veneza em 1557 sob o título *Peregrinaggio di tre giovani figliuoli del re di Serendippo*, e posteriormente em língua inglesa por Horace Walpole (1754). No conto, baseado na vida de um rei persa, três príncipes fizeram descobertas inesperadas quando não buscavam seus resultados. É válido ponderar que o conceito é permeado pela ideia de que os seus autores possuem considerável sagacidade e capacidade de observação e análise para interpretar os eventos que confrontam. Na história da ciência, Alexander Fleming, Galvani

e a comunicação, possibilitando engajamento e aprofundamentos. Rudge e Howe (2009) e Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009), afirmam que nessas pausas é possível promover reflexões explícitas e reflexivas sobre a NdC, motivadas pela proposição de soluções aos problemas apresentados. As "questões para pensar" (ALLCHIN, 2013) são abertas e permitem diferentes possibilidades de resposta, estimulando a criatividade e favorecendo a participação dos estudantes e, em contrapartida, demandando habilidade do professor mediador para escutar, considerar e dar continuidade à narrativa. As questões desempenham um papel central dentro de uma perspectiva ativa de ensino e de aprendizagem (GIL-PÉREZ et al., 2002). Assim, por meio das questões presentes na narrativa é possível repensar questões e visões históricas e explorar conceitos científicos que permeiam a narrativa, permitindo explorar aspectos de NdC de forma contextualizada favorecendo a metacognição.

Dentre os aspectos de NdC incluídos na narrativa histórica, aqui desenvolvida e apresentada, que podem ser explorados durante a aplicação em sala de aula, destacam-se: (i) o papel de fatores econômicos e políticos no trabalho de cientistas; (ii) o papel de motivações e habilidades pessoais; (iii) o papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente; (iv) o papel do conhecimento local³ em contraposição com a investigação sistemática; (v) o papel do acaso ou da serendipidade⁴ no trabalho científico; (vi) o papel da interação entre cientistas para validar um conhecimento em contraposição com conflitos de personalidade; (vii) o papel da complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo; (viii) a lacuna entre o conhecimento médico/científico e as ações de saúde pública; (ix) a importância de ter acesso às informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico vigente; e (x) o papel da resiliência/persistência na investigação científica. Para García-Carmona e Acevedo-Díaz (2018), as poucas propostas didáticas que visam explorar aspectos de NdC costumam explorar apenas aspectos epistêmicos. A presente narrativa histórica, entretanto, vem ajudar a preencher essa lacuna, trazendo fatores como o papel da influência e do contexto político, histórico, econômico e social na/da ciência, por exemplo.

e Tesla, por exemplo, fizeram contribuições em suas áreas que podem ser consideradas frutos da serendipidade. Mais informações sobre a ideia de serendipidade podem ser encontradas em: (a) BOSENMAN, MF. Serendipity and Scientific Discovery. *The Journal of Creative Behavior*. 1988, v(22) n(2):132-138. (b) Serendipidade: acaso feliz. Disponível em: <http://saberciencia.tecnico.ulisboa.pt/artigos/serendipidade.php> Acesso em: 3 dez 18. (c) ANDRÉ P, SCHRAEFEL MC, TEEVAN J, DUMAIS ST. Discovery is never by chance. *Proceeding of the Seventh ACM Conference on Creativity and Cognition*. 2008.

Quanto aos objetos de aprendizagem, a narrativa histórica permite trabalhar conteúdos conceituais como: (i) o que são protozoários (explorando seus ciclos de vida, classificação e outros aspectos); (ii) a capacidade dos protozoários em provocar doenças, com destaque para a malária e a doença de Chagas; (iii) características de doenças endêmicas e infecciosas; (iv) diferenças entre vetores e agentes causadores de doenças; (v) caracterização do parasitismo; (vi) diferenças entre hospedeiros intermediários e definitivos; e (viii) características gerais de insetos (como percevejos e mosquitos) e suas estratégias ecológicas. A indicação dos pontos da narrativa em que esses conteúdos conceituais biológicos são mobilizados pode ser consultada no material complementar deste artigo.

Ao contemplar aspectos de NdC, conceitos biológicos (portanto científicos) e algumas implicações e aplicações desses conhecimentos, a narrativa histórica permite fomentar ambientes de ensino e aprendizagem que contemplam os diferentes eixos da alfabetização científica, conforme organizado na revisão de Sasseron e Carvalho (2011). Dessa forma, entendemos que a narrativa histórica poderá contribuir para o desenvolvimento da capacidade de organizar logicamente novas ideias, bem como construir uma consciência mais crítica dos temas abordados, permitindo estabelecer novas conexões com o mundo que cerca os estudantes. Mais informações sobre conteúdos e objetivos de aprendizagem, bem como sobre os aspectos de NdC, podem ser encontrados no material complementar deste artigo.

Construção e validação da narrativa histórica

A narrativa histórica foi construída com base nas orientações fornecidas por Douglas Allchin, durante uma disciplina de ensino de NdC, oferecida no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, em 2015. Alguns dos pressupostos de criação e condução de narrativas históricas com fins didáticos, bem como sobre o uso da história da ciência no ensino, apresentados por Allchin são também apresentados por Stinner et al. (2003). Assim, os princípios que embasam tal perspectiva podem ser consultados em Stinner et al. (2003) e Allchin

(2013; 2012). A narrativa histórica procura fornecer situações e informações para que estudantes reflitam sobre problemas historicamente significativos, com dados originais e considerando o contexto econômico e social da época apresentada (início do século XX). Para não antecipar as soluções encontradas, adotou-se o recurso de suprimir o sobrenome do pesquisador protagonista da narrativa, que foi, então, referido apenas pelo primeiro nome, Carlos.

O produto apresentado na próxima seção é resultado de leituras críticas de pares e de releituras críticas dos autores com base em oito aplicações (Quadro 1) que forneceram elementos para que a narrativa histórica fosse ajustada continuamente. A narrativa foi utilizada em diferentes contextos educacionais, num esforço de torná-la mais clara e coerente para estudantes e professores do ensino médio, sobretudo devido à sua abordagem ainda pouco comum em aulas de ciências. As aplicações apoiaram-se no uso de materiais impressos para estudantes (com as *Questões para pensar* e os quadros e as tabelas usados ao longo da narrativa histórica, apresentados mais adiante) e na apresentação de imagens (disponíveis no material complementar) e esquemas projetados com uso de data show. Como processo de validação, a narrativa histórica original foi reelaborada após cada aplicação, consolidando um processo de reflexão e de avaliações consecutivas visando o seu aprimoramento. Tal processo é indicado na estruturação e criação de sequências didáticas (MÉHEUT; PSILLOS, 2004), que podem ser entendidas como um conjunto de atividades organizadas e articuladas em torno de um problema central e que possuem uma sistematização (GIORDAN, GUIMARÃES; MASSI, 2012). A presente narrativa histórica pode ser classificada como uma sequência didática e sua validação implicou no aprimoramento deste instrumento de ensino, partindo-se do pressuposto de que ele é capaz de auxiliar a alcançar determinados objetivos de ensino e de aprendizagem.

Quadro 1. Contextos das aplicações para validação da narrativa histórica "A doença dos trabalhadores da estrada de ferro"

Público alvo	Faixa etária estimada	Nº de estudantes	Época da aplicação
Estudantes de EJA de um cursinho comunitário	23 a 58 anos	14	Outubro de 2016
Estudantes do 1º EM de uma escola particular do interior de São Paulo	14 a 16 anos	26	Novembro de 2016
Estudantes do 1º EM de uma escola particular de São Paulo	14 a 16 anos	29	Junho de 2017
Estudantes do 1º EM de uma escola particular de São Paulo (recém advindos da escola pública)	14 a 16 anos	25	Dezembro de 2016
Estudantes do 1º EM de uma escola particular de São Paulo	14 a 16 anos	20	Dezembro de 2017
Estudantes do 2º semestre de Licenciatura em Ciências da Natureza de uma universidade particular	17 a 41	22	Setembro de 2017
Professores de ciências e biologia em formação continuada, em um curso de extensão ministrado durante a USP Escola	26 a 54	23	Janeiro de 2017
Pós-graduandos em uma disciplina sobre Ensino de Ciências por Investigação e Natureza da Ciência, oferecida pela Universidade de São Paulo	25 a 40	9	Novembro de 2018

Considerações para a aplicação da narrativa histórica

Algumas das imagens que apoiam a aplicação da narrativa histórica podem ser acessadas e baixadas para o uso em sala de aula no material complementar deste artigo. No mesmo material também disponibilizamos comentários de apoio ao professor sobre cada uma das 13 "questões para pensar". A narrativa apresentada não deve ser entregue aos estudantes, mas compor a fala do professor, que deverá assumir uma postura de narrador dessa história, apoiando-se nas imagens históricas (que podem ser projetadas durante a aula) e nos comentários apresentados no material complementar. Para tanto, indicamos a leitura prévia da narrativa e dos materiais complementares na íntegra, a fim de permitir uma familiarização com a história e aprimorar as aulas com outros recursos que achar interessantes (como músicas e produtos da época ou trechos de filmes, por exemplo). Obviamente, a narrativa não precisa ser memorizada e o professor pode apoiar-se no texto, sempre que achar necessário.

As *Questões para pensar* marcam pontos de parada. Logo, o professor deve fornecer um tempo para que os estudantes debruçam-se nas reflexões propostas. A decisão sobre quanto tempo será destinado para cada parada cabe ao professor. É importante, porém, pedir para que a turma explicithe suas ideias durante a discussão das questões para só depois prosseguir com a narrativa. Para ajudar nessa dinâmica, o material complementar traz um esquema visual da narrativa, a ser usado como um mapa geral antes e durante a aplicação. Os quadros, as tabelas e as "questões para pensar" podem ser projetados ou entregues para pequenos grupos de estudantes na forma impressa, conforme a narrativa vai sendo contada pelo professor e seguindo os pontos indicados, com o cuidado de evitar antecipações (*ou spoilers*).

As aplicações realizadas por nós indicaram que a narrativa pode ser explorada em um tempo de 4 a 5 aulas (de 50 minutos a 1 hora), a depender da participação e engajamento da turma. Apesar dessas considerações, e de outras que trazemos com mais detalhes no material complementar, destacamos que, por ser esse um material instrucional, outras adaptações devem ser feitas a depender do contexto de ensino e aprendizagem em que ele será utilizado.

5. Trazemos uma possibilidade de divisão da narrativa em pequenos capítulos, a fim de servir como um guia auxiliar para a aplicação. Os títulos dos cinco capítulos não precisam ser lidos para a turma, inclusive porque eles contêm spoilers. Assim como o restante do material, fazemos a ressalva de que os pontos sugeridos de cortes da narrativa podem e devem ser adaptados ao contexto escolar.

Por fim, ponderamos que, por apresentarmos, na próxima seção, um material para ser aplicado em sala de aula, foi usada uma linguagem mais solta e sem citações (diferenciando-se do que seria esperado de um trabalho acadêmico). A seção de referências bibliográficas apresenta as fontes primárias e secundárias que foram consultadas para a elaboração do texto da narrativa histórica.

A narrativa histórica: A doença dos trabalhadores da estrada de ferro

Prólogo⁵

Estamos logo após a virada do século XX e a economia brasileira está crescendo. Rodrigues Alves foi eleito presidente em 1902, com um programa de renovação que visava à ascensão do Brasil (Figuras 1 e 2). Os investimentos em modernização levaram à construção de uma capital nos moldes da *Belle Époque* (Figuras 3 e 4). As construções de estradas de ferro estavam a todo vapor, compondo o projeto de promover uma expansão territorial e econômica do Brasil interior a dentro (Figuras 5 e 6). Os investimentos em modernização abrangeram o chamado Movimento Sanitarista da Primeira República, que foi um marco no processo de construção do Estado-Nação brasileiro, que culminou na Revolta da Vacina (Figuras 7 a 9).

A extração de látex e o número de fazendas estavam aumentando e as ferrovias estavam sendo construídas para unir o interior do país aos portos para exportação. Mas, as condições dos trabalhadores estava longe de ser a ideal (Figuras 10 a 12). Em 1907, construía-se o prolongamento da Estrada de Ferro Central do Brasil. Porém, o ambicioso projeto, quando estava no centro-norte de Minas Gerais, próximo da cidade de Lassance, teve que ser interrompido (Figuras 13 e 14). O engenheiro-chefe da obra, Cornélio Homem Cantarino Motta (1869-1959), deparou-se com inúmeras dificuldades, devido a casos de malária que estavam devastando a saúde dos operários. E esta não foi a primeira vez que os trabalhadores adoeceram devido à expansão econômica. Alguns anos antes os trabalhadores que construíam a usina hidroelétrica de Itatinga (Bertioga, São Paulo) haviam sido infectados por malária (Figura 15).

6. Curvelo e Contria são dois municípios de Minas Gerais, distantes entre si em cerca de 67 km.

7. Pirapora é um município de Minas Gerais.

8. Aarão Leal de Carvalho Reis (1853-1936) foi um engenheiro urbanista e professor universitário, formado na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, que teve importante papel técnico e político em várias obras expansionistas do período, incluindo a construção de Belo Horizonte (GOMES; LIMA, 1999).

Vamos observar o que diz a carta de um leitor não identificado e publicada no jornal *Correio da Manhã* (trecho editado para leitura em aula) (Figura 16):

Defensor como sois do digno pessoal da Estrada de Ferro Central do Brasil, (...) rogo que mostrais os sofrimentos atrozes por que devem passar os dignos empregados que são escalados para ter exercício de Curvelo a Contria⁶. Não podeis calcular! É um horror, uma verdadeira calamidade! Quem vos escreve estas linhas já pertenceu por muitos anos a esta agremiação de bravos servidores do Estado, estes fiéis executores do dever. (...) fiquei horrorizado com o que observei de Pirapora⁷ a Curvelo e desisti, como desisto, de não mais cruzar os meus pés por aquelas paragens, por onde, creio, como se diz vulgarmente, Nosso Senhor Jesus Cristo não passou, nem ao menos de longe. A vida para o empregado da estrada é um martírio, um sofrimento horróroso, onde falta tudo, os primeiros gêneros de necessidade! (...) A alguns quilômetros distante de Contria, constrói-se, atualmente, uma ponte sobre o rio Bicudo, mas a estrada já vai lutando com sérias dificuldades para arranjar pessoal que queira trabalhar no sertão, pois é sabido que as febres têm devastado muita gente! (...) Para estas vítimas do dever, como já foi em tempos idos, o signatário destas despreziosas linhas, eu vos peço, ilustre redator, os vossos valiosos ofícios junto ao eminente diretor da estrada, dr. Aarão Reis⁸, para que sua senhoria, estudando a questão, promova as providências que o caso exige, dando aos seus subordinados meios de suportar com verdadeira abnegação os deveres que lhes são inerentes nos espinhosos cargos que exercem naquelas regiões sertanejas, verdadeiros cemitérios da vida. Fiado pois, na benevolência que sempre destes mostra, em prol dos empregados da Central do Brasil e como um dos seus veteranos servidores, espero e conto com a vossa gentileza, dando publicidade a esta missiva, filha tão somente da justiça e do direito. (DE PAULA, 2015).

Respondendo aos apelos de Cornélio Homem Cantarino Motta (engenheiro chefe da construção do prolongamento da Estrada de Ferro Central do Brasil), e talvez influenciado pela carta anônima, o Instituto Manguinhos (localizado no Rio de Janeiro/RJ) foi contatado (Figuras

9. Medicamento naturalmente amargo, extraído da árvore quinina (*Cinchona officinalis*). Possui funções analgésicas, antitérmicas e antimaláricas (BOULOS et al. 1997), podendo ser usado para arritmias cardíacas.

17 e 18) e o diretor dele, Oswaldo Cruz (1872-1917), envia para Lassance (Figura 19) os médicos Belisário Penna (1868-1939) e Carlos (Figura 20). Enviar Carlos para a região foi uma escolha natural, já que Carlos tinha recebido seu diploma em medicina em 1903, com um trabalho final de curso sobre a malária e, em 1905, havia iniciado suas pesquisas sobre a malária e como evitá-la (Figuras 21 e 22). Ele encontrou novas maneiras pelas quais a doença podia ser transmitida, incluindo novos vetores. Essas pesquisas geraram vários artigos científicos publicados em revistas especializadas da época. Oswaldo Cruz o selecionara mais cedo para lidar com o problema emergente em Itatinga/SP, o que viera a tornar-se a primeira campanha contra a malária no Brasil. Agora, Carlos teria a oportunidade de aplicar sua experiência na região de Lassance (Figura 23). Carlos era um especialista em Malária e por isso conhecia bem o ciclo de vida do causador da doença (Figura 24).

Os médicos estabeleceram suas atividades num vagão de trem que se movia ao longo da rodovia e servia de consultório, laboratório e residência (Figuras 25 a 27). Nesse período, Carlos e Belisário encontraram a maior parte dos trabalhadores infectados, muitos deles com sintomas graves.

A campanha contra a malária consistia, principalmente, em dar quinina⁹ para as pessoas para prevenir e tratar a doença (Figura 28). Além disso, os trabalhadores eram protegidos contra o mosquito transmissor da malária utilizando telas nas portas e janelas e mosquiteiros nas camas. Carlos defendia que o combate ao vetor deveria ser feito não apenas pela destruição das larvas na água parada (como era mais usual na época), mas, também, pelo ataque ao inseto em sua forma alada, no interior das habitações, usando produtos inseticidas (Figuras 29 a 31).

Capítulo 1. Uma nova doença

[Questões para pensar 1] Por que Carlos e Belisário foram enviados para Lassance? O que motivou o envio de uma equipe médica para lá? Considerando os sintomas da população de Lassance, apresentados no Quadro 2, pode-se dizer que eles são uma variação local da malária ou são uma outra doença? Que critérios Carlos poderia usar para decidir se essa é a mesma doença ou se é uma doença diferente? Como ele poderia ter certeza?

Quadro 2. Sintomas encontrados na população doente de Lassance/MG

Sintomas conhecidos da malária

1. picada simples: mosquito *Anopheles sp.*, sintomas surgem após 8 a 25 dias
2. febre alta, calafrios intensos que se alternam com ondas de calor e sudorese abundante (estes sintomas aparecem e desaparecem a cada 2 ou 3 dias)
3. dor de cabeça e no corpo
4. perda de apetite
5. anemia (hemolítica) com pele amarelada (ictírcia) e cansaço
6. aumento do fígado e do baço
7. vômitos
8. encefalite com lesões na retina (branqueamento da retina) (sinal clínico auxiliar para distinguir a malária de outras causas de febre)
9. pode levar à morte

Sintomas observados em Lassance/MG

1. picada: chagoma de inoculação (quando próximo aos olhos chamada de sinal de Romanã, (edema unilateral da órbita ocular) (Figura 32)
2. fase aguda: se houver o desenvolvimento de sintomas durante a fase aguda, eles geralmente desaparecem espontaneamente dentro de 3 a 8 semanas
3. febre baixa (após alguns dias desaparece)
4. dor de cabeça e no corpo (mais fracas)
5. perda de apetite (mais fracas)
6. exantema (manchas vermelhas)
7. aumento do fígado e do baço
8. vômitos
9. meningite e encefalite são complicações graves e raras da doença
10. gânglios aumentados
11. edema (inchaços)
12. dificilmente leva à morte

Carlos acreditava que os sintomas encontrados na população doente de Lassance eram suficientemente diferentes dos da malária e considerou que os doentes de Lassance tinham uma outra doença. Sobre isso, ele escreveu o seguinte:

(...) o que primeiro impressionou nossa atenção foi a existência de um conjunto de sintomas frequentes e uniformes, mais salientes nas crianças, sintomas que, desde logo se impunham a nosso raciocínio clínico como expressivos de entidade mórbida autônoma. (Texto de Carlos, 1909, adaptado para o português atual)

As pessoas acometidas pela possível nova doença apresentavam, na fase crônica e de acordo com Carlos e outros médicos como Miguel Pereira (1871-1918), que atuava no norte de Goiás, sintomas que incluíam desordens neurológicas, cardiológicas e endocrinológicas, com complicações particulares na tireoide (Quadro 3).

Quadro 3. Sintomas crônicos apresentados pelas pessoas portadoras da possível nova doença

Sintomas crônicos da possível nova doença

1. constipação intestinal (a doença de Carlos destrói os nervos que controlam esôfago e intestino grosso, causando dilatação e perda de peristaltismo)
2. refluxo gástrico (mesmo mecanismo)
3. dilatação cardíaca
4. insuficiência cardíaca
5. edema
6. fraqueza/cansaço
7. falta de ar
8. pulso lento
9. morte súbita por arritmia

10.

A palavra "prático" é trazida aqui sem qualquer conotação pejorativa. Também não estamos usando-a no sentido epistemológico, mas sobretudo para ajudar a fomentar a discussão sobre quais as características que diferem o conhecimento científico dos demais tipos de conhecimento.

[Questões para pensar 2] Quais informações você considera necessárias para caracterizar os sintomas (sintetizados no Quadro 3) como uma nova doença? Apenas os sintomas seriam suficientes para um diagnóstico seguro? Por quê? Com base nas suas respostas, qual seria o papel de comparar uma possível doença nova com outras doenças descritas anteriormente?

Capítulo 2. De insetos e homens

Foi durante uma viagem a Pirapora/MG, em um acampamento de engenheiros encarregados do estudo da linha da estrada de ferro, que, num final de tarde, o engenheiro Cornélio (Figuras 33 a 35), que vivia na região desde 1902 e já estava mais familiarizado com ela, contou para Carlos que havia um percevejo hematófago silvestre que picava o rosto das pessoas. O engenheiro, inclusive, relatou que havia uma certa coincidência entre as pessoas doentes e a presença do percevejo nas casas. Até então, Carlos ainda não tinha ouvido sobre o inseto, nem visto exemplares dele.

Em uma entrevista para a revista Singra, em 1954, Cornélio disse que estavam ele, outros engenheiros, Carlos, Belisário Penna e outro médico, quando assim disse para Carlos: "Já que os senhores estão aqui, por que não estudam um inseto que o povo diz sugar sangue do rosto das pessoas e que talvez seja a causa de muitas moléstias da gente dessa região?". Relata, ainda, o engenheiro que: "Passado um tempo, todos continuaram a palear animadamente sobre outros assuntos, mas Carlos calou-se e ficou pensativo".

[Questões para pensar 3] Se você quisesse verificar se a informação de Cornélio é verdadeira, o que faria? Você acha que o conhecimento local e prático¹⁰ é diferente do conhecimento científico? Por quê?

Carlos decidiu ir em busca do tal percevejo e, em uma campanha junto com Belisário a Pirapora/MG, coletou diversos exemplares do inseto. Ele ocupou-se de observações detalhadas sobre o hábito do percevejo (Figura 36), pertencente à família *Reduviidae* e à subfamília *Triatominae* de insetos hematófagos. Em seus registros,

ele escreveu: "o inseto pica à noite, esconde-se em frestas, é abundante em casas não rebocadas e cobertas de capim onde se reproduz livremente, não gosta de luz e, na ausência do homem nas habitações, ele desaparece".

Assim, com as observações que fez sobre os hábitos do percevejo, Carlos acreditava que o inseto não fosse silvestre como muitas pessoas na região afirmavam, mas vivia nas precárias casas dos moradores da região (Figura 37 a 39). Ao dedicar-se ao estudo de doenças tropicais, Carlos sabia que os insetos também podem atuar na transmissão de patologias. Em 1881, o cubano Carlos Juan Finlay (1833–1915) havia identificado o mosquito transmissor da febre amarela (Figura 40). A própria malária, doença estudada detalhadamente por Carlos no final da sua graduação, também é transmitida por um inseto.

[Questões para pensar 4] É possível verificar a relação da doença que Carlos foi investigar com o inseto que Cornélio mostrou? Como você faria isso?

Capítulo 3. Protozoários e doenças

Sabendo da possibilidade de transmissão de doenças por insetos, ele achou que o percevejo pudesse estar relacionado ao contágio da doença desconhecida de Lassance (Figuras 41 e 42). Por isso, decidiu inspecionar o intestino do inseto, na tentativa de encontrar alguma evidência que confirmasse sua suspeita. Ao investigar vários exemplares, Carlos encontrou espécimes de protozoários flagelados, que foram classificados como pertencentes ao gênero *Trypanosoma*. Entretanto, ele não soube dizer a qual espécie os protozoários pertenciam (Figuras 43 e 44).

Apesar de ter se formado em medicina, Carlos tinha o hábito de extrapolar o seu olhar para fatores externos às doenças, ocupando-se, também, de observações sobre o ambiente em que as pessoas viviam. Seus interesses em entomologia e em protozooses levaram-no a examinar diferentes exemplares da fauna de Lassance. Na época em que ele soube sobre o percevejo de Cornélio, ele também identificou um tripanossomídeo no sangue de saguis *Callitrix penicillatae* (Figura 45), mas, observou que o protozoário não causava doença no sagui. Carlos não sabia, porém, se as formas encontradas no intestino do

11.

A febre amarela é causada por um vírus e pode ser transmitida por fêmeas de mosquitos dos gêneros *Haemagogus*, *Sabethes* e *Aedes* (FRANCO, 1969).

12.

A filariose é causada por nematoides de diferentes espécies, como *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi*, *Brugia timori* e outros. A transmissão ocorre por insetos hematófagos, principalmente pelos mosquitos do gênero *Culex* (popularmente conhecidos como pernilongos e muriçocas), mas também por *Aedes*, *Anopheles* e outros (BRASIL, 2009).

percevejo e no sangue do *C. penicillata* (Figura 46) eram da mesma espécie de *Trypanosoma* ou não. Ele imaginou que as variantes presentes no percevejo pudessem ser tanto formas naturais não patogênicas como também um estágio do tripanossomídeo encontrado no sagui.

[Questões para pensar 5] Como Carlos poderia saber se as formas encontradas no percevejo e no sagui eram ou não variações do mesmo protozoário? O protozoário encontrado no estômago do percevejo é o mesmo que foi encontrado no sangue do sagui? Que tipo de investigações ele poderia conduzir para obter uma resposta segura? Você considera que Carlos possuía meios (como recursos, estrutura, habilidades, conhecimento) para conduzir essas investigações? Qual a importância disso?

Muitas doenças transmitidas por vetores e causadas por protozoários foram descritas no final do século XIX e início do XX. Nesse período, os europeus estavam preocupados em combater as doenças em suas colônias e, em meados de 1899, começaram a surgir as primeiras faculdades de medicina com foco em medicina tropical. Foi um período em que muitas doenças, consideradas de "climas quentes", começaram a ser melhor compreendidas. As ideias do francês Louis Pasteur (1822-1895) e do alemão Robert Koch (1843-1910) (Figuras 46 e 47) sobre a ação dos microrganismos como causadores de doenças começaram a se difundir.

Entre 1881 e 1900, o cubano Finlay identificou um dos mosquitos transmissores da febre amarela¹¹ e o inglês Patrick Manson (1844-1922) (Figura 48), o mosquito transmissor da filariose¹². O polonês Gustav Valentin (1810-1883) (Figura 49), em 1841, foi o primeiro a encontrar tripanossomas (protozoários do gênero *Trypanosoma*) parasitando trutas, o inglês Griffith Evans (1835-1935) (Figura 50) descobriu, em 1880, o *Trypanosoma evansi*, agente da doença fatal que acometia cavalos e camelos conhecida como "surra" (ou mal das cadeiras) e o brasileiro Adolpho Lutz (1855 - 1940) (Figura 51) fez observações sobre tripanossomas no Brasil na década de 1890. Carlos estava atento a essas descobertas e, por esse motivo, ao detectar uma espécie até então desconhecida de tripanossomídeo em um inseto ele foi em busca da doença correspondente, sem se

13.

A peste bubônica é causada pela bactéria *Yersinia pestis* e sua disseminação está atrelada ao contato com pulgas infectadas (BARRETO; CASTRO, 1946; BRASIL, 2008)

preocupar se essa era a doença que estava acometendo a população de Lassance ou não.

A espécie encontrada no organismo do sagui foi descrita por Carlos em 1908 como *Trypanosoma minasense* (Figuras 52 e 53). Como Carlos tinha dúvidas se as formas encontradas no interior do inseto apontado por Cornélio Mota eram ou não variantes de um mesmo *Trypanosoma* e as instalações do laboratório improvisado em Lassance eram precárias, alguns exemplares do inseto foram enviados para análise no Instituto Manguinhos, para Oswaldo Cruz (Figura 54).

O Instituto Manguinhos teve um papel de destaque durante a reforma sanitária no Brasil, tendo contribuído para erradicar as epidemias de peste bubônica¹³ e da febre amarela no Rio de Janeiro. O instituto foi fundado com o objetivo de produzir soros e vacinas, mas, por conta do intenso trabalho de seus pesquisadores, acabou contribuindo para as melhorias da saúde pública brasileira. Durante a época em que Carlos estava em Lassance/MG, o instituto era um dos únicos centros de pesquisa no Brasil, possuindo financiamento, instalações e equipamentos que podiam auxiliar nas investigações de Carlos.

No laboratório do Instituto Manguinhos, Oswaldo colocou os insetos em contato com alguns macacos saudáveis. Após um período de aproximadamente trinta dias, os animais ficaram doentes e foi registrada grande quantidade de protozoários flagelados no sangue deles. Por conta desse resultado, Carlos decidiu ir ao Rio de Janeiro, onde verificou que o protozoário presente no sangue dos saguis não era o *T. minasense*, mas sim uma nova espécie. Para essas observações, Carlos precisou de um trabalho minucioso e acurado para extrair os parasitos do interior dos insetos e criá-los em laboratório, a fim de observar sua morfologia e variação (Figuras 55 a 57). A nova espécie foi chamada de *T. cruzi* em homenagem a Oswaldo Cruz. Após esse período, Carlos publicou, então, em um jornal da Alemanha, a descoberta dos dois novos tripanossomas: o *T. cruzi* e o *T. minasense*.

[Questões para pensar 6] Tendo descartado um dos tripanossomas como patogênico, como você verificaria se a doença do sagui era a mesma que se manifestava na população de Lassance? Qual seria a importância de ter acesso e

estar atualizado sobre o conhecimento científico da época? Você pode mobilizar as discussões que foram feitas para responder às questões anteriores, como por exemplo nas Questões para pensar de número 2.

No Instituto Manguinhos, Carlos começou uma observação minuciosa sobre o ciclo de vida do *T. cruzi*. Partindo dessas análises, e com base nas observações que ele fez em Lassance, Carlos desconfiou que outros hospedeiros vertebrados também poderiam abrigar o protozoário, incluindo a espécie humana.

De volta a Lassance, o cenário que Carlos encontrou estava praticamente inalterado no povoado: o número de trabalhadores e moradores doentes continuava alto e as chances de cura ou de um tratamento eficaz ainda eram remotas. Com os resultados que registrou da evolução da doença nos saguis, ele conseguiu identificar a presença do protozoário no sangue de um gato doméstico, pois agora ele tinha como comparar as formas de vida do protozoário com uma espécie conhecida por ele. Tal fato reforçou sua suspeita de que, talvez, o percevejo de Cornélio Homem Cantarino Motta estivesse relacionado com a transmissão do protozoário e com a doença da região. Assim, Carlos decidiu analisar o sangue dos doentes de Lassance (Figura 27 e 58). Porém, ao analisar gotas de sangue extraídas de alguns moradores com sintomas da doença ele não identificou a presença do protozoário flagelado *T. cruzi*.

[Questões para pensar 7] Com base no resultado negativo das amostras de sangue, o que você faria? Prosseguir com as investigações ou não? Seria mais indicado mudar a estratégia de investigação? Por que você acha isso? Em que momento um pesquisador sabe que deve parar de procurar por uma evidência? Considerando as suas respostas, qual o papel que você atribuiu à persistência (ou resiliência) de pesquisadores para a construção do conhecimento?

Passados quatro dias que Carlos e sua equipe (Figura 59) haviam coletado gotas de sangue de uma criança doente, eles foram chamados novamente pela família dela, pois a criança estava em estado grave. Do exame minucioso, resolveram coletar nova amostra de sangue

14.

No vocabulário biológico, fazer uma inoculação significa introduzir um material biológico (como toxinas, microrganismos, sangue) em um animal ou meio de cultura, com finalidade curativa, preventiva ou de experimentação.

e, dessa vez, registraram a presença de protozoários flagelados no sangue periférico da pequena Berenice, de 2 anos (Figura 60). A avaliação da morfologia dos flagelados confirmou que se tratava de formas de vida do *T. cruzi* (Figura 61).

[Questões para pensar 8] Ter encontrado o protozoário no sangue da criança é o bastante para afirmar com certeza qual é o agente causador da doença? Por quê? O que você acha que poderia ser feito ou investigado a mais? Você considera que o acaso foi importante nesse momento da narrativa? Por quê? Sobre isso, qual papel você acha que o acaso pode ter na construção do conhecimento científico?

Carlos busca novas ocorrências da doença na população local e também evidências do *T. cruzi* no sangue dos doentes. Ele também planeja uma série de experimentos para compreender melhor a evolução da patologia. Entretanto, devido ao seu simplório laboratório no vagão do trem, mais uma vez Carlos recorreu à ajuda de Oswaldo no Instituto Manguinhos para realizar parte das investigações.

[Questões para pensar 9] Considerando as evidências encontradas, que tipo de investigações você acha que Carlos e Oswaldo poderiam conduzir? Como eles poderiam relacionar os protozoários flagelados encontrados no perucejo, no sangue dos doentes e nos demais animais? Sobre essa interação, você acha que o mundo da ciência é cooperativo ou competitivo? Por quê? Qual seria a importância de uma boa interação entre cientistas, apesar das diferenças de personalidades que podem apresentar?

Eles decidem inocular¹⁴ ratos e saguis com o sangue de doentes que apresentavam um quadro grave da doença. Esses experimentos foram realizados por Carlos no Instituto Manguinhos em parceria com Oswaldo. Nesse estágio, eles adotaram uma série de medidas de segurança para evitar erros de interpretação nos resultados, como, por exemplo, o cuidado para que os animais usados nos experimentos ficassem completamente isolados e não fossem picados por insetos hematófagos. Em um dos experimentos, registraram que as cobaias morreram após poucos dias, com o pulmão

contendo grande quantidade de formas de vida do *T. cruzi*. Os saguis que receberam o sangue da mesma amostra apresentaram grande quantidade de flagelados na circulação periférica após cerca de oito dias.

Durante a fase de experimentação, Carlos precisou atender uma criança que apresentava vários sintomas da doença. Embora estivesse com um quadro já avançado, a coleta de gotas de sangue dessa criança não revelou a presença de tripanossomídeos. Como o estado da criança era grave, Carlos decidiu que também inocularia o sangue dela em duas cobaias. Destas, uma morreu precocemente, e a outra apresentou rapidamente sintomas da doença. Em um outro experimento, Carlos também inoculou cobaias com o sangue de uma criança em estado grave. Posteriormente, constatou sinais da doença nos animais e sinais de infecção em alguns deles que perduraram por mais de dois meses.

[Questão para pensar 10] Considerando os experimentos realizados e as outras evidências que Carlos acumulou com o seu trabalho, qual a possível conclusão que ele poderia formular? Para desenvolver a sua resposta, considere a síntese desses experimentos (sintetizadas no Quadro 4).

Quadro 4. Síntese dos experimentos executados por Carlos em meados de 1909

Experimento	Origem do sangue infectado	Animais para inoculação do sangue infectado	Observações após a inoculação	Interpretação dos resultados por Carlos
A	Criança A	2 cobaias e 1 sagui	As cobaias morreram após 6 dias da inoculação. O sagui apresentou tripanossomídeos no pulmão e na circulação periférica após 8 dias.	(+) Cobaias morreram por conta da doença causada pelos protozoários do sangue da criança. O sagui também foi contaminado com a doença.
B	Criança B em estado grave e com muitos sintomas, porém com gota de sangue sem <i>T. cruzi</i> .	2 cobaias	Uma cobaia morreu e outra apresentou tripanossomídeos no pulmão após 9 dias da inoculação, porém não apresentou parasitos no sangue periférico.	(+) Uma das cobaias morreu acidentalmente e a outra estava no estágio inicial da doença desencadeada pelo sangue da criança.
C	Criança C em estado grave e com muitos sintomas, porém com gota de sangue sem <i>T. cruzi</i> .	Cobaias	Após 20 dias, as cobaias apresentaram tripanossomídeos na circulação periférica. Após 2 meses de intensa infecção, algumas cobaias estavam vivas e com infecção intensa.	(+) As cobaias foram contaminadas pelo sangue da criança, mas apresentaram diferentes graus de infecção e resistência.

Capítulo 4. Os louros e as chagas da doença

A junção de várias evidências, como a confirmação da presença dos tripanossomídeos em outros doentes com sintomas semelhantes, os resultados das inoculações e a presença das formas de vida dos tripanossomídeos encontradas no interior dos percevejos, juntamente com os hábitos de vida deles, fizeram com que Carlos conseguisse compreender o ciclo de vida do *T. cruzi* e a doença associada a esse protozoário. Com essas evidências, e pelo trabalho intenso de Carlos, a nova doença foi chamada de doença de Chagas (sobrenome de Carlos), por sugestão do médico Miguel Couto (1865-1934). A descoberta foi considerada notória, pois, pela primeira vez, uma mesma pessoa havia conseguido identificar uma nova doença, seu agente causador (*T. cruzi*) e seu o vetor (o percevejo) (Figuras 62 a 65).

[Questões para pensar 11] Você considera que os resultados sobre a doença de Chagas poderiam ter sido obtidos sem os estudos de campo? E sem os estudos em laboratório? Por quê? Fazendo uma comparação com a malária, sistematize as informações sobre a nova doença.

[Questões para pensar 12] Quão importante foram as investigações de Carlos? Para lhe ajudar, procure pensar no seguinte: Quais tipos de implicações você acha que as investigações dele tiveram para população de Lassance? E para a população brasileira? E para a medicina como um todo? Por quê? Sobre as suas respostas às questões anteriores, você considera que um conhecimento científico tem um impacto imediato em ações de saúde pública? Por quê?

Em decorrência do seu trabalho, e de todos aqueles que o auxiliaram até aquele ponto, ficou clara a necessidade de combater a precariedade sanitária e de infraestrutura das regiões interioranas do Brasil. Com o conhecimento que adquiriu ao longo de suas investigações, Carlos procurou mobilizar ainda mais políticos e médicos para combater enfermidades como a malária e a doença de Chagas. Em 1919, foi criado o Departamento Nacional

de Saúde Pública, no qual Chagas foi o primeiro diretor, evidenciando as relações que começavam a ser construídas entre ciência, saúde e a política brasileira. Entre 1916 e 1920, as políticas públicas brasileiras iniciaram ações intensas que ficaram conhecidas como Movimento Sanitarista da Primeira República, cujo objetivo foi melhorar as condições de saúde das populações rurais e construir um Estado-Nação brasileiro.

A doença de Chagas, descrita num curto espaço de tempo, foi publicada em periódicos científicos internacionais e teve grande repercussão fora do Brasil (Figuras 67 a 75), auxiliando a compreender melhor outras protozooses tropicais e abrindo possibilidades para a implementação de profilaxias mais efetivas para elas (Figuras 76 a 81).

Carlos Chagas foi indicado formalmente duas vezes ao prêmio Nobel e, segundo registros, mais outras duas vezes informalmente. A primeira indicação formal foi solicitada pela comissão do Nobel, em 1911, e era válida para a premiação de 1913. O escolhido, no entanto, foi o médico fisiologista francês Charles Richet (1850 - 1935). A segunda indicação oficial ocorreu em 1920, para a nomeação de 1921, mas Chagas foi novamente ignorado, o que deixou vago o Nobel de Medicina daquele ano. Houve ainda duas indicações informais, mas não há detalhes delas.

Para o bioquímico Walter Colli, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, estudioso da doença de Chagas, não há dúvida quanto ao merecimento. "Tenho a convicção de que ele não ganhou porque o Brasil está na periferia. Teria sido diferente se o mesmo trabalho tivesse sido feito nos Estados Unidos ou na Europa", acredita. (MARCOLIN, 2009).

A pequena cidade de Lassance/MG, que ficou conhecida por abrigar a descoberta de Carlos, ainda permanece uma cidade cuja economia está baseada na agricultura, pecuária e atividades extrativistas. Segundo dados do Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) do Ministério da Saúde, os casos de Malária na região diminuíram nos últimos anos, embora o número de incidência ainda permaneça alto como em outras regiões interiores do Brasil.

15.

Ver nota de rodapé de número 01, sobre a expressão "conhecimento local".

[Questão para pensar 13] Como a "tripla descoberta" de Carlos e os fatores e eventos históricos associados a ela estão relacionados com as formas como as ciências funcionam e os conhecimentos científicos são construídos? Com base nas discussões feitas nas *Questões para pensar* anteriores, analise os aspectos associados à produção do conhecimento listados a seguir e dê exemplos dos momentos da história da "tripla descoberta" em que foi possível refletir sobre eles:

A. O papel dos fatores econômicos e políticos no trabalho de cientistas.

B. O papel das motivações e habilidades pessoais.

C. O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente.

D. O papel do conhecimento local em contraposição com uma investigação sistemática¹⁵.

E. O papel do acaso/serendipidade nas descobertas científicas.

F. A interação entre cientistas para validar uma descoberta em contraposição com conflitos de personalidade.

G. A complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo.

H. A lacuna entre o conhecimento médico/científico e as ações de saúde pública.

I. A importância de ter acesso a informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico da época

J. O papel da resiliência/ persistência na investigação científica

Considerações finais

O principal objetivo da narrativa histórica "A doença dos trabalhadores da estrada de ferro" é explorar aspectos da NdC, mas é possível, também, trabalhar uma série de conteúdos científicos e biológicos, bem como habilidades associadas às práticas epistêmicas da ciência. Para tanto, foram propostos treze conjuntos de perguntas que visam conduzir uma narrativa e abordar alguns aspectos da NdC, além de promoverem reflexões relativas à própria ciência, como seus conceitos, suas técnicas, seus instrumentos e seus métodos. Cabe ao professor apresentar e conduzir a

discussão dos aspectos apresentados em cada parte de modo explícito, para melhor compreensão dos estudantes.

As "questões para pensar" presentes na narrativa marcam pontos de parada considerados importantes para o levantamento de possibilidades de respostas, com a discussão de concepções das e dos estudantes e comunicação de ideias presentes no próprio caso. As perguntas são abertas e permitem diferentes caminhos de respostas (ALLCHIN et al., 2014), o que, por um lado, favorece a participação de estudantes, mas, por outro, demanda habilidades do professor para escutar, considerar, dar novas vozes e dar sequência e continuidade à narrativa. Cabe ao professor, também, decidir se as proposições e discussões serão feitas em grupos ou individualmente e se haverá uma sistematização e/ou tentativa de consenso nos pontos de parada antes de dar continuidade à narrativa. Nessa estrutura, os estudantes são coparticipantes na história, sobretudo porque há um esforço de transformar a narrativa em um caminho que permita à turma refazer parte do que foi investigado por Carlos. A forma e a estrutura das perguntas que trouxemos visam a levar os estudantes a fazerem um exercício metacognitivo de pensar sobre a NdC. Além disso, são colocadas questões para que estabeleçam relações de causa e efeito, argumentem, construam explicações por meio de evidências e formulem explicações com base em dados e informações presentes na narrativa.

Sugerimos que o professor instigue os estudantes a pensarem nas características da ciência mais importantes para a resolução de cada uma das questões ao longo da narrativa. Ao final, é importante que essas características sejam retomadas, conforme proposto, pois isso representa uma oportunidade para explicitar e formalizar certos aspectos de NdC trabalhados, o que poderá impactar positivamente outras situações ao longo da formação dos estudantes.

Considerando a relevância dessa abordagem, por possibilitar o aprender ciências e o aprender sobre ciência, pode-se olhar para a narrativa histórica apresentada aqui à luz de documentos educacionais, como a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) do Ensino Médio (BRASIL, 2017). A BNCC é um documento que estabelece o conjunto de aprendizagens primordiais que todos os

estudantes deveriam desenvolver na Educação Básica. O documento possui um caráter normativo, já que institui diretrizes para a elaboração dos currículos escolares.

Ao olhar para as diretrizes gerais da Educação Básica, encontramos que o ensino de ciências deve "valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo (...) para entender e explicar a realidade, (...) e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva." (BRASIL, 2017, p. 9). Na narrativa histórica "A doença dos trabalhadores da estrada de ferro", ao explorar a descoberta da doença de Chagas, seu vetor e seu agente causador (tripla descoberta de Carlos Chagas), valoriza-se a construção histórica. Complementarmente, ao apresentar a relação entre a precariedade das moradias e a infecção pela doença de Chagas, abre-se espaço para refletir sobre os impactos dessas descobertas para a construção de uma sociedade mais justa e inclusiva.

Outra competência geral da BNCC indica que deve-se "exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (...)." (BRASIL, 2017, p. 9). Durante a narrativa histórica, a curiosidade dos estudantes é estimulada ao longo das questões, não apenas para saber como a história se desenvolve, mas, sobretudo, para saber se o caminho apontado em sala foi igual ou diferente àquele seguido por Carlos Chagas. Da narrativa histórica também emergem abordagens próprias das ciências, como certas habilidades investigativas e argumentativas, dado que a narrativa está centrada em questões que mobilizam consistentemente tais habilidades. Com a promoção de um ambiente que estimula a imersão em um dado contexto histórico permeado por questões de reflexão, os estudantes são convidados a analisar criticamente a situação que é posta, refletindo e usando a imaginação e a criatividade para elaborar hipóteses e criar soluções.

Quando, na narrativa histórica, Cornélio Homem Cantarino Motta (engenheiro chefe durante a construção da ferrovia e morador da região que foi palco da descoberta da doença de Chagas) sugere a Carlos Chagas que

procure e investigue um inseto hematófago (o barbeiro), que poderia estar associado à enfermidade investigada, há uma conexão com outra competência da BNCC, que afirma a necessidade de "Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender (...) relações (...)" (BRASIL, 2017, p. 6).

Ao longo de toda a narrativa histórica, os estudantes são convidados a construir e expressar argumentos, baseados em dados e informações fornecidos durante a narrativa. Ao fomentar um espaço para argumentar, por meio da mediação, pode-se instigar a defesa de pontos de vista, contemplando outra competência geral da BNCC, que afirma a necessidade de "Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns (...)" (BRASIL, 2017, p. 6).

Por fim, o cenário de relativa invisibilidade da doença de Chagas (DIAS et al., 2016) e as estimativas nacionais e internacionais de milhões de pessoas infectadas com ela (WHO, 2012, 2018), colocam o Brasil como ponto de atenção na América Latina e a educação científica de qualidade é uma importante aliada para promoção da saúde. Os conceitos científicos associados à enfermidade são apresentados, construídos e explorados ao longo da narrativa, o que contribui para que o aprendizado se torne mais significativo. No cenário histórico que se constrói, os eixos da alfabetização científica aparecem de forma integrada, permitindo que o professor possa explorar conteúdos científicos, habilidades e aspectos de NdC.

Referências

- ADÚRIZ-BRAVO, A. **Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales.** Buenos Aires: Fondo Cultural Económico, S.A., 2005.
- ALLCHIN, D. The Minnesota Case Study Collection: New historical inquiry cases for nature of science education. **Science & Education.** 2012, v(21):1263-1282.
- ALLCHIN, D. **Teaching the nature of science: perspectives & resources.** Saint Paul, MN: SHiPS Education Press, 2013.
- ALLCHIN, D; ANDERSEN, H; NIELSEN, K. Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating inquiry, historical cases and contemporary cases in classroom practice. **Science Education.** 2014, v(98)n(3):461-486.
- AZEVEDO, NH; SCARPA, DL. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.** 2017, v(17)n(2):579-619.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Ensino Médio. MEC. Brasília, DF, 2017.
- BELL, R; MATKINS, J; GANSNEDER, B. Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching.** 2011, v(48)n(4):413-436.
- Berçot FF, Prestes MEB. Narrativa de história da biologia para a sala de aula: Abraham Trembley (1710-1784) e a criatura que desafiou a classificação. **Boletim de História e Filosofia da Biologia.** 2016, v(10)n(4):7-22.
- CLOUGH M. The Story Behind the Science: Bringing science and scientists to life in post-secondary science education. **Science & Education.** 2011,v(7):701-17.
- DIAS, JCP et al. II Consenso Brasileiro em Doença de Chagas. **Epidemiol. Serv. Saúde.** 2016, v(25)n(esp):7-86.
- DUARTE, M. A história da ciência na prática de professores portugueses: Implicação para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação.** 2004, v(10)n(3):317-331.

- GARCÍA-CARMONA, A; ACEVEDO-DÍAZ, J. The Nature of Scientific Practice and Science Education: Rationale of a Set of Essential Pedagogical Principles. **Science & Education**. 2018, v(27)n(5-6):435-455.
- GEORGE, J. Science Teachers as Innovators using Indigenous Resources. **International Journal of Science Education**. 1992, v(14)n(1):95-109.
- GEORGE, J. World View Analysis of Knowledge in a Rural Village: implications for science education. **Science Education**. 1999, v(83):77-95.
- GIL-PÉREZ, D. Defending constructivism in science education. **Science & Education**. 2002, v(11): 557-571.
- GIORDAN, M; GUIMARÃES, YAFE; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: Tendências no ensino de Ciências. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2012.
- GRYNSZPAN D. **Educação e Promoção da Saúde. Laboratório de Biologia das Interações**. Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz. Disponível em <<http://chagas.fiocruz.br/sessao/educacao/>>. Acesso em: 10 nov 2018.
- HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*. 2014, v(36)n(15):2534-2553.
- KELLY, GJ; LICONA, P. Epistemic practices and science education. In: MATTHEWS, M (ed.). **History, philosophy and science teaching: New research perspectives (139-165)**. Dordrecht: Springer, 2018.
- KLASSEN, S. The Application of Historical Narrative in Science Learning: The Atlantic Cable Story. **Science & Education**. 2007, v(16)n(3-5):335-352.
- KLASSEN, S. The Construction and Analysis of a Science Story: A Proposed Methodology. **Science & Education**. 2009, v(18)n(3-4):401-423.
- MÉHEUT, M; PSILLOS, D. Teaching-Learning sequences: Aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**. 2004, v(26)n(5):515-535.
- METZ, D; KLASSEN, S et al. Building a Foundation for the Use of Historical Narratives. **Science & Education**. 2007, v(16):313-334.

- OGAWA, M. Science Education in a Multi science Perspective. *Science Education*. 1995, v(79)n(5): 583-593.
- RAMOS-JÚNIOR, AN; CARVALHO, DM. Chagas' disease: past, present and future. *Cad Saude Colet*. 2009, v(17)n(4): 787-94.
- RAMOS V. Chagas, doença invisível, população negligenciada. *Médicos Sem Fronteiras*, 19/07/2017. Disponível em <<https://www.msf.org.br/opiniao/chagas-doenca-invisivel-populacao-negligenciada>> Acesso em: 10 nov 2018.
- RUDGE, DW; HOWE EM. An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*. 2009, v(18):561-580.
- STINNER, A; MCMILLAN, BA; METZ, D; JILEK, JM; KLASSEN, S. The renewal of case studies in education. *Science & Education*. 2003, v(12): 617-643.
- SILVA, CC; MOURA, BA. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. *Rev. Bras. Ensino Fís*. 2008, São Paulo, v(30)n(1):1602.1-1602.10.
- VICTORA, CG; BARRETO, ML; CARMO-LEAL, M; MONTEIRO, CA; SCHMIDT MI, PAIM J, et al. Health conditions and health-policy innovations in Brazil: the way forward. *Lancet*. 2011, v(377)n(9782):2042-2053.
- Warren DM, Slikkerveer LJ, Brokensha D. (ed.). **The Cultural Dimension of Development: indigenous knowledge systems**. London: Intermediate Technology Publications, 1995.
- WHO. **Research priorities for Chagas disease, human African trypanosomiasis and leishmaniasis**. WHO: technical report of the TDR Disease Reference Group on Chagas Disease, Human African Trypanosomiasis and Leishmaniasis. Geneva: World Health Organization; 2012. (WHO Technical Report Series, 975).
- WHO. World Health Organization. **Chagas disease (American trypanosomiasis)**. Geneva: World Health Organization; 2018 Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/en/>>. Acesso em: 10 nov 2018.

Referências consultadas para a elaboração da narrativa histórica

- BARETO, JB; CASTRO, A. Aspectos epidemiológicos da peste no Brasil. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro, 1946, v(44)n(3):505-527.
- BOULOS M, DUTRA AP, DISANTI SM, SHIROMA M, AMATO NETO V. Avaliação clínica do quinino para o tratamento de malária por Plasmodium falciparum. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. 1997, v(30)n(3):211-213.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual de vigilância e controle da peste/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_controle_peste.pdf> Acesso em: 10 nov 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de vigilância epidemiológica e eliminação da filariose linfática/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_filariose_linfatica.pdf> Acesso em: 10 nov 2018.
- CHAGAS, C. Nova tripanozomíase humana: estudos sobre a morfologia e o ciclo evolutivo do Schizotrypanum cruzi n. gen., n. sp., agente etiológico de nova entidade morbida do homem. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. 1909, v(1)n(2):159-218.
- COURA, J. The discovery of Chagas disease (1908-1909): great successes and certain misunderstandings and misunderstandings. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. 2013, v(46)n(6):389-390.

- COUTINHO, M; DIAS, JCP. A descoberta da doença de Chagas. **Cadernos de Ciências e Tecnologia**. Brasília, 1999, v(16)n(2):11-51.
- COUTINHO, M; DIAS, JCP. The rise and Fall of Chagas Disease. **Perspectives on Science**. 1999, v(7)n(4):447-485.
- DELAPORTE, F. **A doença de Chagas: História de uma calamidade continental**. Ribeirão Preto: Holos, 2003.
- DEPAULA, E. **O capitão e o barbeiro**. 2015. Disponível em <<https://sumidoiro.wordpress.com/2015/11/01/las-sance-cunha-cantarino-motta-goncalo-tabocas-belisario-penna-malaria-carlos-chagas-trypanosoma-berenice-evaristo-paula-barbeiro-cupao-chupanca-baticum-josaphat-penna-eurico-vilella-milton-carneiro/>> Acesso em: 10 nov 2018.
- FRANCO, O. **História da febre amarela no Brasil**. Ministério da Saúde, Departamento Nacional de Endemias Rurais, Rio de Janeiro. 1969. Disponível em <http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/0110historia_febre.pdf> Acesso em: 10 nov 2018.
- GACHELIN, G; OPINEL, A. The reception reception French physicians physicians of Chagas' discovery of Trypanosoma cruzi and American trypanosomiasis trypanosomiasis (1909-1925). **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):35-56.
- GOMES, MAAF; DELIMA, FJM. Pensamento e prática urbanística em Belo Horizonte, 1895-1961. In: LEME, MCS (coord.). **Urbanismo no Brasil, 1895-1945**. São Paulo: Studio Nobel: FAUUSP/FUPAM, 1999.
- HOCHMAN, G. "O Brasil não é só doença": o programa de saúde pública de Juscelino Kubitschek. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):313-331.
- KROPF, SP. Carlos Chagas e os debates e controvérsias sobre a doença do Brasil (1909-1923). **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):205-227.
- KROPF, SP; MASSARANI, L. **Carlos Chagas, a ciência para combater doenças tropicais**. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/FioCruz, 2009.
- KROPF, SP; SÁ, MR. The discovery of Trypanosoma cruzi and Chagas disease (1908-1909): tropical medicine

- in Brazil. **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):13–34.
- LACERDA, AL. Fotografia e valor documental: o arquivo de Carlos Chagas. **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):115–138.
- LEWINSOHN R. Carlos Chagas and the discovery of Chagas's disease (American trypanosomiasis). **Journal of the Royal Society of Medicine**. 1951, v(74):451–455.
- MARCOLIN, N. Chagas: Há 100 anos o médico brasileiro descobria o ciclo completo da doença que leva seu nome. **Revista Fapesp**. 2009, v(163):56–59. Disponível em <<http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2009/09/chagas.pdf>> Acesso em: 10 nov 2018.
- MELLO, MTVB; PIRES-ALVES, FA. Expedições científicas, fotografia e intenção documental: as viagens do Instituto Oswaldo Cruz (1911–1913). **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):139–179.
- REZENDE, JM. A viagem científica de Neiva e Penna: roteiro para os estudos das doenças do sertão. **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):265–288.
- SÁ, DM. A voz do Brasil: Miguel Pereira e o discurso sobre o "imenso hospital". **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):333–348.
- SÁ, DM. Uma interpretação do Brasil como doença e rotina: a repercussão do relatório médico de Arthur Neiva e Belisário Penna (1917–1935). **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):183–203.
- SOUZA, VS. Arthur Neiva e a 'questão nacional' nos anos 1910 e 1920. **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):249–264.
- ZABALA, JP. Historia de la enfermedad de Chagas en Argentina: evolución conceptual, institucional y política. **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**. 2009, v(16)n(1):57–74.

Data de recebimento: 05/06/2018

Data de aprovação: 23/11/2018

O estudo do caso histórico de Vital Brazil em sala de aula: uma ferramenta para investigar a visão dos alunos sobre os desafios enfrentados durante uma pesquisa científica

The study of the historical case of Vital Brazil in the classroom: a tool to investigate students' views on the challenges faced during a scientific research

Fernanda Pardini Ricci¹
Karen Kellen Silva Teixeira²
Adriano Dias de Oliveira³

1. Educadora autônoma em estudos do meio e projetos de divulgação científica foi supervisora de educação no Núcleo de Difusão do Conhecimento do Instituto Butantan. Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas, é Mestre em Educação.
Contato: fe.pardiniricci@gmail.com

2. Bolsista de iniciação científica no Instituto Butantan e graduanda em Ciências Biológicas.

3. Supervisor de educação em museu do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan; mestre em ensino de ciências e doutorando em Educação.

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de analisar de que modo o estudo de um caso histórico contribuiu para a compreensão que os alunos de ensino médio de uma disciplina de iniciação científica têm sobre possíveis desafios presentes em uma pesquisa. O caso, aplicado, seguindo-se uma metodologia investigativa com pausas para a inserção de questões interpretativas, convida os alunos a acompanharem o percurso de Vital Brazil em sua descoberta sobre a especificidade dos soros antiofídicos. Foram aplicados questionários antes e depois da realização da atividade, sendo analisadas 27 respostas. De modo geral, observamos que os alunos deram grande ênfase para a dificuldade de acesso a elementos materiais necessários para a realização dos experimentos, abordando também a necessidade de repetição dos experimentos, decorrentes dos resultados negativos encontrados. Ambos aspectos apareceram nos dois conjuntos de questionários, no entanto, foram mencionados por mais alunos e de maneira mais detalhada após a aplicação do caso.

Palavras-chave

estudo de caso histórico; natureza da ciência; história da ciência; pré-iniciação científica; ensino de ciências.

Abstract

This work aimed to analyze how the study of a historical case contributed to the understanding that high school students from a scientific initiation class have about possible challenges present in a scientific research. The case, applied as an investigative methodology with pauses for the insertion of interpretative questions, invites the students to follow the course of Vital Brazil in his discovery on the specificity of the antiofidic sera. Questionnaires were applied before and after the activity, 27 responses were analyzed. In general, we observed that the students gave great emphasis to the difficulty of access to the material elements necessary for the development of the experiments, also addressing the need for repetition of the experiments, due to the negative results. Both aspects appeared in the two sets of questionnaires, however, they were mentioned by more students and in a more detailed way after the application of the case.

Keywords

historical case study; nature of science; history of science; pre-scientific initiation; science teaching.

Introdução

As Escolas de Tempo Integral (ETI) do estado de São Paulo não oferecem apenas uma jornada estendida (chegando a 9 horas e 30 minutos por dia), mas também propõe o desenvolvimento de um Projeto de Vida (PV) pelos alunos. O PV deve guiar as escolhas dos alunos na escola, de modo que esses possam desenvolver as habilidades e competências necessárias para seu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Ele deve ser elaborado e constantemente revisado pelo aluno, com orientação de um professor (SÃO PAULO, 2014a).

O desenvolvimento do PV é facilitado por diversos recursos que auxiliam os alunos a organizarem currículos personalizados. Entre eles estão as disciplinas eletivas e a possibilidade do desenvolvimento de um projeto

de pré-iniciação científica. A cada semestre é oferecido um conjunto diferenciado de disciplinas eletivas, preferencialmente com temáticas interdisciplinares, de forma que o aluno possa escolher aquela que é mais interessante para o seu PV e/ou outros interesses pessoais (SÃO PAULO, 2014a).

As disciplinas eletivas, de organização semestral, são propostas e elaboradas por dois ou mais professores de diferentes disciplinas e, preferencialmente, de áreas de conhecimento distintas. Os temas devem ser relevantes, abordados de modo a aprofundar os conteúdos da Base Nacional Comum e definidos considerando os projetos de vida, os focos de interesse dos alunos e as demandas de aprendizagem da escola (SÃO PAULO, 2014a, p. 29).

A proposta do desenvolvimento de projetos de Pré-iniciação científica na escola segue a linha do ensino por investigação e pressupõe que os alunos desenvolvam seus projetos investigativos a partir de questões abertas de seu interesse. Ela tem como base o referencial teórico do letramento científico e entende que, mais do que aprender os conteúdos e a linguagem científica, os alunos devem transpor o conhecimento científico para suas vidas, se aproximando das dimensões práticas e culturais desse tipo de conhecimento (SÃO PAULO, 2014b). Nesse sentido, a elaboração de projetos de pesquisa pelos alunos os aproxima do fazer científico.

A pré-iniciação científica caracteriza-se por ser um processo que acontece na educação básica, similar ao que ocorre na iniciação científica, em que se espera que os estudantes, apoiados pelos conteúdos e pelas vivências escolares, possam produzir os próprios projetos com base em criatividade, inovação, metodologia científica, análise de dados, produção de protótipos e argumentação (SÃO PAULO, 2014b, p. 7).

Os projetos de Pré-iniciação Científica podem ser desenvolvidos em disciplinas específicas ou paralelamente a elas, ficando a critério da escola e dos professores envolvidos. No contexto estudado neste artigo, a ETI acompanhada – uma escola de ensino médio – optou por unir pré-iniciação científica e disciplina eletiva, oferecendo uma disciplina específica para o desenvolvimento de projetos dos alunos.

4. Essa discussão também será abordada nos outros artigos dessa revista, principalmente no do Douglas Allchin.

Em sua proposta original, a disciplina tinha um caráter predominantemente prático, pautado em oficinas e aulas de laboratório que serviriam de subsídios para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa dos alunos. No ano de 2017, foi desenvolvida uma parceria entre a escola em questão e o CENTD na escola, um projeto que integra a área de Difusão e Educação do Centre of Excellence for Research in Target Discovery (CENTD) um centro de excelência em pesquisa formado pela parceria entre o Instituto Butantan, a indústria farmacêutica GlaxoSmithKline (GSK) e a Fapesp. Ele compreende a parte do projeto que busca trabalhar os conteúdos científicos com o público escolar, seja diretamente, inserido na escola, ou indiretamente, por meio de plataformas digitais. Essa parceria trouxe um novo olhar para a disciplina, incorporando estratégias de ensino que fornecem aos alunos uma visão mais ampla sobre a pesquisa científica e as etapas necessárias ao desenvolvimento de um projeto, além de introduzir discussões de diferentes aspectos da Natureza da Ciência (NdC).

Foi nesse contexto que o estudo de caso histórico foi aplicado, sendo essa aplicação nosso objeto de estudo. A história da ciência vem sendo reconhecida como importante ferramenta didática para ensinar ciência e sobre ciência (FORATO, 2009), de modo que o método de estudo de caso possibilita a aproximação do aluno com elementos da NdC por meio de uma abordagem histórica, ao trazer para o aluno o contexto e desafios de uma pesquisa científica real. Além disso, para Machado e Linhares (2013), ponderar sobre pesquisas realizadas no seu próprio país pode ser um interessante caminho para aproximar a ciência dos estudantes. Assim, a aplicação de casos históricos construídos a partir de pesquisas desenvolvidas no país dos alunos apresentam muitas vantagens.

Há diferentes metodologias de aplicação de um estudo de caso em sala de aula (MCCOMAS, 2013). Aqui, tomamos como referência a ideia de uma narrativa, em que a história de uma descoberta científica é contada a partir da perspectiva de um ou mais pesquisadores. Ao longo desta narrativa, são previstas pausas para a inserção de questões interpretativas, que provoquem o engajamento dos alunos, o que segundo Allchin (2013)⁴ seria um importante recurso para fomentar a discussão e a percepção das características da NdC. Do mesmo modo, a escolha do

5. O descritivo completo e atualizado do caso encontra-se no suplemento associado a este número da revista. Entretanto, o material lá publicado apresenta modificações em relação ao que foi utilizado como base para a aplicação na situação investigada neste artigo.

6. Uma das autoras deste trabalho fez parte da equipe do CENTD na escola, acompanhando todo o processo de planejamento e desenvolvimento da disciplina.

caso a ser aplicado reflete diretamente nos elementos de NdC que poderão ser trazidos para a discussão em sala de aula, o que pode ser percebido a partir da leitura dos trabalhos presentes nesta revista. Na situação aqui analisada, o caso histórico foi introduzido com o foco principal de apresentar e discutir exemplos de desafios metodológicos enfrentados em uma pesquisa científica, conforme discutiremos mais adiante.

Objetivo

Analisar de que modo o uso de um caso histórico contribuiu para a compreensão que os alunos de uma disciplina de iniciação científica têm sobre possíveis desafios presentes em um processo de pesquisa científica.

Metodologia

Contexto da pesquisa

Aqui apresentaremos o contexto em que o caso foi aplicado e um breve descritivo do caso⁵.

A eletiva de Iniciação Científica

O estudo de caso histórico investigado neste trabalho foi aplicado em uma disciplina eletiva voltada ao desenvolvimento de projetos de pré-iniciação científica, em uma escola de tempo integral (ETI) de ensino médio. O programa da disciplina, bem como a condução das aulas, foi realizado em parceria com a equipe do CENTD na escola⁶, buscando uma ampliação da visão que os alunos têm sobre a pesquisa científica e as etapas necessárias ao desenvolvimento de um projeto.

Embora as disciplinas eletivas sejam semestrais, a disciplina de Iniciação Científica foi organizada de modo a durar o ano todo, visando dar um tempo maior para que os alunos desenvolvam seu projeto autoral e se apropriem dos demais conteúdos trabalhados. Ela teve uma carga horária de 1 hora e 40 minutos semanais, ocorrendo no mesmo horário que as demais eletivas oferecidas na escola, ocupando dois períodos de duas aulas consecutivas. A seleção dos alunos foi feita pelas professoras

ministrantes, com base no PV e perfil acadêmico dos mesmos, sendo atendidos em torno de 40 alunos por semestre, dos quais cerca de 30 permaneceram na disciplina durante os dois semestres. Entre o grupo havia alunos do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio.

A disciplina foi organizada de tal modo, que o primeiro semestre teve como tema central o desenvolvimento das etapas iniciais de um pré-projeto, começando pela delimitação da pergunta de pesquisa. Os alunos foram deixados livres para definir os temas e número de participantes dos projetos. Foram feitas atividades e discussões, nos pequenos grupos e com a sala toda, em que os alunos tiveram que definir o objetivo de seus projetos e justificar a importância de se realizar essa pesquisa. Também foram apresentadas diferentes formas textuais da ciência e da divulgação científica, auxiliando os alunos a extrair informações e ideias para seus projetos. Ao final do semestre, cada grupo apresentou um pôster com introdução, objetivo e bibliografia consultada durante um evento chamado Culminância.

Já no segundo semestre, foi dado enfoque no desenvolvimento da metodologia de pesquisa. Como os projetos dos alunos versavam sobre diferentes áreas do conhecimento, passando por educação ambiental, engenharia e distúrbios mentais, entre outros, a equipe do CENTD optou por utilizar um exemplo único a ser trabalhado com a sala toda, por meio de um caso histórico, para só depois trabalhar separadamente as possíveis metodologias dos projetos.

O estudo de caso em questão foi aplicado no início do segundo semestre de 2017, ocupando o terceiro e quarto dia de aula da disciplina no semestre, e foi conduzido por uma das pessoas da equipe do CENTD na escola. No primeiro dia de aula foi entregue as devolutivas dos trabalhos (pôsteres) do primeiro semestre dos alunos e feita uma discussão a partir de pôsteres apresentados em congressos de diferentes áreas, sobre possíveis etapas que compõe os projetos de pesquisa. No segundo dia foi apresentada a proposta de trabalho para o semestre, dando-se ênfase para a ideia do desenvolvimento das metodologias de trabalho.

A aplicação do caso se deu na sala em que normalmente ocorre a disciplina, um laboratório com duas

bancadas centrais e uma lateral, todas com bancos soltos, dando a liberdade para os alunos se organizarem em grupos como preferirem. No primeiro dia de aplicação, o caso ocupou as duas aulas (1 hora e 40 minutos). No segundo dia foi utilizada uma única aula, encerrando a atividade.

A situação aqui analisada compreende a primeira aplicação do caso "Vital Brazil e as mordidas de cobra", dando a esse trabalho um caráter exploratório.

O estudo de caso – Vital Brazil e as mordidas de cobra

Embora a história do pesquisador Vital Brazil seja bem representada e retratada dentro do Instituto Butantan – e de certa forma bastante divulgada no país –, a opção em construir um estudo de caso sobre a descoberta da especificidade do soro antiofídico foi uma aposta em recontar essa história dentro de uma metodologia voltada para o ensino de ciências, e, dessa forma, evidenciar outros aspectos de uma pesquisa desenvolvida no início do século XX no Brasil.

O caso em questão foi dividido em seis momentos, em função dos acontecimentos mais marcantes durante o envolvimento de Vital Brazil com a pesquisa sobre os soros antiofídicos. A primeira parte remete ao cenário político e econômico que o país vivenciava, sobretudo no estado de São Paulo, no final do século XIX. Na ocasião, o Brasil estava passando por um processo de modernização nas principais cidades. São Paulo se destacava como grande produtor agrícola, principalmente de café, condição que impulsionava a ampliação das linhas ferroviárias. Ambas as situações exigiam desmatar e ocupar áreas até então pertencentes às florestas nativas, aumentando dessa forma a proximidade das pessoas com as serpentes e, conseqüentemente, os acidentes com serpentes peçonhentas. É nesse contexto que Vital Brazil iniciou seus primeiros trabalhos como clínico geral em Botucatu, após ter finalizado o curso de medicina no Rio de Janeiro.

A segunda parte do caso remete ao início da pesquisa de Vital Brazil em busca de um medicamento efetivo contra envenenamentos ofídicos. Em seus primeiros experimentos, feitos na sua própria residência, ele testou produtos naturais usados pelos curandeiros. Sem obter

sucesso e depois de ler uma publicação de um cientista francês, Albert Calmette, em que era defendida a ideia de um soro universal produzido a partir do veneno de naja, ele percebeu que precisava de mais recursos e resolve se mudar para São Paulo capital, onde consegue emprego como assistente de pesquisa no Instituto Bacteriológico, atual Instituto Adolpho Lutz.

O início da rotina no referido instituto marca a terceira parte do caso. Esse momento é marcado pelos primeiros equipamentos desenvolvidos por Vital Brazil para auxiliar no estudo e manuseio das serpentes, assim como do apoio, mesmo que não financeiro, do seu diretor. A quarta parte destaca os inúmeros experimentos realizados por Vital Brazil, desde estudos exploratórios sobre os efeitos fisiológicos e a composição química dos venenos dos principais grupos de serpentes peçonhentas brasileiras, passando pelo teste do suposto soro universal de Calmette, que não se mostrou eficiente contra os venenos brasileiros, até o clímax do caso, em que os soros produzidos a partir dos venenos de serpentes brasileiras foram testados contra seus próprios venenos, chegando assim ao indicativo da especificidade.

Uma mudança de curso na rotina de Vital Brazil é o foco da quinta parte do caso, funcionando como um anticlímax, já que impede a publicação e aprofundamento das descobertas realizadas. Perto da virada do século, uma epidemia irrompe na cidade de Santos. Como se tratava do principal porto do país, responsável pela maior parte do destino do café ao sair das fazendas, o governo do estado viu um grande risco para a população, e sobretudo para a economia, caso essa epidemia se alastrasse para outras cidades. Vital Brazil foi incumbido de investigar sobre qual doença se tratava e, após tal descoberta, de produzir o medicamento necessário para tratar a população, no caso, o soro antipestoso. A partir desse ponto, as duas pesquisas de Vital se tornam complementares, já que, uma vez criada a infraestrutura necessária para produzir o soro contra peste, a mesma poderia ser utilizada para a pesquisa e produção dos soros antiofídicos.

Por fim, a sexta parte do caso retrata o empenho de Vital Brazil em tornar o acidente ofídico um problema de saúde pública e, dentro disso, como ele encontrou as soluções para conseguir veneno para manter a produção de

soro, educar a população para prevenir os acidentes ofídicos e lidar com a falta de conhecimento dos médicos e população sobre os diferentes tipos de veneno.

É importante destacar que além de criar um estudo de caso da referida pesquisa, foi também destacado quais características da Natureza da Ciência, na perspectiva de Allchin (2013), podem ser evidenciadas ao usar esse caso. Entre elas podemos destacar o contexto cultural da época, o rigor metodológico empregado nos experimentos, a importância dos resultados inesperados, motivações e condições para fazer a pesquisa, a elaboração de hipóteses, assim como sua refutação e explicação, e a necessidade de colaboração para conseguir aprimorar a pesquisa.

Coleta e análise de dados

Para acompanhar as contribuições que o estudo de caso trouxe para os alunos, foi aplicado um mesmo questionário antes e depois do estudo de caso. Esse era composto por um pequeno texto introdutório, situando os alunos em relação à pesquisa de Vital Brazil, seguido por duas perguntas:

A sua escola está localizada em uma avenida que recebe o nome de Vital Brazil. Este foi um cientista brasileiro, que fez importantes descobertas sobre o tratamento de pacientes envenenados por picada de serpentes, iniciando suas pesquisas no final do século dezenove (XIX).

1. Pensando nisso, você sabe dizer qual a importância dos estudos de Vital Brazil para a sociedade brasileira, considerando as melhorias na saúde pública, ou os avanços científicos?

2. Você consegue imaginar quais foram os desafios enfrentados por ele durante o desenvolvimento das suas pesquisas?

A primeira pergunta buscava identificar o quanto os alunos sabiam sobre a pesquisa de Vital Brazil e a importância de suas descobertas. A segunda requeria que o aluno pensasse sobre o processo de desenvolvimento das pesquisas de Vital Brazil para, assim, poder apontar quais desafios ele poderia ter enfrentado. Nesse caso, a intenção era fazer com que os alunos refletissem sobre

questões metodológicas que são fundamentais para a pesquisa científica retratada, o que, em um segundo momento, também poderia ajudar em outras discussões da disciplina. Neste trabalho foram analisadas as respostas da segunda pergunta, pois remete mais diretamente ao processo de formação do conhecimento científico, evidenciando os desafios e dilemas de uma pesquisa.

Para a avaliação das respostas dos alunos, foi adotada a análise de conteúdo proposta por Bardin (1977), que é dividida em três etapas: (1) pré-análise (codificação e categorização); (2) exploração do material; (3) tratamento dos resultados (inferência e interpretação). Foram considerados válidos para análise somente os questionários dos alunos que responderam ao pré e ao pós-teste, totalizando, então, 27 questionários.

Para a avaliação das respostas dos alunos, optou-se por usar as próprias características da Natureza da Ciência, identificadas no caso, como categorias de análise, uma vez que elas por si só remetem aos desafios presentes em uma pesquisa científica, indo ao encontro do objetivo deste trabalho. As categorias de análise estão descritas a seguir:

- 1) contextos cultural (da época e em que o pesquisador estava inserido);
- 2) motivação pessoal para fazer ciência;
- 3) colaboração entre cientistas;
- 4) controle experimental, observação;
- 5) comunicação entre cientistas (acesso a resultados de outras pesquisas);
- 6) evidência e credibilidade de afirmações científicas;
- 7) base material da experimentação;
- 8) papel das hipóteses;
- 9) papel de conceitos e explicações alternativas;
- 10) papel de resultados inesperados ou negativos.

Optamos pelo uso de categorias por entender que seja uma maneira viável de organizar e interpretar as respostas dos alunos. De acordo com Bardin (1977), a categorização permite identificar o que há de comum entre as diferentes respostas obtidas e a partir daí agrupá-las, facilitando dessa forma a análise de seus conteúdos. As categorias podem ser previamente estabelecidas, ou serem

7.

Esse material está sendo utilizado para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso de uma das autoras.

elaboradas conforme os dados vão sendo organizados. No nosso caso, partimos do primeiro modo, uma vez que buscamos identificar as compreensões que os alunos têm sobre o desenvolvimento de uma metodologia de pesquisa com base em um material teórico já estabelecido, no caso elementos da NdC propostos por Allchin (2013).

Foi estabelecido que seria classificada toda e qualquer afirmação das respostas dos alunos que tivessem relação com as categorias pré-definidas. Na perspectiva de Bardin (1997) essas afirmações são consideradas como unidades de significação, em que o que se busca é verificar o sentido e não a forma do conteúdo. Desse modo, em uma mesma resposta podemos encontrar mais de uma unidade de significação, as quais poderiam ser classificadas em diferentes categorias. As unidades de significação que não estivessem alinhadas a nenhuma das categorias pré-estabelecidas, foram identificadas apenas como não enquadradas, sem que fosse criada uma nova categoria para incluí-las.

As respostas dos alunos nos questionários válidos foram analisadas e categorizadas separadamente pelos três autores deste trabalho. Em um segundo momento, os resultados foram comparados e unificados, fazendo assim uma análise integrada. Optamos por esse exercício por acreditar que seja uma maneira de qualificar nossa análise, garantido dessa forma maior credibilidade à metodologia proposta para esse estudo, indo ao encontro do que ressaltam Alves-Mazzotti e Gewandszajder (1998) em relação à importância do "questionamento por pares" para a validação dos instrumentos de coleta e análise de dados.

Para a discussão dos resultados, além da análise dos dados dos questionários, nos apoiamos também em outras informações levantadas durante a aplicação do caso – anotações sobre o andamento da aula e transcrição das gravações do áudio de alguns grupos de alunos⁷ – e ao longo do desenvolvimento da própria disciplina – além da convivência com os alunos, também foram gravadas entrevistas com alguns deles ao final do primeiro semestre, no qual o objetivo era identificar se as expectativas dos alunos em relação à eletiva e ao desenvolvimento dos projetos em grupo foram alcançadas.

Resultados e discussão

Dentre os 27 questionários analisados, identificou-se que 14 respostas do pré-teste não apresentaram conteúdos que remetessem a qualquer uma das categorias estabelecidas. Nas 13 respostas categorizadas, foi possível identificar conteúdos relacionados a quatro categorias da NdC, sendo elas: Base material da experimentação; Papel de resultados inesperados ou negativos, Contexto cultural e Papel das hipóteses, como pode ser visto no Quadro 1. Apenas um único questionário apresentou 2 unidades de significação classificadas em categorias diferentes. Também pode ser identificado no Quadro 1 a frequência das categorias (número de questionários em que apareceu) e exemplos de respostas.

Quadro 1. Categorias da NdC identificadas no pré-teste e suas frequências

Pré-Teste		
Categoria	Exemplo de respostas	Frequência
Base material da experimentação	Aluno 3: Capturar as cobras e conseguir os materiais necessários para a formação do antídoto da toxina.	7
	Aluno 15: Acho que durante a pesquisa ele teve dificuldade para pegar as cobras e muitas vezes foi picado.	
Papel de resultados inesperados ou negativo	Aluno 24: Extrair o veneno da cobra e criar hipóteses para conseguir um processo seguro, equipamentos, meios necessários para atingir o seu objetivo.	3
	Aluno 11: Provavelmente antes de descobrir se suas pesquisas deram certo, houve muitos testes e alguns podem ter dado errado, até ele conseguir acertar.	
	Aluno 8: (...) Sempre tendo que voltar ao ponto inicial até os resultados esperados aparecerem (atraso na pesquisa).	
Contexto cultural	Aluno 22: Penso que foi algo de muito trabalho, passou por diversas dificuldades e teve que ter muita paciência para as coisas negativas que apareceram durante sua pesquisa.	3
	Aluno 9: Convencer as pessoas para mostrar que não era necessário matar as cobras, e, sim, estudá-las e usá-las para benefício próprio	
	Aluno 20: Creio que muitos, porque trazer uma pesquisa científica para a sociedade não é nada fácil, principalmente quando o assunto é relacionado à saúde das pessoas. Então acredito que ele tenha passado por uma situação complicada.	
Papel das hipóteses	Aluno 21: Convencer as pessoas a estudar as cobras e não as matar.	1
	Aluno 23: Bom... além de hipóteses, ele teria que colocá-las em prática, ou seja, ele colocaria sua vida em risco, com a hipótese de ser picado, a fim de que ele transformasse aquilo em teoria.	
Total de questionários com unidades de significação enquadradas nas categorias		13

A categoria de maior frequência no pré-teste foi a Base material da experimentação, na qual incidiram 7 respostas. Nestas, os alunos consideraram os desafios práticos e a necessidade de aquisição de materiais para a realização dos experimentos de Vital Brazil. Muitos deram destaque para a captura de serpentes e extração de veneno e a dificuldade em conseguir equipamentos laboratoriais, sendo que alguns alunos se referiram à "falta de tecnologia naquela época" como justificativa para as dificuldades que Vital Brazil teve para conseguir realizar sua pesquisa. Nas três respostas consideradas na categoria Papel de resultados inesperados ou negativos, os alunos apresentaram a ideia de que nem sempre Vital Brazil conseguia os resultados esperados em suas pesquisas, tendo a necessidade de realizar novos experimentos ou simplesmente lidar de forma paciente com as situações negativas, como expressa um dos alunos.

Em relação ao Contexto cultural, os alunos falaram sobre a dificuldade de trabalhar junto a população da época, para que as pessoas não matassem as serpentes e entendessem a importância da pesquisa realizada. A última categoria do pré-teste foi o Papel das hipóteses, identificada em apenas uma resposta. Nessa, apesar de apresentar uma compreensão um pouco confusa do termo hipótese, o aluno dá indicativo da existência de uma sequência metodológica que partiria da hipótese, passaria por uma aplicação prática desta, para só então chegar à teoria.

Em relação ao pós-teste, dentre os 27 questionários analisados, apenas quatro respostas não tiveram nenhum trecho classificado nas categorias pré-estabelecidas, totalizando 23 questionários com uma ou mais unidades de significação categorizadas. No entanto, apesar do perceptível aumento de respostas que apresentam elementos de natureza da ciência quando comparado com o questionário anterior à aplicação do caso, não houve um aumento da diversidade de categorias identificadas. Das quatro categorias que apareceram no pré-teste, apenas o Papel das hipóteses não continuou após aplicação do caso, sendo adicionada nessa etapa a Colaboração entre cientistas, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2. Categorias da NdC identificadas no pós-teste e suas frequências

Pré-Teste		
Categoria	Exemplo de respostas	Frequência
Base material da experimentação	Aluno 1: As dificuldades que ele enfrentou foram em sua maior parte caçar outras espécies de cobras que não habitavam sua região, caçar cobras sem ter que matá-las, fazer experimentos pegando o veneno da cobra e sobreviver à peste bubônica.	23
	Aluno 4: Não ter equipamentos suficientes, não ter acesso às cobras Aluno 24: A princípio um dos seus maiores desafios foi obter cobras e o método para extrair o veneno da cobra sem ser mordido por ela. Ele não tinha recursos necessários para obter cobras, extrair o veneno delas e, quando ele comprava cobras, elas vinham machucadas e acabavam morrendo. Além da falta de dinheiro necessário.	
Papel de resultados inesperados ou negativo	Aluno 7: (...) Diversos testes que deram errado.	10
	Aluno 8: muitos dos resultados de suas pesquisas não eram esperados o que fazia com que ele voltasse ao seu ponto de origem e observasse e estudasse de novo o processo realizado	
	Aluno 13: (...) não conseguia fazer um soro universal (...).	
Colaboração entre cientistas	Aluno 26: Precisava de outros cientistas para ajudá-lo.	1
Contexto cultural	Aluno 5: Ele enfrentou desafios (...) até como distribuir o soro e o modo de descobrir quais serpentes seriam as responsáveis pela picada.	2
	Aluno 13: (...) teve que trocar os soros pelas cobras.	
Total de questionários com unidades de significação enquadradas nas categorias		22

A base material de experimentação continuou sendo o aspecto mais citado pelos alunos, encontrada em 22 respostas, ou seja, quase todos os questionários válidos com unidades de significação categorizadas, com o diferencial que nesse segundo momento os alunos exploraram mais os exemplos apresentados e incluíram a falta de recursos financeiros. O número de alunos que mencionaram o fato de muitos experimentos não darem certo também aumentou, passando para 11 respostas identificadas na categoria Papel dos resultados inesperados ou negativos. Embora uma ou outra resposta tenha sido mais elaborada que as do pré-teste, de modo geral não houve um aprofundamento das respostas, apenas a repetição da existência de erros (não atingir o resultado esperado) e necessidade de refazer os experimentos.

No que diz respeito ao Contexto cultural, enquanto no primeiro momento os alunos falaram na dificuldade de convencer as pessoas sobre a importância de fazer a pesquisa, no pós-teste eles falam das dificuldades enfrentadas para entregar o produto produzido para a população, ou seja, o desafio de distribuir o soro e fazer com que as pessoas e médicos identificassem qual serpente foi a responsável pelo acidente. A ideia de Colaboração entre cientistas foi muito superficialmente indicada por um único aluno, que cita a necessidade de outro cientista para ajudar Vital Brazil. A menção de uma ajuda genérica apareceu em outras respostas no pré e pós-teste, mas essa foi a única vez em que foi utilizado o termo cientista para designar o colaborador.

Assim, embora o número de categorias identificadas nas respostas dos alunos não tenha aumentado, o número total de unidades de significação enquadradas nas categorias aumentou. Enquanto no pré-teste elas estiveram presentes em apenas metade das respostas, sendo a maioria dessas com apenas uma categoria por resposta (12 de 13), no pós-teste não só aumentou o número de respostas com unidades categorizadas, como também aumentou o número destas por respostas – dez respostas com duas unidades classificadas e uma com três.

8.

No caso publicado no suplemento essas questões estão numeradas respectivamente como 5A-B e 6.

Para a discussão dos dados coletados consideramos quatro fatores que, do nosso ponto de vista, exerceram influência direta nos resultados obtidos: o estudo de caso escolhido; as escolhas feitas pela pessoa que conduziu o caso; o contexto dos alunos; e o instrumento de avaliação.

Observando os resultados apresentados, podemos dizer que o estudo de caso em questão reforçou nos alunos a ideia de que a dificuldade de conseguir os recursos financeiros e materiais para executar os experimentos, bem como a necessidade de refazer os experimentos por conta de resultados diferentes dos esperados, foram os maiores desafios enfrentados por Vital Brazil em suas pesquisas. Nesse sentido, há uma valorização do experimento em si, mas aparentemente não há uma reflexão mais aprofundada de como esses experimentos e seus resultados dialogam com outros elementos da pesquisa, nem sobre o rigor metodológico necessário para se obter resultados confiáveis.

Olhando para o caso, vemos que ele contém nove questões interpretativas (*Pense*), que devem ser discutidas entre os grupos de alunos e depois apresentadas para a sala toda, além de um *Pense* de revisão, em que os aspectos da NdC deveriam ser retomados. Entretanto, da forma com que o caso foi conduzido, nem todas as questões foram discutidas nos pequenos grupos, sendo algumas discutidas apenas brevemente com a sala toda, e não houve uma exploração muito grande dos aspectos da NdC no *pense* de revisão. Ou seja, o caso não foi explorado em todo seu potencial.

Nesse sentido, é de grande importância que o professor tenha ciência dos aspectos da NdC presentes em cada *Pense*, e saiba como explorá-los ao longo da sua discussão. Isso ajudará a evitar que o caso se resuma apenas a uma contação de fatos históricos científicos. Por exemplo, alguns dos *Pense* não discutidos nos pequenos grupos foram os 6A, 6B e 7^B, justamente quando os alunos são convidados a imaginar os possíveis resultados de um experimento (6A) e quando, depois de saber que, contra a expectativa de Vital Brazil, o experimento teve um resultado negativo, eles deveriam discutir possíveis explicações do porquê o experimento deu diferente do esperado e planejar um novo experimento para testar essas explicações (6B).

Ainda em 1898, Vital conseguiu comprar uma preciosa amostra do soro de naja produzido por Calmette no Instituto Pasteur em Lille, França. Esse foi o soro mais poderoso entre as quatro espécies que o Calmette havia estudado. Vital decide testar o soro contra o veneno da cascavel. Ele injeta uma quantidade conhecida de veneno e do soro de naja nos animais de teste.

PENSE 6A: Quais possíveis resultados você espera a partir desse teste? Quais resultados você acredita que sejam os mais prováveis e por quê?

O efeito certamente não é o que o Vital esperava. O resultado é negativo. Ou seja, o animal que recebeu o soro de naja 12 horas antes da injeção de veneno morreu. Ele morreu ao mesmo tempo em que o animal controle que não havia recebido nenhum soro. O supostamente poderoso soro de naja do Calmette não funcionou.

PENSE 6B: Desenvolva algumas possíveis explicações para esse resultado inesperado. Descreva um experimento que possa ser feito para testar cada uma das explicações, sem a possibilidade de obter mais do soro do Calmette.

É necessário ressaltar que a aplicação do caso foi dividida em dois dias de aula, sendo que no primeiro dia ele foi desenvolvido até um pouco depois do *Pense 7*, com a apresentação dos resultados que apresentavam evidências mais diretas da especificidade do soro – fechando a quarta parte do caso, conforme apresentado na metodologia; e sendo retomado no segundo dia a partir da quinta parte, quando o Vital precisa interromper temporariamente sua pesquisa. Dessa forma, os *Pense* não discutidos foram os do final do primeiro dia.

Relembrando que o estudo de caso segue uma metodologia investigativa, em que o aluno é convidado a se envolver na história por meio de questões abertas que podem levar a desfechos inesperados, logo, o professor pode ter resultados mais efetivos se instigar a curiosidade dos alunos. Assim, em situações em que a atividade seja aplicada em etapas, é fundamental que o momento de quebra da narrativa seja considerado. Se possível, é

melhor que os alunos sejam deixados com uma questão em aberto para a próxima aula, do que com a conclusão de uma ideia. No exemplo citado, uma boa opção seria interromper a aula sem apresentar a sequência da história posterior ao *Pense 6B*.

Assim, acreditamos que, além de explorar com os alunos os aspectos de NdC a partir da discussão das questões, visando estimular a participação deles, é ideal que o professor discuta explicitamente os aspectos de NdC abordados ao final da aplicação. Pois, embora um caso traga diferentes aspectos da NdC, isso não quer dizer que os alunos sejam capazes de reconhecê-los como elementos importantes sem que haja um direcionamento para tal. Em um artigo de classificação de diferentes formas de uso da história da ciência no ensino de ciência, McComas (2013), ao fazer suas considerações gerais, discute o papel do que ele chama de elemento pedagógico, destacando a importância da explicitação por parte do professor daquilo que ele espera que seja aprendido pelos alunos, conforme já defendido por outros autores.

Além do papel do professor na condução do caso, também precisamos discutir a influência das concepções de ciência dos alunos e dos próprios professores, principalmente no que diz respeito ao papel dos experimentos. Pombo e Lambach (2017), ao investigarem as visões de ciência e cientistas de estudantes de EJA, identificaram que os alunos apresentam visões do fazer científico com demasiado caráter experimental, o que revela uma concepção indutivista da ciência, ainda presente em alguns materiais didáticos. O que vai ao encontro da ideia de extrema valorização dos experimentos observada nos alunos participantes do estudo de caso pesquisado. Como já foi dito, além do caso, tivemos contato com os alunos o ano todo e pudemos observar em suas falas e comportamentos uma grande expectativa em relação a realização de experimentos.

A experimentação no ensino de ciências é utilizada historicamente com o intuito de melhorar a aprendizagem do conteúdo científico, mas, mesmo algumas pesquisas evidenciando que tal prática não é, sozinha, a solução para o referido ensino, muitos professores ainda a apontam como sendo um dos caminhos para melhorar a aprendizagem em ciências (GALIAZZI et al., 2001). Estudos

mais recentes, como os de Pereira (2010) e Machado & Pereira (2012), continuam encontrando resultados que indicam essa visão dos professores de ciências. Eles mencionaram que, na maioria das vezes, os experimentos têm a função de comprovar as teorias apresentadas ou enfatizar metodologias, o que denota uma visão empirista e objetiva da ciência por parte desses profissionais.

Entendemos que essa visão de ciência é algo reforçado indiretamente de um nível a outro dentro do processo formal de ensino – dos formadores de professores para os professores, e dos professores para os alunos –, já que muitos professores dos cursos de licenciatura também demonstram essa visão. Costa e Krüger (2003) investigaram as relações que acontecem na sala de aula do Ensino Superior de cursos de licenciatura das disciplinas de ciências naturais e matemática, e um dos resultados que chamou a atenção deles foi a forte visão objetiva da ciência por parte da maioria dos professores. As justificativas se pautavam na necessidade da existência de um rigor com um método que tivesse começo, meio e fim bem definidos, além de se respaldar por uma metodologia que inclui a observação, a elaboração de hipóteses, assim como a repetição de experimentos para a comprovação das hipóteses. O problema não é necessariamente o caminho em si, mas a ideia de uma hipótese fixa que leva a uma visão estreita de resultados certos e errados.

É importante destacar que os alunos que responderam os questionários não apresentaram, obviamente, descritivos similares aos dos professores estudados nos trabalhos mencionados, sobretudo no de Costa e Krüger (2003). Mas a ênfase dada para a repetição de experimentos mencionada por eles, resultantes de experimentos que deram errado, pode ser uma ideia, ainda que rudimentar, de uma tentativa de comprovação de hipóteses e teorias, ou mesmo como algo que represente (relacione) a metodologia de pesquisa científica – entretanto, sem a percepção na construção de uma nova hipótese ou outras hipóteses alternativas.

De modo geral, as questões *Pense* do caso dão ênfase à realização de experimentos, seja por meio dos recursos materiais necessários, da interpretação dos resultados observados, da previsão de possíveis resultados e

do planejamento de novos experimentos. Contudo, outros aspectos da NdC relacionados à base experimental, que poderiam ser destacados pelos alunos, não aparecem em suas respostas, por exemplo, o papel das hipóteses, o que caracteriza uma "limitação" sobre todos os elementos que envolvem o experimento em uma pesquisa científica.

No entanto, para que esses elementos sejam vistos pelos alunos como aspectos significativos da NdC, é necessário um direcionamento por parte do educador. Reginaldo et al. (2012) chamam atenção para esse aspecto. Ao citar Gazola et al. (2011), os autores ressaltam a responsabilidade que o professor tem em estimular os alunos para a construção de hipóteses, mais do que isso, discutir com eles as hipóteses construídas, a fim de que os alunos tenham a dimensão da importância do planejamento e dos registros relacionados à atividade experimental. Reginaldo (2012) ainda destaca o trabalho de Fagundes (2007), ao dizer que o experimento não pode ser encarado como uma estratégia para se chegar a um aprendizado, mas que ele deve ser usado como um meio, ou seja, uma ferramenta que proporcione uma série de discussões junto aos alunos e que, a partir delas, eles cheguem a uma compreensão dos caminhos do desenvolvimento científico.

Por fim, também precisamos ressaltar o instrumento de avaliação aqui utilizado. Ao questionar sobre os desafios enfrentados por Vital Brazil, a pergunta pode direcionar o aluno para os aspectos que ele já considere como mais desafiador ou importante, limitando a inclusão de outros aspectos da NdC que poderiam ser percebidos pelos alunos. Por se tratar de uma disciplina de iniciação científica, que pressupõe o desenvolvimento de projetos por parte dos alunos, é interessante considerar que os alunos também enfrentaram seus próprios desafios. Muitas vezes observamos que os alunos se lamentavam pela impossibilidade de acesso a determinados equipamentos de pesquisa ou pelo custo elevado dos materiais necessários para fazer seus protótipos, mas pouco se envolviam na hora de efetivamente buscar referências de outros trabalhos da área, estabelecer uma hipótese passível de ser testada e planejar os experimentos com a rigorosidade necessária para testá-la. Ou seja, os desafios descritos pelos alunos nos questionários, de certa

forma, correspondem aos desafios que eles acreditam serem os principais para o desenvolvimento de seus próprios projetos.

Considerações finais

O caso histórico *Vital Brazil e as mordidas de cobras* convida os alunos a acompanharem o percurso desse cientista até sua descoberta sobre a especificidade dos soros antiofídicos. Começando pela sua experiência como médico, quando havia apenas medicamentos populares feitos a partir de plantas e outros produtos, passando pelo suposto soro universal descoberto por um renomado pesquisador francês, seguido do teste desse soro, que se mostrou ineficiente contra o veneno das serpentes brasileiras, até chegar nos experimentos que demonstraram a especificidade, finalizando com as dificuldades da efetiva disponibilização e aceitação desse produto pela sociedade.

Ou seja, esse é um caso com grande potencial de ser trabalhado em sala de aula, pois traz uma narrativa interessante, permeada por muitos aspectos da NdC. Entretanto, quando perguntamos para os alunos de uma turma de iniciação científica, após a aplicação do estudo do caso, quais foram os principais desafios enfrentados por Vital Brazil em sua pesquisa, o que ficou mais em evidência para eles foram a dificuldade de acesso a elementos materiais necessários para a realização dos experimentos – recurso financeiro, aquisição de instrumentos e acesso às serpentes – e a necessidade de repetição dos experimentos, decorrentes dos resultados negativos encontrados.

Entendemos que essa pequena diversidade de aspectos da NdC identificados nas respostas envolve vários fatores, sendo um deles a visão de ciência desses alunos e do papel dos experimentos dentro desta. Essa visão pode ser influenciada pelas concepções dos professores, que também as trouxeram de seus próprios professores durante a graduação, sendo necessário mais do que um único estudo de caso para romper essa corrente.

Considerando-se a compreensão que esses alunos têm sobre ciência, quanto maior for o conhecimento do professor sobre o caso, mais fácil será para ele poder destacar e explorar por meio da discussão com os alunos os

diversos aspectos da NdC que ele queira reforçar, além de discuti-los explicitamente ao final da aplicação. Nesse sentido, também nos cabe recomendar aos autores desses e de outros casos de estudo, ou ainda daqueles que pretendem aplicá-los, um esforço constante de revisão dos mesmos, buscando a construção da narrativa e questões interpretativas ideais para fazer os alunos se engajarem em discussões que evidenciem os diferentes aspectos de NdC.

Por fim, devemos ressaltar que foi a primeira vez em que esse caso foi aplicado junto a alunos de ensino médio, e, conseqüentemente, a primeira vez em que passou por uma análise. Logo, é possível expressar que ainda podem existir resultados que não foram discutidos, uma vez que nessas pesquisas os fatores que optamos por discutir juntamente com os elementos da NdC – o estudo de caso escolhido; as escolhas feitas pela pessoa que conduz o caso; o contexto dos alunos e o instrumento de avaliação – podem distinguir-se em outros estudos e, naturalmente, revelar novos resultados, o que só vem a reforçar a importância de ampliar pesquisas dessa natureza.

Referências bibliográficas

- ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.
- ALVES-MAZZOTTI, AJ; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisas quantitativas e qualitativas**. São Paulo: Pioneira, 1998.
- BARDIN L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- COSTA, RC; KRUGER, V. Concepções sobre objetividades-subjetividade no fazer ciência e possíveis implicações na sala de aula universitária. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ABRAPEC**, Bauru, 2003.
- FORATO, TCM. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2v. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- GALIAZZI, MC et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, 2001, 7(2):249-263.
- MACHADO, CBH; LINHARES MP. Divulgação do episódio da expedição do francês Pierre Couplet em aulas de física no PROEJA. In: SILVA, CC; PRESTES, MEB, organizadoras. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia, 2013. p. 377-387.
- MACHADO, LCF; PEREIRA, CB. As concepções dos professores acerca da experimentação no ensino de ciências. **IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4**. Goiânia, 2012.
- MCCOMAS W. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: Implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In: SILVA, CC; PRESTES, MEB (orgs.). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia, 2013. p. 425-448
- PEREIRA, BB. Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. **Cadernos da FUCAMP**, 2010, 9(11).

- POMBO, FMZ; LAMBACH, M. As visões sobre ciência e cientistas dos estudantes de química da EJA e as relações com os processos de ensino e aprendizagem. **Química Nova Escola**, 2017, 39(3):237-244.
- REGINALDO, CC; SHEID, NJ; GULLICH, RIC. O ensino de ciências e a experimentação. **IX ANPED SUL**, Caxias do Sul, 2012.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Educação. Diretrizes do Programa Ensino Integral. Material de Apoio ao Programa Ensino Integral do Estado de São Paulo. **Caderno do Gestor**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2014a.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Educação. Pré-iniciação científica. Desenvolvimento de Projeto de Pesquisa. Ensino Médio. **Caderno do Professor**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2014b.

Data de recebimento: 05/06/2018

Data de aprovação: 16/11/2018

A genética no Brasil entre 1934 e 1956: um estudo de caso histórico para o ensino de natureza da ciência

Genetics in Brazil between 1934 and 1956: a historical case study for teaching Nature of Science.

Fausto de Oliveira Gomes¹
Gabriel de Moura Silva²

1.
Licenciado em ciências biológicas pela Universidade de São Paulo.
Contato: fausto.ciencias@gmail.com

2.
Doutorando do Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências.
Contato: gmoura.bio@usp.br

Resumo

Neste trabalho, discutimos o início da pesquisa em genética no Brasil no Departamento de Biologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, em uma perspectiva histórica, contada pelos seus principais protagonistas, e sugerimos a utilização de um estudo de caso como recurso didático em cursos de graduação em Ciências da Natureza e Biologia. A escolha dos episódios históricos que compõem este texto e do estudo de caso se justifica, pois retratam a implantação e consolidação de uma pesquisa genética de relevância mundial. Argumentamos que o ensino do início da história da genética no Brasil tem potencial para aproximar docentes e estudantes de processos organizacionais e científicos que ampliam o repertório destes sobre questões de engajamento, colaboração e dinâmica na ciência, em uma compreensão da ciência como atividade humana, historicamente constituída e submetida a pressões de natureza financeira, institucional, política, tecnológica, entre outras naturezas.

Palavras-chave

estudo de caso, história da genética no Brasil, ensino da natureza da ciência.

Abstract

We discuss the rise of research in Genetics in Brazil in the Department of General Biology of the Institute of Biosciences at the University of São Paulo, in a historical perspective, told by its main protagonists and we suggest the use of this case study as a didactic resource in undergraduate courses in Natural Sciences and Biology. The selection of the historical episodes that compose this article and the case study is justified, since they portray the implantation and consolidation of a genetic research of world relevance. We argue that teaching the early history of genetics in Brazil can bring teachers and students closer to organizational and scientific processes that expand their repertoire on issues of engagement, collaboration and dynamics in science, an understanding of science as a human activity, historically constituted and subjected to pressures of a financial, institutional, political and technological nature, among other natures.

Keywords

case study, history of brazilian genetics, teaching nature of science

Apresentação

Em oposição ao ensino de uma ciência estática, desumanizada e imediatista, a ação docente, seja no nível fundamental, médio ou superior, deve buscar construir – em sua prática – a compreensão de que os processos de produção do conhecimento científico compõem uma atividade humana, historicamente constituída e submetida a pressões de natureza financeira, institucional, política, tecnológica, entre outras naturezas (ALLCHIN, 2013). Aspectos como esses e suas múltiplas formas de composição e conjuntura caracterizam as ciências e se apresentam como valiosos elementos para focalizar um ensino de ciências mais crítico e contextualizado com as dimensões humanas, sociais e históricas e as dinâmicas internas da ciência.

Nesse sentido, o ensino de história das ciências contextualizado tem potencial para desenvolver o senso crítico nos educandos, problematizando características das ciências que prevaleceram em diferentes momentos históricos, desconstruindo a visão mítica que se tem das

grandes descobertas científicas e seus gênios e contribuindo para localizar a atividade científica na sociedade, estabelecendo inclusive, relações com outros elementos culturais (SANTOS, 2009). Quando docentes se preocupam com o ensino das trajetórias científicas, seus erros e acertos, eles permitem que os estudantes conheçam os processos de formação de conceitos, as teorias, os modelos e muitos outros elementos inerentes à natureza da ciência (ALLCHIN, 2013).

Observa-se que há, na ação docente e nos materiais didáticos, uma preocupação em apresentar aspectos históricos na introdução de conceitos científicos. Entretanto, geralmente essas abordagens se resumem a breves descrições e relatos superficiais. De acordo com Forato (2009, apud VITAL; GUERRA, 2017, p. 3), as concepções que professores e alunos têm sobre a ciência, a falta de preparo do professor e a inadequação do material didático disponível são obstáculos estruturais à implementação da história da ciência no ensino de ciências, embora a autora os considere contornáveis. A construção de atividades de ensino contextualizadas historicamente podem figurar como formas de superar esses obstáculos na introdução de história das ciências no ensino.

Este texto, elaborado a partir da construção e análise do estudo de caso "Dreyfus, Dobzhansky e a Genética no Brasil" (material complementar), que retrata o início da pesquisa com genética na Universidade de São Paulo, aproxima leitores de uma ferramenta didática que pode ser utilizada para o ensino de genética na graduação, com intuito de discutir as práticas de geneticistas e suas produções, levando em consideração contextos pessoais, históricos, sociais e institucionais da ciência.

Allchin (2011) defende que se considere a alfabetização científica em um contexto histórico e que estudos de caso contextualmente ricos sejam explorados para colocar os estudantes em contato com elementos próprios da natureza da ciência. Consideramos que o estudo de caso é um método que oferece aos estudantes a oportunidade de realizar escolhas que envolvem reflexão e tomadas de decisão enquanto exploram a ciência envolvida em situações propostas por uma narrativa histórica relativamente complexa (QUEIROZ et al., 2007) Levando em consideração que é preciso equipar e instrumentalizar

estudantes da graduação para poderem avaliar evidências por si mesmos, criamos, no caso de estudo, situações nas quais eles são levados a julgar e tomar decisões sobre problemas que podem ter sido decisivos para as carreiras dos cientistas retratados nos episódios narrados. Essas habilidades são apropriadas para casos que apresentem problemas de pesquisa e evidências simples, mas é possível atingir níveis de complexidade maiores do universo científico, como a aptidão em reconhecer resultados empíricos relevantes, interpretar gráficos e medidas estatísticas, pensar em situações-controladas, considerar explicações alternativas etc. (ALLCHIN, 2011, p. 521).

O estudo de caso "Dreyfus, Dobzhansky e a genética no Brasil" foi construído na disciplina *Teaching and Learning Nature of Science*, ministrada em 2015 no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). Depois de finalizado, foi submetido a dois docentes do Departamento de Genética do mesmo Instituto para que pudessem apreciar seu conteúdo e validar as abordagens escolhidas. Em dezembro de 2017, realizamos entrevistas com esses docentes, de modo a ratificar/retificar entendimentos sobre o caso e elaborar esta narrativa, bem como tornar o estudo de caso mais instigante e investigativo. Neste artigo, foram escolhidos episódios que envolvem as situações vividas por André Dreyfus (1897-1952) e Theodosius Grygorovych Dobzhansky (1900-1875) durante suas atividades de pesquisa em genética de populações no Brasil. Os critérios para escolha dos episódios que compõem esta narrativa estão diretamente ligados às relações pessoais entre os cientistas que compunham a equipe de pesquisa, origem do financiamento da pesquisa, situações de escolha cruciais para o avanço de importantes projetos na área, engajamento pessoal dos cientistas, o trabalho em equipe e o legado histórico que a passagem de Dobzhansky pelo Brasil deixou.

Dreyfus e Dobzhansky: ações, colaborações e legados da genética brasileira

A história da genética tem seu início marcado por uma série de acontecimentos que refletem algumas relações existentes entre pesquisa e sociedade, intimamente relacionados a constituição e desenvolvimento das

universidades públicas brasileiras. Se resgataremos primeira metade do século XX, quando esses espaços formativos estreavam no país, o mundo do trabalho encarava uma revolução técnico-científica, que impactaria para sempre a universidade, já que "para manter a sua excelência e a sua liderança nas coisas do conhecimento, tinha que abrir novas frentes por meio da pesquisa, sobretudo da ciência e tecnologia" (MOTOYAMA, 2006, p. 19). Fundava-se um braço produtivo na universidade, impulsionado para atender os mais variados interesses, inclusive os das elites empresariais, que apostavam em uma ciência aplicada, capaz de resolver os problemas do setor agrícola, industrial e melhorar a economia (MOTOYAMA, 2006).

Nesse cenário despontam os primeiros centros de pesquisa em genética, liderados pelos geneticistas Friedrich Gustav Brieger (1900-1985), na Escola Agrícola de Piracicaba, Carlos Arnaldo Krug (1906-1973), do Instituto Agrônomo de Campinas e André Dreyfus, na Faculdade de Filosofia Ciências e Letras (FFLC), na novíssima Universidade de São Paulo (SIÃO, 2007). Dreyfus era um professor promissor, que se destacava pelo carisma e pela percepção científica, um autodidata, um homem que compreendia o seu tempo e ofício, e cujas palestras foram amplamente assistidas e apreciadas, gerando empatia e instigando o desejo científico nos estudantes (CARMO, 2002; GLICK, 2008). Entre 1934-35, Dreyfus se tornou chefe de Departamento de Biologia Geral, criando e participando do primeiro curso de História Natural do país. A carreira de Dreyfus pode ser considerada curta para os parâmetros de pesquisa atuais, dada a sua morte aos 54 anos, mas foi marcante, cheia de episódios importantes para o desenvolvimento da pesquisa em genética no Brasil.

Aos 38 anos, o professor André Dreyfus era o principal responsável por organizar e institucionalizar a pesquisa e ensino em Ciências Naturais na FFLC, atendendo as finalidades da Universidade de São Paulo que, vide decreto de sua criação (1934), se pautavam: na promoção do progresso da ciência pela pesquisa; na transmissão de conhecimentos que

desenvolvessem o espírito ou fossem úteis a vida; na formação de especialistas em todos os ramos da cultura, e técnicos e profissionais em todas as profissões de base científica ou artística; e na divulgação das ciências, das letras e das artes, por meio de cursos sintéticos, conferências, palestras, difusão pelo rádio, filmes científicos e congêneres (CRIAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1934).

A forma como Dreyfus lidou com essas finalidades provoca importantes questionamentos sobre o trabalho com pesquisa e ensino, que parecem, em princípio, estar desconectadas da formação pretendida nos cursos de graduação e disciplinas de ciências naturais e biológicas das universidades brasileiras. Suas decisões sobre atividades de trabalho e ensino não se atêm apenas ao conhecimento conceitual gerado pela pesquisa, nem a simples transmissão de conhecimentos, mas se aproximam da realidade organizacional das instituições e da forma de se fazer ciência. Algumas questões fundamentais ao gerenciamento e organização institucional se apresentam nesse sentido, tais como: ao ocupar o cargo de chefia de um departamento de uma recém-criada universidade, o que se deve priorizar? Considerando que a faculdade acabara de ser criada, o que deveria ser feito para implantar uma linha de pesquisa? Que estruturas organizacionais deveriam ser criadas? Quais eram os equipamentos e instrumentos necessários? Quais programas educacionais deveriam ser estabelecidos para treinar e formar os estudantes?

Perguntas que são muito pertinentes no meio acadêmico, pois fazem parte de um repertório de ações que mobilizam as relações organizacionais de pesquisa e ensino das universidades públicas brasileiras, mas que são pouco compreendidas ou discutidas, pois acabam se encerrando em incumbências docentes e suas relações hierárquicas. Longe de validarmos ou debatermos esse modelo de gestão, importa-nos dizer que esta maneira institucionalizada de agir na universidade é, em grande parte, influenciada pela forma como se deram os processos de formação desses primeiros centros de pesquisa, e que se perpetuaram nas mais variadas instituições.

No que concerne ao início do departamento de biologia geral da FFLC (USP), cumpre dizer que em questão de dez anos já havia se formado um número significativo

de historiadores naturais e geneticistas. Despontavam as primeiras pesquisas em genética de populações naturais do Brasil, as primeiras colaborações e orientações acadêmicas. Palestras e conferências se proliferavam na Universidade de São Paulo. Artigos e livros difundiam a ciência que era construída no departamento de biologia geral (SIÃO, 2007).

O trabalho nesses primeiros institutos obtiveram grande êxito também no fomento à pesquisa, no caso específico da genética, especialmente por um plano de desenvolvimento traçado pela Fundação Rockefeller (FORMIGA, 2012), que buscava encontrar em países da América Latina e África alternativas de pesquisa a um estado de grande guerra em que o hemisfério norte e Europa se encontravam, bem como de elaborar e implementar estratégias para fortalecer a agricultura capitalista no Brasil (WELCH, 2014). De acordo com Glick (2008, p. 317), "o modus operandi da Fundação (Rockefeller) não era fazer ciência a partir das bases, mas sim identificar cientistas talentosos, investir neles e em seus programas de pesquisa". Entre tantos pesquisadores e pesquisadoras que a fundação objetivou financiar, estavam André Dreyfus e o geneticista ucraniano-estadunidense Theodosius Dobzhansky, que cruzaram seus caminhos na pesquisa com genética no Brasil e são os principais protagonistas do estudo de caso "Dreyfus, Dobzhansky e a genética no Brasil".

Cumprе ressaltar que fora do Brasil, a genética já havia se consolidado em muitos centros de pesquisa do mundo na primeira quarentena do século XX, grande parte influenciada pelas ideias de Dobzhansky, um cientista cujo trabalho teve fundamental importância para amarrar as bases genéticas e a evolução (ARAÚJO, 2001). Com 30 anos de idade, ele já havia publicado mais de 30 artigos que versavam principalmente sobre genética e entomologia (GLICK, 2008). Tornou-se professor auxiliar no Instituto de Tecnologia da Califórnia em 1929, mesmo ano em que Dreyfus proferiu a palestra "O estado atual da hereditariedade", em que criticava concepções eugênicas, errôneas e/ou atrasadas, em relação às novas descobertas no campo da hereditariedade (GONÇALVES, 2010). Em 1937, enquanto Dreyfus publicava sua tese catedrática *Contribuição para o estudo do Cyclo chromosomico e da*

determinação do sexo de Rhabdias fülleborni Trav. 1926, Dobzhansky publicou sua principal obra, *Genetics and the origin of species*, livro que foi rapidamente traduzido para várias línguas e que luzia a Teoria Sintética da Evolução, apresentando mecanismos genéticos como base para explicar a evolução dos seres vivos.

Eventos como esses – implementação do departamento de biologia geral ou o avanço do conhecimento e das pesquisas em genética no mundo – são importantes alicerces para as narrativas dos protagonistas contidas no caso de estudo “Dreyfus, Dobzhansky e a genética no Brasil”, uma vez que influenciaram suas práticas científico-educacionais e que denotam elementos muito valiosos para a discussão de natureza da ciência no ensino, como os sentidos de engajamento profissional, os objetivos de vida, as competências e habilidades de liderança, a organização de processos e pessoas e a formação de pesquisas colaborativas. Allchin (2014) reforça o papel de diversas metodologias de ensino na implementação da natureza da ciência nos diversos cursos de ciências, o estudo de casos históricos está entre essas metodologias porque possui, para cada episódio escolhido, elementos que remetem à ciência enquanto prática humana socialmente construída e culturalmente balizada.

Analisamos alguns desses aspectos seguindo essas narrativas. Em 1942, Harry Miller Jr., um dos representantes da Fundação Rockefeller ofereceu a Dreyfus a possibilidade de atuar em um laboratório de pesquisa nos Estados Unidos, mas ele recusou sob a alegação de que não poderia abandonar seu trabalho no Brasil, deixando seus estagiários e assistentes sem orientação (CARMO, 2002). Diante da recusa, a Fundação ofereceu a Dobzhansky a possibilidade de visitar o Brasil, para se juntar às novíssimas pesquisas realizadas no departamento de biologia geral da USP, bem como realizar estudos na mata amazônica, que era de seu total interesse (CARMO, 2002). As decisões de Dreyfus e Dobzhansky podem ter sido determinantes para a consolidação das pesquisas em genética na USP, considerando que um deles optou por um fortalecimento dos laços organizacionais na instituição em que trabalhava e o outro pela pesquisa com genética de populações tropicais, favorecendo, assim,

a troca de saberes científicos e consolidação do conhecimento genético no Brasil.

Esse é um debate que pode se apresentar de inúmeras maneiras, uma vez que a tônica do intercâmbio internacional está muito presente no discurso universitário. No entanto, há uma série de exemplos de sucessos e insucessos nesse sentido. As motivações são afetadas pelos contextos pessoais, econômicos, sociais e históricos e ao acompanhar essa narrativa e vivenciar as situações de escolha dos pesquisadores os graduandos incorporam elementos da natureza da ciência intrínsecos ao fazer científico (ALLCHIN, 2014). Dobzhansky estava interessado em explorar a diversificação de espécies em várias regiões do mundo, engajado em investigar a imensa biodiversidade tropical, abrindo muitos questionamentos para o campo de pesquisa em evolução e desenvolvimento (ARAÚJO, 2004). Enquanto isso, Dreyfus estava no auge de sua experiência organizacional na novíssima FFLC e suas convicções administrativas da própria chefia de departamento, além de questões pessoais, foram pressões mais fortes na sua decisão (CARMO, 2002).

Muito se investiu em pesquisas com dinheiro da Fundação Rockefeller no Brasil entre as décadas de 1940 e 1970 (WELCH, 2014). Uma docente do departamento de genética do IB-USP comentou que, até os dias atuais, alguns materiais comprados com o dinheiro da Fundação Rockefeller para a manutenção de culturas de moscada-fruta (principalmente vidrarias) são utilizados no Departamento:

Era assim uma quantidade de dinheiro [da Fundação Rockefeller]... absurda, imagina pra você ter uma ideia, as rolhas desses frasquinhos eram de algodão, né, hidrófobo, e envolto por uma gaze assim, então não era assim de espuma, e (...) você abria uma sala dessas aí, era cheia de algodão até o teto, 5 m de pé-direito (...) isso manteve as culturas durante anos (...). Esse vidro de 1/4 que vocês estão vendo é um vidro desse tempo ainda (...) desde a vinda da parte intelectual, como da parte de material. (Docente do IB/USP, refletindo sobre seu início no Departamento de Genética e sobre materiais de consumo. Entrevista realizada em 08/11/2017)

No final dessa fala, a docente ressalta dois aspectos do financiamento à pesquisa que caracterizaram a importância dos investimentos da Fundação Rockefeller no Departamento de Genética da USP, a vinda da parte intelectual e da parte material. Há que se valorizar o esforço de Dreyfus na construção de um centro de pesquisa universitário de referência em história natural no Brasil. O que valia mais a pena? Quantas pessoas iriam se beneficiar ou prejudicar dessas decisões? As trocas de saberes na ciência não precisam ser unidirecionais e monológicas, no entanto, isso parece estar bastante difundido na concepção brasileira do que caracteriza a aptidão a ocupar um cargo de docência universitária: realizar pesquisa em instituições internacionais e ser o primeiro autor de artigos de relevância. Principalmente das universidades públicas das regiões Sul e Sudeste do país.

É claro que os contextos são bastante diferentes se pensarmos nos dias atuais e no tempo de Dreyfus-Dobzhansky. Basta comparar a decisão de Dreyfus com ideias pertinentes ao senso coletivo para perceber como não se tratava de um sujeito individualista. Não realizou uma grande viagem de pesquisa, mas recebeu um pesquisador internacional de renome – de um dos melhores centros de pesquisa em zoologia dos Estados Unidos. Dedicou sua atenção ao planejamento de ciclos de palestras de Dobzhansky, que não só foram vistos por muitos pesquisadores de genética, como foram traduzidos e registrados no livro *Evolução: conferências pronunciadas em São Paulo* (DOBZHANSKY, 1943). Articulou a ida de vários jovens pesquisadores para laboratórios internacionais de pesquisa nos anos seguintes (CARMO, 2002). Promoveu a pesquisa genética no seu departamento, incitando seus orientandos a publicar artigos em colaboração internacional (SIÃO, 2007).

Esse espírito de liderança era contagiante. A docente que entrevistamos contou que o Prof. Dr. Crodowaldo Pavan, um de primeiros orientados de Dreyfus, carregava algumas dessas competências e habilidades:

O Pavan era um líder (...) ele trazia o dinheiro, ele falava (...) vamos pesquisar isso (...) ele (...) fazia reunião toda sexta-feira (...) e todo mundo discutia tudo (...) e todo mundo vivenciava isso, desde as bobagens até (...) as grandes ideias

(...) era outro tipo de liderança, hoje não é mais possível isso, hoje é possível, grupos, que, fazem mais ou menos a mesma coisa, o cara vai pra Fapesp, traz dinheiro e tem um grupo de alunos que trabalha no projeto, mas... ele fazia, não num âmbito de país não, mas maior" (Docente do IB/USP, refletindo sobre sua convivência com Crodowaldo Pavan no Departamento de Genética. Entrevista realizada em 08/11/2017)

Feitas essas considerações sobre Dreyfus, podemos voltar a falar de Dobzhansky, que aportou pela primeira vez no Brasil em 1943. Sua visita foi um reconhecimento de terreno e de possíveis parcerias de pesquisa em genética de *Drosophila*. Ciceroneado por Dreyfus e seus orientandos, Dobzhansky proferiu uma série de conferências que podem ser consultadas no livro *Evolução* (DOBZHANSKY, 1943), nas quais ele discute, entre outros assuntos, as pesquisas com induções mutagênicas em modelos experimentais; os modelos genéticos e suas generalizações; e a plasticidade genética dos organismos nos trópicos e as possibilidades de pesquisa no Brasil.

As moscas-das-frutas, ou simplesmente *Drosophila*, são consideradas bons modelos de pesquisa, pois requerem procedimentos de manutenção com poucos recursos e se reproduzem em um curto período, possibilitando ao grupo de pesquisa responder rapidamente perguntas de pesquisa e elaborar novas hipóteses (ALLCHIN, 2009). Em suas palestras, Dobzhansky ressaltou esse modelo de pesquisa e valorizou a biodiversidade brasileira, instigando os jovens cientistas brasileiros a se aventurar pelo conhecimento genético e pela busca de outros bons modelos de pesquisa. A pesquisa com induções mutagênicas se apresentava à ciência no sentido de controle e manipulação de organismos. Prenúncios da transgenia? Talvez, mas ainda faltava conhecer o que estava nas bases da vida. A molécula de DNA ainda não havia sido elucidada e muito do que se conhecia era oriundo das manifestações fenotípicas, cruzamentos controlados e microscopia cromossômica (CRICK, 1974).

O primeiro período de imersão de Dobzhansky no Brasil foi fundamental para o desenvolvimento de pesquisas em genética de populações no Brasil. As reflexões sobre os temas desenvolvidos nas conferências continham

importantes questões de pesquisa relevantes naquele cenário, elencando fatores e técnicas que poderiam alavancar a pesquisa científica com genética no país. Essas e outras ideias são fundamentais para aproximar estudantes de graduação do início de uma atividade de pesquisa, dos processos e recursos humanos necessários para a consolidação de um centro de pesquisa de referência no Brasil.

Outro ponto de destaque das falas de Dobzhansky nas conferências foram as considerações sobre a importância da biodiversidade brasileira. O pesquisador reconhecia que havia uma vantagem no campo de pesquisa em genética no Brasil. Ele instigou jovens cientistas, que logo se dispuseram a conhecer e reconhecer essa diversidade e elaborar estratégias de ação para difundir esse conhecimento, principalmente com a publicação de artigos sobre as *Drosophila* (SIÃO, 2007). Algumas perguntas que almejavam ser respondidas por esses pesquisadores foram: Qual é o conhecimento que se têm das *Drosophila* brasileiras? Quais os principais problemas associados a identificação de *Drosophila* no dia a dia do grupo de trabalho? Como provar que uma população natural está evoluindo geneticamente? O que fazer com os dados coletados?

Sabemos que ciência confia em dados empíricos para explicar fenômenos, requerendo muita observação e replicação de dados para aferir confiabilidade nos resultados. Sabemos que ciência requer observação, leitura de referenciais teóricos e criatividade. Quando dizemos que a ciência confia em dados empíricos para explicar fenômenos estamos reforçando a importância da coleta de dados para formular qualquer conclusão. Por isso, entendemos que é fundamental trabalhar na formação universitária em ciências da natureza e biologia a importância da coleta de dados e das consequências de coletas mal realizadas que podem interferir no resultado final e levar os cientistas a concluírem falácias.

A importância da coleta de dados está, dentre outras coisas, relacionada diretamente com as conclusões que se vai tirar e com a possibilidade de replicação desse experimento em outros contextos. É importante também ter clareza quanto ao que se quer responder ou àquilo que se quer explorar, a coleta de dados confiáveis deve estar alinhada com o desenvolvimento da pesquisa para que não se gaste energia e dinheiro em pesquisas que não

ajudam tanto o desenvolvimento do projeto no qual se está trabalhando.

Uma pesquisa científica precisa abranger o máximo de fatores que podem influenciar os resultados e reconhecer os limites de sua abordagem ao tentar responder uma determinada questão. Todo o conhecimento que for divulgado ou qualquer exposição de experimentos, conclusões parciais ou somente dos resultados, deve ser realizado de maneira clara e objetiva para que os cientistas que estão ouvindo (ou lendo) sobre o trabalho de outro cientista não tenham dúvidas de como foram realizados os procedimentos e se sintam capazes e confortáveis em replicar o experimento.

E diante do cruzamento de dados e aparecimento de novas evidências um cientista precisa, muitas vezes, utilizar a sua criatividade para criar situações nas quais sua questão seja respondida com o mínimo de interferência de outros fatores (ALLCHIN, 2013). É propondo esse mesmo problema para o estudante e cuidando para que ele tente solucionar o problema, imaginando-se no contexto sócio-histórico no qual a questão surgiu, que consiste a riqueza do ensino da natureza da ciência a partir desse estudo de caso histórico. Para utilizar-se de sua criatividade e imaginação a fim de solucionar as questões colocadas, é preciso que o cientista consiga perceber quais são os fatores que podem influenciar os resultados e quais são os fatores que ele não quer que interfiram tanto para poder analisar aquele outro fator que responde, ou ajuda a responder, a sua questão. A essa preocupação, em tentar isolar uma única variável com o objetivo de estudar sua interferência no objeto de estudo, é que chamamos de "controle de variável".

O estudo de caso "Dreyfus, Dobzhansky e a genética no Brasil" explora essas temáticas – o papel dos dados e das evidências na construção do conhecimento científico e a importância do controle de variáveis nos experimentos – questionando o que poderiam significar as numerosas inversões cromossômicas encontradas em uma determinada espécie de *Drosophila* brasileira, instigando os leitores do caso a delinear experimentos para compreender quais os principais efeitos relacionados a essas características.

Muitas pesquisas foram realizadas após a primeira visita de Dobzhansky ao Brasil. E durante e após as segunda e terceira visita dele. Uma longa lista de artigos foi publicada nesse período e pode ser consultada nos suplementos do artigo *The golden age of Drosophila research at the Universidade de São Paulo (USP): a testimonial on the decades 1940-1950* (MAGALHÃES; VILELA, 2014). As pesquisas variaram desde descrições de espécies de *Drosophila* encontradas em São Paulo e outros lugares do Brasil, a alterações cromossômicas (inversões e translocações), isolamento sexual, mutações letais e grupos-irmãos de espécies brasileiras.

A *Drosophila* se tornava um excelente modelo de pesquisa no Departamento de Genética da USP. Tão importante que até hoje se vê presente na concepção e desenvolvimento da disciplina de graduação "Genética", que fundamenta os primeiros passos das graduandas e graduandos em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da USP. Essa talvez seja a única disciplina que se aproxima dos preceitos de investigação científica e natureza da ciência no IB/USP. Utilizando moscas-de-fruta como modelo de pesquisas, as graduandas e graduandos lidam com diversas alterações fenotípicas das moscas, de modo empírico, fazendo-se perguntas de pesquisa, elaborando hipóteses e redigindo relatórios sobre as possíveis alterações cromossômicas que podem ter interferido em suas populações investigadas. A docente entrevistada ressaltou esse caráter investigativo da disciplina: "Ela usa [a disciplina]genética para mostrar como se faz uma pesquisa, como se faz uma pergunta, como se aborda a pergunta, praticamente, pra responder, como são as hipóteses (...) ensinar como se raciocina, como se trabalha, dentro da ciência.

A genética faz isso né, como você constrói as coisas acima de um imaginário." (Docente do IB/USP, explicando os propósitos da disciplina Genética do Departamento de Genética do Instituto de Biociências. Entrevista realizada em 08/11/2017).

A docente ainda explicou que a criação desse modelo de trabalho na graduação estava imbuído de um sentimento de falta de interesse pelas ciências no final dos anos 1990. O departamento se preocupou com essa temática, prezando pela qualidade do ensino e valorizando,

acima de tudo, o esforço dos docentes daquele departamento no sentido de valorizar essas práticas científicas. Ela disse que esse esforço tinha:

(...) a ver com a perseverança do Vilela [Professor Dr. Carlos Ribeiro Vilela], porque, ele não abria mão da qualidade (...) ele foi orientado do Edmundo Magalhães, que era um drosofilista (...) ele não muda de ideia sobre a qualidade de ensino, não interessa a crise, o sacrifício, se não tem, tira do bolso (...) o indivíduo tem que manipular e fazer uma pesquisa, que é o que ele simula no curso, uma pesquisa pra ver aquelas mutações, se são dominantes, recessivas, se autossômicas, vai desenvolvendo a hipótese, conforme vai obtendo os resultados (Docente do IB/USP, valorizando o esforço de colegas de Departamento pela qualidade de ensino na graduação. Entrevista realizada em 08/11/2017)

Podemos perceber, ao longo desta importante trajetória de colaboração entre esses dois pesquisadores de renome e fundamentais para o desenvolvimento da genética no Brasil, como suas ações e decisões influenciaram e influenciam as práticas que se realizam na instituição que os recebeu e incorporou. E como esses processos, de certa forma, representam importantes processos da profissão científica que se consolidou em nosso país, como a colaboração, a difusão do conhecimento, a incorporação de novas ideias científicas, a busca por financiamentos, a dedicação e engajamento e a formação de uma rede de colaborações institucionais, entre outras. Após visitar esses aspectos organizacionais, potencialidades de pesquisa e extrapolações do conhecimento narrados por esses episódios de história da ciência, ressaltamos a importância de elaborar e disponibilizar estudos de caso que possam aproximar estudantes de graduação em ciências da natureza e biologia de interesses de pesquisa e trabalho que abranjam não só as características disciplinares das ciências, mas também as características pessoais, os contextos sociais e a busca por soluções aos mais diversificados problemas reais que elas/eles podem se deparar em suas carreiras.

Considerações finais

Este artigo buscou apresentar o panorama do início da pesquisa com genética no Brasil, abordando aspectos da natureza da ciência relacionados às motivações para realização de ciência, o papel das instituições e as fontes de financiamento, ao rol de evidências, concordância entre diferentes tipos de dados, modelos e organismos-modelos, erros e incertezas e colaboração entre pesquisadores.

Entendemos que os temas propostos no estudo de caso "Dreyfus, Dobzhansky e a genética no Brasil" podem ser bastante proveitosos no início de uma graduação, em uma aula de história e filosofia da ciência, colocando os graduandos em uma situação de proximidade com o desenvolvimento da ciência e dos processos associados à sua prática, que nem sempre se desenvolvem em cursos de ciências biológicas.

Entendemos que a ação docente deveria ser direcionada para a apropriação crítica dos conteúdos de ciências pelos estudantes de modo que efetivamente se incorporem ao universo das representações que fazem do mundo e, assim, se constituam como parte de sua cultura científica (SASSERON, CARVALHO, 2011). Quando reorientada para a natureza da ciência, a história da genética no Brasil identifica problemas e soluções de cunho organizacional e científico, que aprimoram as ideias do que são engajamento, liderança, organização e coletividade.

O estudo de caso histórico, discutido aqui, conta com uma série de elementos que explicitam a natureza da ciência em um contexto complexo que permite ao estudante explorar possibilidades, julgar escolhas, tomar decisões e, de certo modo, seguir as trilhas de pesquisadores que servem de protagonistas para a narrativa proposta (ALLCHIN, 2014).

Apresentamos essa argumentação e estudo de caso como uma forma de enfrentar o desafio de promover uma educação de ciências que contribua para uma formação inicial científica capaz de provocar nos estudantes de graduação a tomada de decisões conscientes e aquisição de posturas críticas diante do mundo (AULER, 2007). Apesar da aparente necessidade da promoção de um ensino científico com enfoque em natureza da ciência, temos consciência dos desafios em relação à adequada formação

docente na educação básica e superior, visto que ainda estamos diante de uma prática docente e de materiais didáticos que dificilmente conseguem abandonar a visão ufanista das produções científicas (VITAL; GUERRA, 2017). Com problemas humanos e do trabalho cada vez mais complexos e conflituosos, que exigem a participação e posicionamento constante dos indivíduos, entendemos que estudos de caso históricos na formação inicial dos cursos de ciências da natureza e biologia podem provocar reflexões de muitas naturezas, enriquecendo o repertório de ações mobilizadas na graduação e de perspectivas de trabalho, pois têm o potencial de aproximar os estudantes de decisões que poderão se apresentar em suas futuras profissões.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, A. M. O salto qualitativo em Theodosius Dobzhansky: unindo as tradições naturalista e experimentalista. **História, Ciências, Saúde. Manguinhos**, 2001, 8(3):713-726.
- ARAÚJO, A. M. Spreading the evolutionary synthesis: Theodosius Dobzhansky and genetics in Brazil. **Genetics and Molecular Biology**. 2004, 27(3):467-475.
- ALLCHIN, D. Thomas Hunt Morgan & the White-eyed Mutant. In: HAGEN, J. B., ALLCHIN, D.; SINGER, F. **Doing Biology**. Minneapolis: SHiPS Resource Center, 2009, p. 48-59.
- ALLCHIN D. Evaluating knowledge of the nature of (Whole) Science. **Science Education**, 2011, 95(3):518-542.
- ALLCHIN D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.
- ALLCHIN D. Complementary approaches to teaching nature of science: integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. **Science Education**, 2014, 98(3):461-486.
- AULER, D. Enfoque ciência–tecnologia–sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, nov 2007, vol. 1, número especial.
- CARMO, C. da S. **Grandes mestres da ciência brasileira: André Dreyfus**. São Paulo, jun. 2002. Disponível em: http://www.figueiradagleite.com.br/pdf/Cientistas_projeto-v2.pdf Acesso em: 6 nov 2018.
- Criação da Universidade de São Paulo**, L. Pub. n. 6.283, DOSP (25 de janeiro 1934). Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=130436> Acesso em: 10 jun. 2018.
- CRICK, F. The double helix: a personal view. **Nature**, London, 26 abr 1974, 248:766-769,
- DOBZHANSKY, TG. **Evolução: conferências pronunciadas**. Columbia University. São Paulo: S.N., 1943.
- FORMIGA, DO. Desenvolvimento da genética no Brasil: entre o evolucionismo e a ideia de progresso. *Acta científica*. **Engenheiro Coelho**, 2012, 21(3):33-41.
- GONÇALVES, AS. Eugenia em debate: medicina e sociedade no I Congresso Brasileiro de Eugenia. In: **Anais**

- do XIV Encontro Regional da ANPUH-RIO – Memória e Patrimônio. 19 a 23 de julho. 2010. Disponível em: http://www.encontro2010.rj.anpuh.org/resources/anais/8/1276697830_ARQUIVO_MedicinaeSociedadenoCongressoBrasileirodeEugenia.pdf. Acesso em: 10 jun 2018.
- GLICK, TF. O Programa brasileiro de genética evolucionária de populações de *Theodosius Dobzhansky*. **Revista Brasileira de História**. São Paulo, 2008, 28(56):315-325.
- MAGALHÃES, LE; VILELA, CR. The golden age of *Drosophila* research at the Universidade de São Paulo (USP): a testimonial on the decades 1940-1950. **Genet. Mol. Biol.**, Ribeirão Preto, 2014, 37(1):135-145.
- MOTOYAMA S. O saber na sociedade. Em: MOTOYAMA S. **USP 70 anos: imagens de uma história vivida**. São Paulo: EDUSP, 2006, p. 17-68.
- QUEIROZ, SL; SÁ, LP; FRANCISCO, CA. Estudos de caso em química. **Química Nova**. 2007, 30(3):731-739.
- SANTOS, MEVM. Ciência como cultura – paradigmas e implicações epistemológicas na educação científica escolar. **Química nova**. 2009, 32(2):530-537.
- SASSERON, L; CARVALHO, AMP. alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. 2011, 16(1):59-77.
- SIÃO, JFM. As contribuições de Theodosius Dobzhansky para o desenvolvimento da genética no Brasil (1943-1960): um estudo bibliométrico. *Filosofia e História da Biologia*. **ABFHIB**, 2007, 2:203-225.
- VITAL, A; GUERRA A. A implementação da história da ciência no ensino de física: uma reflexão sobre as implicações do cotidiano escolar. **Ens. Pesq. Educ. Ciênc**. 2017, vol.19.
- WEALCH, CA. Rockfeller and the origins of agribusiness in Brazil: a research report. Rockfeller Archive Center Research Reports Online. RAC, 2014. Disponível em: <http://rockarch.org/publications/resrep/welch.pdf> Acesso em: 6 nov 2018.

Data de recebimento: 11/06/2018

Data de aprovação: 23/11/2018

Historical inquiry cases for nature of Science learning

Casos de investigação histórica para o aprendizado da natureza da ciência

Douglas Allchin¹

1.
University of Minnesota,
2005 Carroll Ave., St. Paul,
MN 55104, USA.
Email: allch001@umn.edu

Abstract

History – when framed from a historical perspective as science-in-the-making – can provide occasions for inquiry into and learning about the Nature of Science. This paper describes how several features in episodic historical narratives help structure such inquiry: (1) cultural and biographical motivational contexts; (2) questions that problematize the Nature of Science and promote Nature of Science inquiry; (3) historical perspectives exhibiting science-in-the-making; (4) a narrative format; (5) an episodic structure; (6) coupled closure of both inquiry and narrative; and (7) final reflection and consolidation of Nature of Science lessons.

Keywords

historical inquiry; inquiry learning; case study; Nature of Science; history of science

Resumo

A História – quando formulada a partir de uma perspectiva histórica de ciência em construção – pode oferecer oportunidades para investigar e aprender sobre as Ciências Naturais. Este artigo descreve como várias características em narrativas históricas episódicas ajudam a estruturar tal investigação: (1) contextos motivacionais culturais e biográficos; (2) questões que problematizam as Ciências Naturais e promovem investigação sobre essa área; (3) perspectivas históricas que expõem a ciência em construção; (4) um formato narrativo; (5) uma estrutura episódica; (6) encerramento conjunto da investigação e da narrativa; e (7)

reflexão final e consolidação dos aspectos das Ciências Naturais.

Palavras-chave

investigação histórica; aprendizagem por investigação; estudo de caso; natureza da ciência; história da ciência

Introduction

History of science can provide science students with insights on the Nature of Science, or NOS (ALLCHIN, 2013; CONANT, 1947; NASH, 1951). How does one convey these lessons effectively? Educational research indicates that the most effective forms of NOS instruction involve inquiry – that is, engaging students in their own learning through questions and personal and collective investigation (BELL, 2007; Board on Science Education, 2012; DENG et al., 2011; DRIVER & OLDFHAM, 1985). The strategy profiled here is to combine history and inquiry – namely, using a historical trajectory to guide students through successive investigative and problem-solving activities. In essence, we situate them in a historical context of science-in-the-making (ALLCHIN, 2013, p. 39-44; FLOWER, 1995; LATOUR, 1987). We want students to experience science “in the shoes of famous biologists [or other scientists] and to face historically significant problems and original data, forsaking the privilege of already knowing the right answer.” This perspective is adopted “to faithfully portray how scientific knowledge develops,” so that students can develop skills to interpret modern scientific claims and analyze their trustworthiness (HAGEN, ALLCHIN, & SINGER, 1996, p. vi). Here I describe this pedagogical model in detail and articulate its theoretical foundations, as embodied in a landmark set of historical case studies published as *Doing Biology* in 1996 (ALLCHIN, 2012a; HAGEN et al., 1996). I also integrate subsequent theoretical perspectives (MONK & OSBORNE, 1997; RUDGE & HOWE, 2009) and pragmatic classroom considerations (HENKE & HÖTTECKE, 2015). In particular, this paper considers how to combine history with inquiry in a way that might substantively transform the teaching practices of those oriented to either historical narrative or inquiry alone.

A key feature of inquiry learning is open-ended investigation. Students work to develop and validate new knowledge on their own (even if relying on an instructor as a guide). They then reflect explicitly on the process. Everyone originally forsakes the privilege of already knowing the answer. (The instructor, too, must echo that orientation in interacting with students.) The prospect is uncertain. That is how science unfolds. The educational goal is to experience how we research questions, grope towards solutions, and justify a solution through evidence and reasoning alone (rather than through an appeal to external authority). That process differs from knowing (or imagining) the answer in advance and trying to *rationalize* it by choosing only the data and arguments that accord with it (ALLCHIN, 2013, p. 84-86, 94-100). The open-endedness of inquiry contrasts dramatically with history, which is closed-ended. The events have already occurred. The virtue of history, or a retrospective narrative, is that it shows exactly how the science arrived at its answers. The process is implicitly reconstructed through the key events – the decisions of famous scientists, the notable experiments, the accidents, the errors, the debates, the influences of political contexts, and so forth. The fixed trajectory of closed history seems to eclipse the opportunity for simultaneously learning NOS via a student's own inquiry experience. Addressing that apparent paradox is central to this paper.

In what follows, I identify some of the practical challenges of assembling and leading an inquiry-style Science lesson and describe how, ironically perhaps, the use of history can help resolve those problems. Several features of episodic historical narratives are important to structuring and promoting such inquiry-style learning, discussed in separate sections as follows. These features will be illustrated through one particular case: the work of Christiaan Eijkman on the cause of beriberi in Java in the late 1890s (ALLCHIN, 2013, p. 165-183). At many points in the narrative, students address authentic historical questions from that episode: about orienting research, responding to chance events, interpreting experimental results, reflecting on human experimental subjects, assessing the burden of proof, and so on. Each question leads to a lesson about NOS, summarized in a closing reflection.

Motivating inquiry

The first aspect of any teaching – and arguably the most important – is motivating student engagement. How to students become attentive and, equally important, active in and committed to their own learning? In the standard model of inquiry learning, students select their own problems. But in practice, this is not so simple. First, students may not have any “problems.” Or the level of their personal curiosity may fail to sustain a full investigation. Moreover, in large classes a focus on individual problems means pursuing multiple projects at the same time – problematic from a sheer management perspective. On the other hand, when students develop consensus on a shared project, their enthusiasm and commitment may vary considerably. In actual K-12 school settings (in contrast to the idealized theoretical models), motivating inquiry can be quite difficult.

History can help. Indeed, teachers often turn to historical anecdotes or stories to help engage students in the content, without inquiry (HENKE & HÖTTECKE, 2015). Here, however, history becomes a way to motivate inquiry. When reoriented to science-in-the-making, history identifies the original unsolved problem that led to modern concepts. It fully contextualizes the reason(s) for inquiry, and thus for science more generally. First, cultural contexts help to justify the value of pursuing a particular problem (STINNER, 1995; STINNER et al., 2003). For example, in our sample case on beriberi in Java, students learn about the Dutch government’s military and economic interests in preventing the disease among workers and armies in their colony.

A historical narrative that focuses on one scientist also provides a more personal, biographical context. It can help humanize the science. The beriberi case focuses on Christiaan Eijkman, who eventually earned a Nobel Prize. Students learn about his earlier background in Java and how he became interested in medical research. Ironically, students need not have strong personal commitment to the problem at hand to appreciate its social and humanistic dimensions. Still, they can become invested in it for the sake of participating in a story. In addition, the problem was (is) real, not conjured up

artificially for the sake of a classroom exercise. The first role in inquiry, then, is to render the problem as culturally and personally compelling through historical context.

The nature of motivation is specific here: to engage the student in a particular inquiry. (On teachers' concerns about staging historical cases, see HENKE & HÖTTECKE, 2015.) It is not merely to arouse the student's attention momentarily with an amusing anecdote, before turning to the "real" lesson based on the scientific content (in contrast to KUBLI, 2001, and METZ et al., 2007 p. 322-324). History here is not part of a "bait-and-switch" tactic. Nor is the underlying aim to promote a scientific career or change the image of scientists, another common use of history (promoted by ERTEN et al., 2013; HADZIGEORGIU et al., 2012; HONG & LIN-SIEGLER, 2012; KLASSEN & FROESE-KLASSEN, 2013; SEKER & WELSH, 2003). The focal scientist thus need not be a hero. The primary intent is not to present romanticized role models. Rather, the aim of the history here is to elicit the student's active investment in finding or learning about a solution. History is a source of authentic and humanistic contexts to motivate inquiry questions. Indeed, this is the first lesson in NOS: how scientific work originates and is funded.

Problematizing NOS

A second objective is posing the right questions to elicit reflection and learning — in our case, specifically about NOS. On different occasions, inquiry learning can be used to teach scientific concepts (through practical contemporary applications, for example) or to teach History itself (by trying to interpret original documents or historical data, let's say). But the objective here is to help students understand the epistemic dimension of science: how science works (or how sometimes it doesn't work!). A core task, then, is to problematize NOS (ALLCHIN, 2012a, 2013; CLOUGH, 2006; HOWE, 2007). For example, what are the challenges in developing reliable evidence, or in deciding between two alternative theories, or in evaluating the credibility of someone's testimony? In general, "how do we know this?" or "how do we have confidence in our conclusion?"

Earlier historical lessons for Science education, such as those developed in the 1950s by James Bryant Conant and Leonard Nash (1957), presented students with discovery narratives alone. They did not pose questions to engage students in their own problem-solving and thinking, especially about NOS (or, in their words, "the tactics of science"). They did not problematize the science or the nature of scientific work. According to the constructivist instructional principles generally accepted today, these early case histories did not actively engage students in their own learning, or invite them to reflect explicitly about how scientific knowledge develops its reliability. In other cases (by KLOPFER, 1964-69, and CLOUGH, 2009, 2011), the questions are often based on commenting on NOS characterizations or observations presented to the reader. They are highly directed and generally already allude to targeted NOS principles. The student's role is to agree or disagree, or to elaborate based on interpreting the text provided. Deep NOS inquiry, by contrast, presents open-ended problems about scientific practices for students to solve, probe in more depth, or discuss. The NOS concept should emerge as a solution to a particular challenge, say, about deciding between alternative theories or bolstering the trustworthiness of a claim. Interpreting closed history is different from engaging in scientific or epistemic problem solving in a historical context. One primary feature of the model profiled here, then, is using history to identify key moments from the past where one can pose open questions or decisions to students, and invite their participation – in both scientific inquiry and NOS inquiry.

NOS inquiry is not necessarily isolated. It can be integrated with more conventional inquiry on scientific concepts, rendering a holistic sense of scientific practice, or Whole Science (ALLCHIN 2013, p. 20-26, 39-40; HAGEN et al., 1996, p. v-vii, 198). This coupling has been widely recommended especially in current institutional climates and teaching cultures, where conceptual content remains the dominant focus (CLOUGH, 2006; HEILBRON, 2002; HENKE & HÖTTECKE, 2015; MONK & OSBORNE, 1997; RUDGE & HOWE, 2009). For example, in the beriberi case, students are asked standard science inquiry questions about planning investigative variables, interpreting

experimental results, developing alternative theories, and designing experiments to compare two different explanations. But they are also invited to reflect on deeper NOS problems: on the burden of proof in scientific versus social policy contexts, on the nature of human subjects in experiments, on the nature of bestowing credit in science, and on the nature of error.

Inquiry and historicist perspective

As noted before, for the NOS lessons to be relevant to interpreting scientific claims today, the perspective, even of history, should be one of "science-in-the-making." Here, professional historians are of special value in vividly conveying historicist perspectives. How did the problems look to the historical scientists (versus how do they look today)? Not "why did Eijkman believe that bacteria caused beriberi?," but "As a contemporary of Eijkman, how might you interpret the cause otherwise?" A historical case should seem like an ongoing contemporary case merely displaced in time.

The principle of respecting historical perspective, or of avoiding Whiggish history, includes a few basic rules for teachers (ALLCHIN, 2013, p. 46-106). Most important, the instructor cannot divulge the ultimate answer prematurely. Nor can they provide any biasing clues (however tempting that is!). Either would undermine the intended inquiry learning. So: there can be no foreshadowing. Likewise, there can be no obvious stacking of the deck towards certain outcomes or theories. Nor anachronistic prejudicing by ascribing scientists personality traits based on later successes or failures. Phrasing of questions that subtly invites a particular "correct" response will also subvert the goal of inquiry, just as it does when an activity is not embedded in history. Any guidance to the students must be situated in the horizon of uncertainty as experienced by their historical counterparts. *No anticipatory hints allowed.* Ultimately, just as spoilers ruin the thrill of a good mystery, they also dissolve the essential motivation and rationale for inquiry. Thus, in the beriberi case, it is important not to preemptively announce, or even analyze, Eijkman's mistaken conclusion about beriberi as bacterial. Nor should one even suggest

the need (a conspicuous clue) for a critical or skeptical attitude. Ironically, the lesson about the nature of error in science relies on quite the opposite: understanding how thoroughly reasonable Eijkman's perceptions were, given the context and the available information. That requires respecting the historical perspective fully, with all its potential blind spots.

The historical perspective ought not be overstated, however. Students need not work exclusively within the conceptual constraints of history, especially if such concepts seem foreign or unreasonable (see teachers' concerns documented by HENKE & HÖTTECKE, 2015). Inquiry (embodying constructivist-style learning principles) requires students to think creatively and draw imaginatively on their existing repertoire of concepts. Students may be introduced to the historical theories or background, but need not be tutored in accepting them provisionally to govern their own reasoning, especially if they will be expected soon to abandon them. Again, the goal is to foster inquiry, not repeat history exactly (ALLCHIN, 2013, p. 84-91).

Ironically, a teacher may need to actively suppress the role of history as an implicit benchmark. The historical scientist's work is not a standard for measuring student achievement. For the sake of inquiry, students must feel independent and responsible in pursuing their own thinking. Otherwise, students can easily "opt out" and wait for the "real" (historical) answer. Or they can perceive the historical scientists as "geniuses," endowed with privileged insight beyond their own. They can continue to believe that scientific knowledge is preformed and only delivered from authoritative sources. They will fail to appreciate how it is humanly constructed. They may also perceive the goal of science (like their own as a student) as merely confirming pre-established truths (HENKE & HÖTTECKE, 2013). In borrowing from history to guide the framing of student inquiry, one must not let the actual historical outcomes short-circuit the work of inquiry. Again, the central NOS lessons rely on students experiencing blind science-in-the-making.

At the same time, an instructor with healthy historical awareness may well anticipate how students, echoing their historical counterparts, might variously think. They

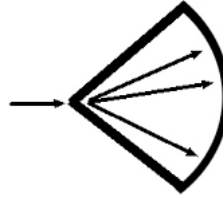
can encourage the development of alternatives within the historical horizon. Afterwards, students themselves may also possibly learn (and appreciate) how their thinking parallels actual history. For example, in the beriberi case, when students confront Christiaan Eijkman's problems in the 1890s, they typically introduce hypotheses or design experiments similar to his. They are also equally adept at echoing Eijkman's critics in finding potential flaws in his reasoning. Comparing student work with their historical counterparts is a form of validation — without having to characterize the work as either right or wrong. Students understand that they are doing "real" science, while still in a school setting (a frequent deficit of student inquiry exercises, as noted by CLOUGH, 2006).

Notably, a historical inquiry, like any genuinely open inquiry, is "messy." The uncertainty is often accompanied by complexity and underdetermination, and may provoke feelings of confusion, chaos, or insecurity (ALLCHIN, 2013, p. 121–132). These are additional emotional dimensions for teachers to manage (in both themselves and students). Oversimplifying the history, a common tendency among novice teachers, runs the risk of destroying the essential historical perspective of science-in-the-making and erasing the very meaning of inquiry.

The challenge of open inquiry

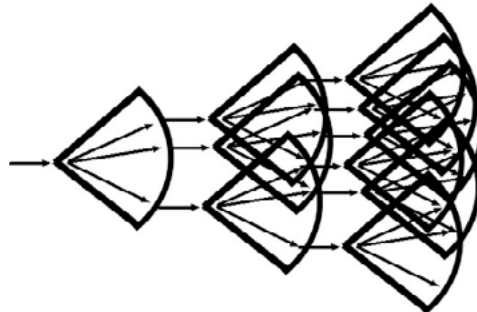
Inquiry, like science, is opportunistic. It is susceptible to context and unanticipated factors. At each moment of inquiry, then, many divergent trajectories are possible (Figure 1). One cannot predict in advance to where the inquiry will lead. By contrast, institutional curricula typically dictate fixed conceptual endpoints. Ironically, the inquiry must be resolved with a predictable outcome. Indeed, inquiry teachers exhibit significant concerns about target lessons, control of instructional flow, and maintaining their authority in the classroom (HENKE & HÖTTECKE, 2015; HÖTTECKE & SILVA, 2011). How does one guide inquiry to the desired endpoint without eclipsing the unpredictable pathways that are so essential to understanding the exploratory NOS? Namely, how can inquiry be open- and close-ended at the same time?

Figura 1.
Divergence in inquiry.



Moreover, each successive step of inquiry introduces new options, new opportunities, new possible trajectories (Figure 2). There are many problems to pose, then many ways to frame any particular problem, plus many ways to design investigations, many ways to interpret results, many ways to imagine sequel investigations, and so on. One important lesson from history is that promising trajectories do not always yield expected discoveries. Likewise, unplanned connections or contingencies sometimes lead to major breakthroughs (ALLCHIN, 2012b; BURKE, 1978; KOHN, 1989; LIVIO, 2013; ROBERTS, 1989). Which trajectory does one pursue in a classroom, with what consequences? Consider that separate class periods for the same teacher may diverge, making planning and preparing for the next day's activities – especially laboratories – burdensome. Long-term scheduling and coordination become exceedingly problematic. Faced with such uncertainties, an instructor may seek efficiency and control, and turn to an idealized learning trajectory, or rational reconstruction. Such imaginary histories promise a secure teaching sequence and guaranteed solutions. Ironically, however, they also tend to convey misleading lessons about the uncertain nature of science-in-the-making and typically decrease student engagement in divergent, open-ended thinking (ALLCHIN, 2013, p. 77-92). "Cookbook history" does not foster NOS lessons any more than "cookbook labs" reflect genuine scientific investigation.

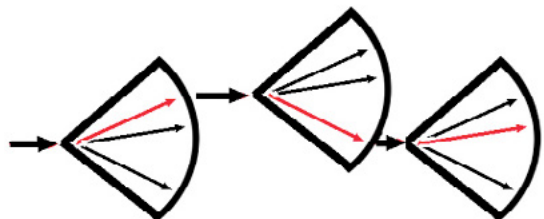
Figura 2.
Potential compounded divergence
in successive stages of inquiry.



In addition, the psychological rationale for inquiry learning tends to frame it as an individual experience. Inquiry in a group setting can be fraught with emotional and interpersonal challenges. For example, students do not all think alike. Pursuing one trajectory at the cost of other students' suggestions can easily alienate some individuals, and foster counterproductive feelings of exclusion. Also, because learning proceeds through trial and error, "failure" seems inevitable. Subsequent student feelings of discouragement may threaten commitment to the learning process. Or disillusionment may erode the trust essential to an effective teacher-student relationship. Politics and emotions can thus overrun the undisciplined inquiry classroom and erode the student's critical investment in learning. In practice, inquiry can be a very fragile learning structure.

Ironically, history can again help guide a teacher in managing the challenges of open-ended inquiry. Once students have completed their own short-term inquiry activity, the instructor can return to the historical case. The students learn a bit more of the actual history. It can offer comparison without evaluation. The historical narrative then neatly provides a way ahead. While many trajectories are possible, one follows just the decisions or choices of some central historical character (Figure 3). The choice is partly arbitrary. But it leads to a coherent and humanistic narrative. One can articulate the character's reasoning, without necessarily endorsing it, nor discounting student work. Thus, in a historical inquiry approach, historical events need not be the benchmark for "correct" responses. Subsequent history will tell the tale, with corresponding lessons about the NOS. The particularity, especially coupled with awareness of the diverse possibilities, helps underscore that scientists inevitably practice within a personal perspective – a vital NOS lesson (variously expressed as "subjectivity," "theory-ladenness" or "social and cultural context").

Figure 3.
Successive divergences guided by
an episodic historical narrative



The core historical narrative then guides students to the next occasion for inquiry (Figure 3). There, one entertains divergent inquiry thinking again. And, again, the narrative helps the teacher through the dilemma of which trajectory to pursue. Because the history is authentic, not rationally reconstructed, students cannot always depend on the central character to reach the "right" answer. No anticipated outcome upstages the historical drama, with its twists and turns, and unanticipated events. Because the trajectory is also somewhat arbitrary, students see their own responses (when justified by evidence) as equally valid alternatives.

Again, the aim here is not for students to replicate history. Indeed, the cognitive recapitulation model, positing that students develop in direct parallel to scientists through history, has been widely discredited (ALLCHIN, 2013, p. 86-88; MONK & OSBORNE, 1997, p. 412-413; SWANSON, 1995). The history should provide occasions for inquiry, not a predetermined script. History frames instead a "lineage of questions" – a strategy pioneered in Mix, Farber and King's Biology text (1996; and articulated in FARBER, 2003).

Episodic inquiry or interrupted narrative?

In historical inquiry, the story functions primarily to support successive inquiry activities. The narrative is alternately preamble and epilogue, carefully crafted to spur the students' own thinking and then inform further reflection. The history/inquiry assumes an episodic character (akin to the familiar form of an "interrupted" narrative). For example, the narrative for the beriberi case is extensive. But it all revolves around contextualizing, informing, and interpreting the series of 14 inquiry questions, or "THINK" exercises, which form the primary occasion for learning. The cases in this special volume are further examples of this format (see also McMillan's "The snowflake men" [2012]; Howe and Rudge's [2005] case on sickle cell anemia; Dolphin's [2009] multi-week curriculum on mountain-building; and the Minnesota case study collection [ALLCHIN, 2012a]).

Episodic historical narratives differ significantly from other approaches to stories in Science education. For example, Metz et al. (2007) advocate stories along with "the use of imaginative and manipulative components within the narrative," which "involves the reader in an ongoing interaction with the narrative" (p. 316). However, if the NOS lessons are primarily achieved through inquiry, the history should play the supporting, not the lead role. The history should function to engage the student in the inquiry, rather than the inquiry activity being an adjunct to the history.

As practiced by professional storytellers, interruption is a key strategy. It helps involve the listener, and foster "narrative appetite" and anticipation (NORRIS et al., 2005, p. 541). Wandersee recommended just such a strategy for history in the Science classroom. By "participating" in the story, students would increase their stake in following the outcome. Similarly, when role-playing historical scientists, Wandersee would ask students questions or seek their opinions on his actions (ELEANOR & WANDERSEE 1995; ROACH & WANDERSEE, 1993, 1995; WANDERSEE, 1990). While interruption can be a powerful storytelling technique, its role in inquiry cases is quite different. The emphasis is on the students' own NOS thinking, not making the story more important. Ideally, one should foster an "appetite for NOS," not merely a "narrative appetite." The students should become more interested in their own creative problem-solving, than in hearing more story recited to them. In a sense, then, it is an inquiry interrupted by narrative segues, rather than a narrative interrupted by inquiry activities. The history contributes to a sense of continuity and human context across the successive occasions for active thinking. The inquiry is punctuated. The epilogue of one episode should segue seamlessly to the preamble of the next. The history can thus condense large spans of time, making it possible to address large-scale inquiry projects in a classroom setting. The resulting continuity underscores the episodic (rather than the canonical "interrupted") structure of the narrative.

Teachers generally find an episodic format comfortable in the classroom (REID-SMITH, 2013). Most notably, it balances opportunities for autonomous student activity with instructor control of overall instructional flow. It also changes the rhythm of a class period frequently, promoting sustained student attention and learning. Perhaps for these reasons episodic, or "interrupted," cases are the most popular among users of the Center for Case Study Teaching in Science (HERREID, 2005; HERREID et al., 2011; 2012, p. 73; although the cases are generally not historical).

The significance of an episodic structure for inquiry has an interesting consequence for how one uses historical cases in the classroom. Namely, teachers do not like relying on students reading a narrative text, especially during class time (HENKE & HÖTTECKE, 2015; REID-SMITH, 2013; RUDGE & HOWE, 2009, p. 565). A focus on inquiry promotes interaction with the teacher as narrator, perhaps using images that help visualize the problem, the scientists, or their work. Personal engagement contributes further to a more lively, vivid, and memorable rendering of science and NOS.

Resolving inquiry and the historical narrative

Perhaps the greatest conundrum for any student-led inquiry is reaching closure. How does one shepherd the open-ended process to a known endpoint – say, the modern scientific concept at the core of a conventional lesson? The teacher who guides the students too strongly or conspicuously towards the "correct" endpoint risks destroying the core epistemic lesson: that there is no external, omniscient authority to guarantee "the truth." A teacher cannot maintain the integrity of inquiry while also intervening to save students from a crisis of confusion or the chaos of an unwieldy investigation. Any authority who resolves a troubled inquiry *deus ex machina* ultimately subverts the core NOS lessons.

As noted briefly before, the narrative informed by history is critical in achieving convergence. First, one consults history in part because one knows that there is indeed a solution before embarking on a path of "open" inquiry. Teachers can pose the original question or problem

secure that there is some scientific closure. (In this way, a historical case differs importantly from a contemporary case or controversy.) Eventually, the historical narrative converges on a solution. Each segment of actual events yields new findings that help resolve uncertainties or debate. So the teacher has a secure and predictable closure, even if along a zig-zag path. Notably, this allows the instructor to situate a historical inquiry lesson in a large-scale instructional plan, without forsaking the core open-ended activities.

Second, the history provides the investigations, evidence and reasoning that helped settle debates and led past scientists to select among alternative conceptual interpretations. Criticisms are answered. Exceptions are clarified. Qualified judgments wane. Possibilities narrow. Debate subsides. Confidence in a stable solution emerges. Moreover, the relevant experimental results or evidence may well be beyond the reach of a school classroom – perhaps based on expensive instruments or prolonged study. Nor do students exhibit professional levels of expertise (whether about fossil identification or seismic data or statistical models). History can conveniently collapse time. Narrative can substitute material effort and escape the need to fund research. Students are thus able to participate vicariously in an inquiry that would otherwise not be possible in a classroom.

Third, the narrative format allows the instructor to lead the students through these encounters in an authentic way. The history gradually comes to the “rescue,” but clearly not by superhuman insight or supernatural agent. Indeed, the history can reveal all the unanticipated contingencies. In the beriberi case, new investigators with different theoretical orientations provided new evidence. Results from studies on nutrition, unrelated to beriberi, emerged with additional meaningful results. Once one recounts how events unfolded, the students can participate and reach the final conclusions themselves.

Because narrative and inquiry are coupled, the denouement of the narrative parallels the resolution of the central problem that originally motivated the inquiry and launched the historical story. Closure is thus achieved in two ways at once. The scientific problem is solved. At the same time, the narrative journey reaches

its anticipated destination, with associated emotions. In the beriberi case, the discovery of vitamins is marked and celebrated with the award of a Nobel Prize. In the double closure, the finished story explains science as a process. The narrative brings science and NOS together, with an emotional knot for the student.

Closure can occur even when the ending may be wholly unexpected. At first, the story of beriberi seems to be about disease and germ theory. But it ends unexpectedly with the concept of vitamins – ironically, a concept already familiar to most students, but not obviously relevant at the outset. Like many captivating stories, the ultimate ending in science may be unanticipated (BURKE, 1978; for the case of the Keeling Curve, see Leaf, 2012; on Gajdusek, kuru and prions, see GROS, 2011).

Finally, the closing offers an occasion for comparing student performance with the actual events from history. The history is not the authoritative benchmark. But it is still a valuable point of reference in retrospect (as noted by Howe, 2007, and MONK and OSBORNE, 1997). Students can see the variety of possible pathways forward. They can note the difference between the actual history and a perhaps idealized version of it. The roles of politics, personal perspectives, cultural values, or other contextual elements shaping science become clearer.

Consolidating NOS learning

The final stage to any inquiry, or constructivist learning episode, is the consolidation of the lessons. Here is where one guides the students in drawing and appreciating the "morals" of the story. One cannot expect stories to "speak for themselves" as evidence for the NOS, any more than the scientific data "speak for themselves" in forming theoretical conclusions in science. As Tao (2003) noted,

When studying the Science stories, many students selectively attend to certain aspects of the stories that appear to confirm their inadequate views; they are unaware of the overall theme of the stories as intended by the instruction. (p. 168)

Indeed, Science teachers can take an entire History of Science course and fail to learn much about the NOS (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000). Explicit reflection on NOS issues is critical (CLOUGH, 2006; CRAVEN, 2002; HOWE, 2007; KLOPFER, 1969; KURDZIEL & LIBARKIN, 2002; PETERS & KITSANTAS, 2010; RUSSELL, 1981; SCHARMANN et al., 2005; SEKER & WELSH, 2005; YACOUBIAN & BOUJAOUDE, 2010). Thus, reflection should be encouraged throughout. But the closure of the lesson, which accompanies the closure of the narrative, allows a special occasion for holistic discussion of NOS issues, especially those that emerge from comparing "before" and "after."

In closing a historical inquiry case, the teacher and students explicitly recall and identify the various historical factors that led to the outcome. But ultimately, the students must complete the NOS reflection on their own. In the beriberi case, students are invited to formalize in writing their thinking about many features of the NOS: the cultural context of science; the role of theoretical preconceptions; the role of chance, or accident; the nature of controlled experiments; error and conceptual change; and so on. Again echoing basic constructivist pedagogy (now at the level of NOS), this ensures personal cognitive integration of the NOS lessons.

Historical explanation and learning through narratives

Another virtue of combining history with inquiry is the narrative format itself. Stories are an integral part of human experience and a familiar form of sharing information. Indeed, our cognitive tendency to tell stories may be shaped by our evolutionary heritage as social organisms (HSU, 2008). Stories certainly engage students. So narratives can be valuable vehicles for rendering any Science lesson (GREEN, 2004; HERREID, 2007), including scientific inquiry as a process (NORRIS et al., 2005).

But narratives also do more than entertain and inform. As philosophers of history note, they are implicit explanations (BRUNER, 1991; CARR, 2008; NORRIS et al., 2005, p. 546-548, 557; RICHARDS, 1992; WHITE, 1987). They demonstrate historical causation. Stories display "a logic of the flow of actions through time, a structure of

events that gives them a distinctive form." A narrative "ties the action to its background circumstances, its antecedent events, and its subsequent results" (CARR, 2008, p. 25, 29). Indeed, humans may tend to think primarily in terms of narratives and exemplars, rather than abstract laws. Even scientists rely on case studies, model systems, and exemplars (CREAGER, LUNBECK, & WISE, 2007; KUHN, 1977). By situating inquiry processes in concrete scenarios, stories cognitively support analogical thinking about NOS in other cases. For example, in the beriberi case, students participate in reasoning about Eijkman's theory about germ theory. Later they discover that he was mistaken. Even though they found it reasonable, too. The lesson in trial and error and conceptual change in science is experiential, not based on some dry or vague general statement that "science is tentative, but durable."

Ideally, then, the teacher will be well aware that historical narratives, like fables, have inherent NOS "morals." They will reflect on the narrative content and use its explanatory power mindfully. For example, because stories have a potent affective component, an ill-structured narrative can easily, as Velleman (2003) notes, instill an association of the intended lesson with the "wrong" reasons. Similarly, stereotypes and melodramatic tropes that form the basis of so much familiar storytelling can misportray the nature of authentic inquiry or scientific practice (ALLCHIN, 2013, p. 46-76). Effective use of the narrative format demands extraordinary care.

Yet narratives can also be powerful tools. They can vividly depict the relevance of a broad spectrum of factors that shape scientific work and its conclusions. In the beriberi case, students encounter the roles of culture, chance, evidence, criticism, and multiple investigators. Stories convey concretely how they are all integrated: contributing to what has aptly been called a Whole Science approach to science and NOS (ALLCHIN, 2013, p. 20-26, 39-40).

Summary

The model of historical inquiry using episodic narratives thus has several elements of structure, all supporting the aim of learning NOS through inquiry (Table

1): (1) cultural and biographical motivational contexts; (2) questions that problematize the NOS and promote NOS inquiry; (3) historical perspectives exhibiting science-in-the-making; (4) a narrative format; (5) an episodic structure; (6) coupled closure of both inquiry and narrative; and (7) final reflection and consolidation of lessons. These elements, collectively, embody or support the conventional principles of inquiry learning, and help explain why historical narratives, appropriately adapted, can be so effective for learning science and the NOS.

Table 1. Features of the episodic historical inquiry model

! motivate inquiry through both cultural and biographical historical contexts

! problematize the NOS through puzzles and questions

! foster inquiry and the uncertainty of science-in-the-making through historical perspective

! structure inquiry stepwise to follow a historical lineage of questions, linked through an episodic ("interrupted") narrative

! resolve the scientific inquiry and historical narrative in tandem

! consolidate NOS lessons through a final and explicit reflection

! use the narrative format to provide a historical explanation of NOS

For discussion and critical readings, I would like to thank Glenn Dolphin, Fred Finley, David Groos, Andreas Henke, Eric Howe, Kipp Herreid, Jerrid Kruse, Jonathan Osborne, and David Rudge.

References

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. The influence of history of Science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 37, p. 1057-1095, 2000.
- ALLCHIN, D. The Minnesota case study collection: new historical inquiry cases for nature of Science education. **Science & Education**. v. 21, p. 1263-82, 2012[a].
- _____. Teaching the Nature of Science through scientific error. **Science & Education**. v. 96, p. 904-26, 2012[b].
- _____. **Teaching the Nature of Science: perspectives and resources**. St. Paul, MN: SHIPS Education Press, 2013.
- BELL, R. **Teaching the Nature of Science through process skills: activities for grades 3 – 8**. Boston: Allyn & Bacon, 2007.
- BOARD ON SCIENCE EDUCATION, U. S. National Academies of Sciences. **A framework for K– 12 Science education**. Washington, DC: National Academies Press, 2012. Available at: <http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165>.
- BRUNER, J. S. The narrative construction of reality. **Critical Inquiry**. v. 18, p. 1-21, 1991.
- BURKE, J. **Connections**. Boston, MA: Little Brown & Co., 1978.
- CARR, D. Narrative explanation and its malcontents. **History and Theory**. v. 47, n. 1, p. 19-30, 2008.
- CLOUGH, M. F. Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective Nature of Science instruction. **Science & Education**. v. 15, n. 5, p. 463-94, 2006.
- CLOUGH, M. P. (ed.). **The story behind the science: bringing science and scientists to life** [website]. Ames, IA: Iowa State University School of Education, 2009. Available at: <<http://storybehindthescience.org/biology.html>>.
- _____. The story behind the science: bringing science and scientists to life in post-secondary science education. **Science & Education**. v. 7, p. 701-17, 2011.

- CONANT, J. B. **On understanding science**: an historical approach. New Haven, CT: Yale University Press, 1947.
- CONANT, J. B.; NASH, L. K. **Harvard case histories in experimental science**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1957.
- CRAVEN, J. A. Assessing explicit and tacit conceptions of the nature of science among preservice elementary teachers. **International Journal of Science & Education**. v. 24, p. 785-802, 2002.
- CREAGER, A. N. H.; LUNBECK, E.; WISE, M. N. (eds.). **Science without laws**: model systems, cases, exemplary narratives. Durham, NC: Duke University Press, 2007.
- DENG, F. et al. Students' views of the nature of science: A critical review of research. **Science & Education**. v. 95, p. 961-99, 2011.
- DOLPHIN, G. Evolution of the theory of the earth: A contextualized approach for teaching the history of the theory of plate tectonics to ninth grade students. **Science & Education**. v. 18, p. 425-41, 2009.
- DRIVER, R.; OLDHAM, V. A constructivist approach to curriculum development. **Science & Education**. v. 13, p. 105-22, 1985.
- ELEANOR, A.; WANDERSEE, J. H. How to infuse actual scientific research practices into Science classroom instruction. **International Journal of Science & Education**. v. 17, p. 683-94, 1995.
- ERTEN, S.; KIRAY, S. A.; SEN-GÜMÜS, B. Influence of scientific stories on students ideas about science and scientists. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**. v. 1, n. 2, p. 122-37, 2013.
- FARBER, P. Teaching evolution and the nature of science. **The American Biology Teacher**. v. 65, p. 347-54, 2003.
- FLOWER, M. Conceiving Science education as a practice of technoscientific practice. In: FINLEY, F. et al. (eds.). **Proceedings of the Third International History, Philosophy, and Science Teaching Conference**. Minneapolis, MN: University of Minnesota Office of Continuing Education, 1995. p. 389-409.

- GREEN, M. E. Storytelling in teaching. **Observer**. v. 17, n. 4, 2004.
- GROS, P. P. Carleton Gadjusek & kuru. Minneapolis, MN: SHiPS Resource Center, 2011. Available at: <<http://www1.umn.tc.edu/ships/modules/biol/gadjusek.htm>>.
- HADZIGEORGIU, Y.; KLASSEN, S.; FROESE-KLASSEN, C. Encouraging a "romantic understanding" of science: The effect of the Nikola Tesla story. **Science & Education**. v. 21, n. 8, p. 1111-38, 2012.
- HAGEN, J.; ALLCHIN, D.; SINGER, F. **Doing Biology**. Glenview, IL: Harper-Collins, 1996. Available at: <<http://doingbiology.net>>.
- HEILBRON, J. L. History in science education, with cautionary tales about the agreement of measurement and theory. **Science & Education**. v. 11, p. 321-31, 2002.
- HENKE, A., HÖTTECKE, D. Learning about the nature of science: comparing inquiry-based with history-based science teaching – an experimental study [poster presentation]. Presented at the 2013 International History, Philosophy & Science Teaching Group, Pittsburgh, PA, 2013.
- HENKE, A., HÖTTECKE, D. Physics teachers' perceived demands regarding history and philosophy in teaching. **Science & Education**. v. 24, p. 349-85, 2015.
- HERREID, C. F. The interrupted case method. **Journal of College Science Teaching**. v. 35, n. 2, p. 4-5, 2005.
- _____. **Start with a story: the case study method for teaching college science**. Arlington, VA: NSTA Press, 2007.
- HERREID, C. F. et al. In case you are interested: A survey of case study teachers. **Journal of College Science Teaching**. v. 40, n. 4, p. 76-80, 2011.
- _____. My favorite case and what makes it so. **Journal of College Science Teaching**. v. 42, p. 70-75, 2012.
- HIPST [History and Philosophy in Science Teaching Consortium]. Theoretical basis of the HIPST Project, 2018. Available at: <http://hipst.eled.auth.gr/hipst_htm/theory_complete.htm>.
- HONG, H. Y.; LIN-SIEGLER, X. How learning about scientists' struggles influences students' interest and learning

- in Physics. **Journal of Educational Psychology**. v. 104, p. 469-84, 2012.
- HÖTTECKE, D., SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school Science education is a challenge: An analysis of obstacles. **Science & Education**. v. 20, p. 293-316, 2011.
- HOWE, E. M. Addressing nature-of-science core tenets with the history of science: An example with sickle-cell anemia. **The American Biology Teacher**. v. 69, p. 467-72, 2007.
- _____. **Teaching with the history of science: understanding sickle-cell anemia and the nature of science**, 2010. Available at: <[http://www1.assumption.edu/users/emhowe/Sickle Case/start.htm](http://www1.assumption.edu/users/emhowe/Sickle%20Case/start.htm)>.
- HOWE, E. M.; RUDGE, D. W. Recapitulating the history of sickle-cell anemia research: improving students' NOS views explicitly and reflectively. **Science & Education**. v. 14, p. 423-41, 2005.
- HSU, J. The secrets of storytelling: why we love a good yarn. **Scientific American**, 2008. Available at: <<http://pragmasynesi.wordpress.com/2008/09/24/the-secrets-of-storytelling-why-we-love-a-good-yarn/>>.
- KHISHFE, R. Nature of science and decision-making. **International Journal of Science Education**. v. 34, n. 1, p. 67-100, 2012.
- KLASSEN, S. The construction and analysis of a science story: a proposed methodology. **Science & Education**. v. 18, p. 401-423, 2009.
- KLASSEN, S.; FROESE-KLASSEN, C. Raising interest in interest: a critical component in learning Science through stories and informal learning environments. In: HEERING, P.; KLASSEN, S.; METZ, D. (eds.). **Flensburg studies on the history and philosophy of science in Science education**. v. 2. Flensburg: Flensburg University Press, 2013.
- _____. Science teaching with historically based stories: theoretical and practical perspectives. In: MATTHEWS, M. R. (ed.). **International handbook of research in history and philosophy Science and Mathematics education**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 1503-1529.

- KLOPFER, L. E. History of science cases [9 vols.]. Chicago, IL: Science Research Associates, 1964.
- _____. The teaching of Science and the history of science. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 6, p. 87-95, 1969.
- KOHN, A. **Fortune or failure**: missed opportunities and chance discoveries. Oxford: Basil Blackwell, 1969.
- KUBLI, F. Can the theory of narratives help science teachers be better storytellers? **Science & Education**; 2001, 10:595-99.
- KUHN, TS. Second thoughts on paradigms. In: **The essential tension**. Chicago: University of Chicago Press, 1977. p. 293-319.
- KURDZIEL, J. P.; LIBARKIN, J. C. Research methodologies in Science education: students' ideas about the nature of science. **Journal of Geoscience Education**. v. 50, n. 3, p. 322-29, 2002.
- LATOUR, B. **Science in action**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987.
- LEAF, J. Charles Keeling & measuring atmospheric carbon dioxide. Minneapolis, MN: SHiPS Resource Center, 2012. Available at: <<http://ships.umn.edu/modules/earth/keeling.htm>>.
- LIVIO, M. **Brilliant blunders**: from Darwin to Einstein. New York, NY: Simon & Schuster, 2013.
- MCMILLAN, B. The snowflake men. In: P. Heering, M. Markert, & H. Weber (Eds.), *Experimentelle Wissenschaftsgeschichte didaktisch nutzbar machen: Ideen, Überlegungen und Fallstudien*, p. 45-65. Flensburg: Flensburg University Press; 2012.
- METZ, D. et al. Building a foundation for the use of historical narratives. **Science & Education**. v. 16, p. 313-34, 2007.
- MIX, M. C., FARBER, P., KING, K. I. **Biology**: the network of life. 2.ed. Glenview, IL: HarperCollins, 1996.
- MONK, M.; OSBORNE, J. Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. **Science & Education**. v. 81, p. 405-24, 1997.
- Norris, S. P. et al A theoretical framework for narrative explanation in science. **Science & Education**. v. 89, n. 4, p. 535-63, 2005.

- PETERS, E. E.; KITSANTAS, A. Self-regulation of student epistemic thinking in science: The role of metacognitive prompts. **Educational Psychologist**. v. 30, n. 1, p. 27-52, 2010.
- REID-SMITH, J. A. **Historical short stories as Nature of Science instruction in secondary science classrooms**: Science teachers' implementation and students' reactions. Graduate Theses and Dissertations. Paper 13633. Ames, IA: Iowa State University, 2013.
- RICHARDS, R. J. The structure of narrative explanation in history and biology. In: NITECKI, M. H.; NITECKI, D. V. (eds.). **History and Evolution**. Binghamton, NY: State University of New York Press, 1992. p. 19-54.
- ROACH, L. E.; WANDERSEE, J. H. Short story science: using historical vignettes as a teaching tool. **The Science Teacher**. v. 60, n. 6, p. 18-21, 1993.
- _____. Putting people back into science: Using historical vignettes. **School Science and Mathematics** v. 95, p. 365-70, 1995.
- ROBERTS, R. **Serendipity**: accidental discoveries in science. New York: Wiley, 1989.
- RUDGE, D. W.; HOWE, E. M. An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. **Science & Education**. v. 18, p. 561-80, 2009.
- RUSSELL, T. L. What history of science, how much, and why? **Science & Education**. v. 65, p. 51-64, 1981.
- SCHARMANN, L. C. et al. Explicit reflective Nature of Science instruction: evolution, intelligent design, and umbrellaology. **Journal of Science Teacher Education**. v. 16, p. 27-41, 2005.
- SEKER, H.; WELSH, L. The differentiation of contexts provided by history of science. In: METZ, D. (ed.). **Proceedings of the 7th International History, Philosophy of Science and Science Teaching Conference** (CD-ROM). Winnipeg: University of Winnipeg; 2003.
- _____. The comparison of explicit and implicit ways of using history of science for students understanding of the nature of science. Paper presented at Eighth International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference, Leeds, England, 2005.

- STINNER, A. Contextual settings, science stories, and large context problems: toward a more humanistic science education. **Science & Education**. v. 79, n. 5, p. 555-81, 1995.
- STINNER, A. et al. The renewal of case studies in Science education. **Science & Education**. v. 12, n. 7, p. 617-43, 2003.
- SWANSON, R. P. Science education recapitulates science history: how can history guide modern science curriculum? In: FINLEY, F. et al. (eds.). **Proceedings of the Third International History, Philosophy, and Science Teaching Conference**. Minneapolis: University of Minnesota Office of Continuing Education, 1995. p. 1192-94.
- VELLEMAN, J. D. Narrative explanation. **The Philosophical Review**. v. 112, p. 1-25, 2003.
- WANDERSEE, J. H. On the value and use of the history of science in teaching today's Science: Constructing historical vignettes. In: HERGET, D. E. (ed.). **More history and philosophy of science in Science teaching**. Tallahassee, FL: Florida State University, 1990. p. 278-283.
- WHITE, H. **The content of the form: narrative discourse and historical representation**. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1987.
- YACOUBIAN, H. A.; BOUJAOUDE, S. The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 47, n. 10, p. 1229-52, 2010.

Data de recebimento: 12/06/2018

Data de aprovação: 16/11/2018

Três casos de aconselhamento genético no Brasil

Three study cases of genetic counseling in Brasil

Débora Aymoré¹

1. Bacharel em Direito (UFPA, 2004), Especialista em Filosofia e Epistemologia das Ciências Humanas (UFPA, 2007), Mestre em Filosofia (USP, 2010), Doutora em Filosofia (USP, 2015). Desde 2017, Professora Substituta do curso de Licenciatura em Filosofia da Universidade do Estado do Amapá (UEAP). Atua principalmente nos temas: filosofia e historiografia da ciência, progresso científico e tecnológico, valores, bioética, filosofia da natureza, estudos de gênero, ficção científica.

Resumo

Ao abordarmos a aplicação tecnológica como uma prática contextualizada social e historicamente, e desenvolvida em determinadas instituições, refletimos sobre três casos de aconselhamento genético realizado no Centro de Estudos do Genoma Humano e Células-Tronco. Segundo Mayana Zatz, professora titular de genética do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, o aconselhamento genético é capaz de diminuir o risco de casais terem seus filhos afetados por doenças (ZATZ, 2000, p. 29). Além da prevenção, o aconselhamento genético pode levar à obtenção de informações incidentais, tais como sobre falsa paternidade ou sobre relações de incesto. A tensão derivada de informações incidentalmente obtidas envolve redes complexas de valores endossados, tanto pelos responsáveis pelos atendimentos quanto pelos pacientes e seus familiares. Assim, a decisão sobre revelar ou não informações incidentais requer a articulação dos valores envolvidos, tendo em vista a manutenção (ou não) do sigilo médico e a realização do menor dano possível aos pacientes e aos seus familiares. Juntamente com o sigilo médico, outros valores sociais estão implicados nas situações controversas, tais como a proteção à intimidade individual, à família, à criança e ao adolescente. Visando a contextualizar os três casos de aconselhamento abordados, faremos referência à Constituição Federal de 1988, ao Código de Ética Médica e ao ECA, buscando basear nossa análise em valores sociais considerados em alta estima no Brasil.

Palavras-chave

aconselhamento genético, falsa paternidade, incesto, informações incidentais, sigilo médico.

Abstract

Approaching technological applications as social-historical contextualized practices, and developed within certain institutions, we reflect on three cases of genetic counseling performed at the Human Genome and Stem-Cells Research Center. According to Mayana Zatz, chair professor in Genetics at Biosciences Institute of University of São Paulo, genetic counseling is capable of decrease risks of couples' descendants affected by genetic diseases (ZATZ, 2000, p. 29). Beyond prevention, genetic counseling can raise incidental information, such as false paternity or incestuous relations. The tension derived from incidental information involves a complex set of values endorsed by institutional representatives, as well as by patients and kin. Therefore, decisions related to revealing or not incidental information, require values articulation mainly focused on maintenance (or not) of medical confidentiality, and aiming to cause the least damage possible to patients and families. Therefore, along with medical confidentiality, other social values are involved in controversial situations, such as the individual intimacy, family, and children and adolescent protections. To contextualize the three study cases approached, we will refer, among others laws, to the Brazilian Federal Constitution of 1988, the Code of Medical Ethics and the Statute of Children and Adolescents, in order to base our analysis on highly estimated social values in Brazil.

Keywords

Genetic Counseling. False Paternity. Incest. Incidental information. Medical confidentiality.

Introdução

O aconselhamento genético é uma realidade no Brasil. Praticado no Centro de Estudos do Genoma Humano e Células-Tronco (CEGH-CEL) vinculado ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, ele é um serviço oferecido à comunidade. Desde o ano 2000, foram atendidas mais de 50 mil famílias, segundo o relato da geneticista Mayana Zatz (2011, p. 27-8). Em outra contagem fornecida no site de divulgação científica do Projeto Semear, vinculado ao CEGH-CEL, o aconselhamento genético já

2. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/biologia/projetosemear/diferentes/>>. Acesso em: 26 mar. 2015.

3. Mariana Toledo Ferreira em estudo sociológico recente sobre a institucionalização da pesquisa genética no Brasil afirma que o CEGH-CEL é constituído por cerca de 90 pessoas, entre professores, pesquisadores, médicos, técnicos especializados e estudantes de graduação e de pós-graduação. Dentre eles existem doze pesquisadores seniores, sendo que dez são do Instituto de Biociências da USP, um é médico e livre docente do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP e o outro está ligado ao Instituto de Biociências na USP (FERREIRA, 2013, p. 12-3). Essa coleção de membros participantes do centro de estudos já oferece uma primeira impressão sobre a quantidade e a complexidade de atividades nele desenvolvidas.

4. Michael J. Sandel considera como exemplos de aplicações da genética molecular para o melhoramento as bioengenharias realizadas para melhoria da musculatura, da memória e da altura (SANDEL, 2013, p. 23-31). A questão que permeia tais exemplos é que, embora originalmente dirigidas para amenizar ou curar doenças, tais como, respectivamente, as derivadas de doenças degenerativas da musculatura, as decorrentes do envelhecimento ou mesmo de deficiências de hormônio de crescimento, abrem a possibilidade de serem aplicadas em organismos saudáveis, tendo em vista a formação de organismos acima da média.

alcançou, desde o ano de 1968, o número expressivo de 100 mil famílias atendidas.² Em qualquer das contagens, a quantidade de aconselhamentos realizados impressiona. Além disso, deve-se considerar que tal serviço é uma das atividades realizadas no CEGH-CEL, pois os cientistas e demais profissionais também se dedicam à pesquisa e à divulgação científica, com especial atenção à produção e disponibilização de materiais didáticos para a educação.³ Trata-se, então, de uma instituição científica com grande estima e importância pública.

Como podemos definir o aconselhamento genético? Segundo Zatz, ele é resultado de uma investigação que tem como objetivo fazer com que as pessoas concernidas, sejam elas os pacientes ou seus familiares, recebam informações necessárias para capacitá-los a tomar decisões de forma consciente, autônoma e responsável (ZATZ, 2011, p. 54). São fornecidos subsídios para que os atendidos reflitam sobre a possibilidade de gerarem ou não descendentes, pois há casos que implicam assumir o risco de transmissão de características genéticas indesejáveis aos descendentes. No entanto, a expressão é imprecisa, uma vez que o "(...) geneticista não aconselha. Ele deve apenas cuidar para que as possibilidades de escolha de seus pacientes sejam informadas e esclarecidas" (ZATZ, 2011, p. 30).

Não se trata, portanto, de tomar decisões em nome dos pacientes com base nas informações genéticas obtidas, mas apenas de informá-los de modo acurado para que, com base no esclarecimento, por exemplo, sobre a probabilidade de que seus descendentes desenvolvam determinadas doenças genéticas ou sobre a gravidade das mesmas, os pacientes estejam mais capacitados a tomar decisões autônomas quanto a gerar ou não descendentes, dado o enfrentamento com o risco de que a prole se torne ou portadora assintomática ou que efetivamente desenvolva doenças genéticas. Os casos tratados pelo CEGH-CEL não se dirigem, assim, diretamente ao melhoramento genético,⁴ nem mesmo a detecção de genes cuja repercussão fenotípica pode ser considerada secundária, tais como a cor dos olhos, da pele ou do cabelo. Trata-se antes da identificação de anormalidades genéticas com graves repercussões, como é o caso da doença de Huntington (ou coreia de Huntington), a fibrose

5.

A doença de Huntington tem seu início na meia-idade e é caracterizada pelos movimentos espasmódicos, pela perda de neurônios e, em suas etapas mais avançadas, várias funções são afetadas, de modo que o paciente passa a precisar de assistência médica em tempo integral (MANUAL MERCK. Disponível em: <<http://www.manual-merck.net/?id=93&cn=876&ss=Huntington>>. Acesso em: 17 maio 2015); a Fibrose cística faz com que determinadas glândulas produzam secreções de modo anormal, afetando o tubo digestivo e os pulmões. Apenas 35% das pessoas que sofrem dela chegam à fase adulta, acometendo igualmente pessoas do sexo feminino e do masculino (MANUAL MERCK. Disponível em: <<http://www.manual-merck.net/?id=69>>. Acesso em: 17 maio 2015); e, na anemia drepanocítica, o indivíduo apresenta um gene normal e outro anormal, produzindo glóbulos vermelhos normais e de estrutura anômala (MANUAL MERCK. Disponível em: <<http://www.manual-merck.net/?id=28&cn=517&ss>>. Acesso em: 17 maio 2015).

6.

Jürgen Habermas afirma que a eugenia negativa é aquela em que se busca evitar determinados traços genéticos vinculados à impossibilidade de o indivíduo exercer seu ideal de vida plenamente. Porém, essa aplicação poderia desbordar em eugenia positiva, ou seja, no estímulo de determinados traços genéticos desejáveis, o que, inclusive, pode se vincular ao discurso liberal, implicando em uma ausência de limitações, ou uma anuência tácita, a toda e qualquer prática eugênica (HABERMAS, 2012, p. 63).

7.

Lacey afirma que a atividade científica e tecnológica abarca em princípio dois tipos de valores: os valores cognitivos e os não cognitivos. Enquanto os valores cognitivos são constitutivos das teorias científicas e hipóteses consideradas boas, os valores não cognitivos designam características constitutivas da boa sociedade (LACEY, 2005, p. 59). A importância da abordagem valorativa da ciência e da tecnologia se justifica pelo grande número de modificações que as aplicações tecnológicas implantaram no mundo, correlacionando, desse modo, tanto os valores cognitivos, quanto os não cognitivos, entre estes os valores sociais.

quística (ou cística) e a anemia drepanocítica (ou de células falciformes).⁵

Zatz (2011) afirma que seus interesses iniciais de pesquisa a dirigiram para o estudo da distrofia muscular de Duchenne, que conjuga duas características preocupantes tanto para o paciente, quanto para os pais: a primeira é a de ser uma "(...) doença degenerativa letal que causa perda progressiva da musculatura, para a qual não se tem cura" (ZATZ, 2011, p. 23); e a segunda é a de que em "(...) dois terços [dos casos ela] é transmitida pela mãe, que é portadora clinicamente normal, mas pode passar o gene defeituoso para os filhos do sexo masculino, que têm 50% de chance de herdá-lo e serem afetados" (ZATZ, 2011, p. 55).

Por um lado, o aconselhamento genético desenvolve atividade biotecnológica, ou seja, uma aplicação médica a partir do conhecimento produzido pela pesquisa em genética molecular. E, por outro lado, dirige-se ao atendimento de pessoas cujo foco está na prevenção de transmissão de doenças genéticas, exercitando uma forma de eugenia negativa.⁶ Consequência disso é que os geneticistas e os atendidos vinculam-se, ao longo do aconselhamento, segundo relações que expressam direitos e deveres socialmente instituídos, que estão regulados no Brasil por uma complexa teia normativa formada, entre outros, pela Constituição Federal de 1988 e pelo Código de Ética Médica, bem como por orientações gerais adotadas pelo CEGH-CEL, como consequência da ampla experiência prática dos geneticistas com a aplicação do conhecimento da biologia molecular para fins de utilidade pública. A própria necessidade de instituir normativamente os procedimentos a serem adotados (ou mesmo evitados) nessa relação de atendimento é indicativa das diferentes perspectivas de valor existentes que, por sua vez, podem levar a tensões entre distintos valores.⁷

Os três casos de aconselhamento genético que abordaremos são apresentados por Zatz (2011). Interessa-nos ressaltar que, da perspectiva dos responsáveis pelo atendimento, a tensão valorativa se apresenta quando o procedimento de escaneamento genético permite explicitar casos, por exemplo, de falsa paternidade ou mesmo de incesto, e cuja divulgação conflita com

8.

Zatz informa que, segundo a orientação vigente no Brasil, ninguém pode ser obrigado a receber o aconselhamento genético e, portanto, sua realização está condicionada ao respeito ao princípio da busca voluntária. Porém, há exceções a esse princípio, como no caso dos recém-nascidos que são, por obrigatoriedade de lei, testados para a fenilcetonúria, o hipotireoidismo congênito, a anemia falciforme e a fibrose cística (ZATZ, 2011, p. 29) por meio do teste do pezinho (cf. Biblioteca Virtual em Saúde. Disponível em: <http://bvsm.saude.gov.br/bvs/dicas/180_teste_pezinho.html>. Acesso em: 17 maio 2015).

o dever de sigilo médico. E, da perspectiva dos atendidos, há o direito à privacidade, embora representado parcialmente, na medida em que com sua busca voluntária e consentida pelo aconselhamento autoriza que suas informações genéticas venham a ser conhecidas geneticistas.⁸ Assim, a questão que paira nos três casos tem como base a tensão entre os valores sociais do sigilo médico, da privacidade ou intimidade, e questões relativas à proteção à família e à criança e ao adolescente.

Segundo Ferreira (2013), o CEGH-CEL se dedica não apenas à pesquisa e à difusão, como apresenta a atividade de transferência tecnológica especialmente por meio do aconselhamento genético que realiza. Desse modo, foram inicialmente dois elementos que chamaram a nossa atenção para esta atividade. Primeiramente, utilizado como aplicação tecnológica, o aconselhamento genético mantém vínculo entre os atendidos e seus familiares, permitindo que nossa análise destaque as tensões valorativas resultantes do endosso de valores sociais diferentes nas decisões sobre a divulgação (ou não) das informações incidentais. E, em segundo lugar, a riqueza ético-valorativa que está implicada na divulgação das informações incidentais que, por mais técnica que seja considerada, apresenta impactos sociais positivos e, por vezes, negativos.

Obviamente que nos casos atendidos pelo CEGH-CEL vigora a experiência e o bom-senso dos profissionais pertencentes ao centro, que se dedicam ao exercício de uma medicina preventiva através do aconselhamento genético. Cabe ressaltar que o Código de Ética Médica prescreve para o caso de novas tecnologias um princípio de precaução, na medida em que afirma que na "(...) aplicação dos conhecimentos criados pelas novas tecnologias, (...) o médico zelará para que as pessoas não sejam discriminadas por nenhuma razão vinculada a herança genética, protegendo-as em sua dignidade, identidade e integridade" (CÓDIGO DE ÉTICA MÉDICA, XXV). Precavendo-se, assim, quanto ao uso de novas tecnologias, em especial devido ao risco potencial de que elas excedam para outros objetivos além do incremento da saúde e do bem-estar humanos, o Código de Ética Médica propõe a limitação de certas aplicações na Medicina; limitações, não obstante, dirigidas à manutenção da dignidade, da identidade e da integridade humanas.

Daí que a nossa reflexão sobre a tensão entre valores sociais suscitados a partir da obtenção de informações incidentais dos atendidos não visa descaracterizar o rigor da aplicação imparcial do conhecimento científico e técnico por meio do aconselhamento genético, ou mesmo a objetividade ou a sensibilidade ética com que ele é realizado. O que propomos é uma tarefa reflexiva centrada na articulação dos valores que emergem a partir da obtenção de informações incidentais, na situação de tensão entre valores sociais igualmente relevantes.

Pressupomos, assim, que as ações, ou mais especificamente as decisões tomadas em contexto social, exigem razões, ou seja, justificativas racionais para que certo curso de ação (e não outro) seja adotado em questões práticas. O tópico que analisamos nos três casos de aconselhamento genético apresentados é sobre a manutenção ou a quebra do sigilo médico. Assim, na medida em que socialmente oferecemos razões para a ação ou para as decisões sobre o curso de ação tomado, pressupomos que nossas razões serão ouvidas e avaliadas por outros, que poderão concordar ou discordar de nossa perspectiva.

A seguir apresentamos os três casos de aconselhamento genético, bem como a tensão valorativa que surge a partir da obtenção das informações incidentais, ou seja, de informações obtidas por ocasião do aconselhamento genético, mas que não eram o objetivo primário da investigação genética. E, além disso, as repercussões da divulgação ou não das informações incidentais desbordam tal investigação. A relevância da análise da tensão entre distintos valores sociais implicados no aconselhamento genético se dá devido ao seu impacto potencial na vida dos atendidos. Exemplos de tais impactos são a dissolução de núcleos familiares, a possibilidade de segregação ou ainda o impacto para os planos de vida dos atendidos. Trata-se, portanto, de análise dos valores sociais envolvidos no relato de três casos de aconselhamento a partir de fonte indireta, já que não contactamos diretamente os envolvidos.

9.

Trata-se de uma "(...) doença relacionada ao sangue, que pode ser curada com o transplante de medula óssea ou sangue do cordão umbilical de doador compatível" (ZATZ, 2011, p. 44).

Sônia, Pedro e a falsa paternidade

Como vimos, segundo a orientação vigente no Brasil, ninguém pode ser obrigado a receber o aconselhamento genético e, portanto, sua realização está condicionada ao respeito ao princípio da busca voluntária (ZATZ, 2011, p. 29). Os três casos que analisaremos a seguir foram de atendimentos ocorridos no CEGH-CEL, e descritos com maior ou menor detalhamento por Zatz (2011). Para manter a confidencialidade da relação médico-paciente, os nomes dos pacientes foram substituídos por nomes fictícios (ZATZ, 2011, p. 31), o que, no entanto, não diminui a relevância da análise dos valores envolvidos, especialmente quando obtidas as informações incidentais.

O primeiro é o caso de Sônia. Seu pai era portador da coreia de Huntington, doença degenerativa dos neurônios que só se manifesta a partir de 40 anos de idade, que não possui cura e que pode afetar tanto homens, quanto mulheres. O que Sônia desejava era uma orientação sobre a probabilidade de ela gerar descendente com a mesma doença de seu pai. Porém os geneticistas se depararam com uma informação que impactava diretamente na razão pela qual Sônia buscara o atendimento no CEGH-CEL. Os profissionais foram informados pela mãe de Sônia que, na verdade, sua filha e seu marido não tinham relação de parentesco sanguíneo, mas que sua filha desconhecia esse fato (ZATZ, 2011, p. 42-3).

A circunstância era tal que, embora a equipe de atendimento tivesse o conhecimento privilegiado sobre o fato de o pai de Sônia não ser seu pai biológico, o que eliminaria suas preocupações sobre a herança genética, não lhes era possível nem quebrar o sigilo da informação, nem mesmo dizer para a mãe o que ela deveria fazer, devido à própria ideia de que o aconselhamento genético informa, mas não decide em nome das pessoas concernidas (atendidos ou parentes). O caso de Sônia configura, portanto, um caso de "falsa paternidade", o que significa que seu pai biológico era outra pessoa que não aquela que até então considerava como seu pai.

O segundo caso é de um paciente de leucemia⁹ que, em busca de doador compatível, descobriu que não era filho biológico de seu pai. Mais grave, talvez, que o caso de Sônia, após o escaneamento genético também

10.

A relação de paternidade implica em obrigações, portanto, que transcendem a infância e a adolescência visando à provisão de condições (inclusive materiais) para o desenvolvimento digno dos indivíduos. No Brasil o debate sobre a paternidade biológica e socioafetiva é desenvolvido segundo três correntes principais: a corrente biológica se baseia no 6º do art. 227 da Constituição Federal, atribuindo aos filhos, reconhecidos ou não, o direito à herança; a adoção à brasileira permite que filho legalmente adotado solicite investigação dos pais biológicos em busca de reconhecimento, o que, inclusive, pode gerar todas as consequências legais, com a anulação do registro de nascimento dos pais adotivos; e, finalmente, a corrente socioafetiva, que busca, entre outras situações, evitar demandas meramente patrimoniais (Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2013-jan-17/stf-decidera-disputa-entre-paternidade-socioafetiva-biologica>>. Acesso em: 06 nov 2015). Não desenvolveremos esse debate, mas as investigações genéticas podem levar à identificação dos parentes biológicos, embora o elemento socioafetivo possa, em casos particulares, sobrepujar essa vinculação.

11.

Estes são dois princípios igualmente valorados pela Constituição Federal de 1988, na medida em que aponta no art. 226, que a família deve receber especial proteção do Estado e que, além disso, ressalta no art. 227 o dever da família e do Estado em assegurar, entre outros, que a criança e o adolescente tenham acesso à dignidade, ao respeito e a liberdade, prevenindo-os de qualquer tipo de exploração ou violência. Já o art. 93 menciona no inciso IX o direito à intimidade, obrigando mesmo as autoridades judiciárias a manter sigilo de informações com exceção apenas aos casos de interesse público (Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 28 jan 2015).

foi descoberta a incompatibilidade genética em relação à mãe. O que levou à conclusão de que, na verdade, Pedro havia sido trocado na maternidade (ZATZ, 2011, p. 45). Assim, a família em questão teve que lidar, ao mesmo tempo, com a leucemia que acometia Pedro e com a informação incidentalmente sobre a falsa paternidade obtida pela investigação genética, embora não fosse esse seu objetivo primário. As informações incidentais obtidas levantam, nos casos de Sônia e Pedro, questões complexas sobre as relações entre os membros daquela família, que até então acreditavam partilhar relação de paternidade sanguínea, bem como questões éticas sobre confidencialidade no exercício do aconselhamento genético, gerando a tensão entre a divulgação ou não da informação sobre a falsa paternidade.¹⁰

Desse modo, é possível observar que existem consequências do aconselhamento genético que extrapolam o âmbito exclusivamente técnico. Nos casos de Sônia e de Pedro, a investigação genética levou ao questionamento da relação de paternidade que, em princípio, não era o objetivo principal da investigação. Porém não podemos negar o seu impacto direto sobre a vida do paciente e de seus familiares que buscavam, inicialmente, ou a informação sobre a probabilidade de Sônia gerar descendente com a coreia de Huntington ou a informação sobre um doador compatível, obtendo-se de modo não intencional a informação sobre a falsa paternidade.

Em que pese orientados pela busca de diminuir a incidência de condições negativas advindas, no primeiro caso, da possibilidade de geração de filho por Sônia com a anomalia genética que desencadeia a coreia de Huntington e, no segundo caso, do quadro clínico leucemia de Pedro, os relatos dos casos indicam que a decisão de divulgar ou não a falsa paternidade foi deixada a cargo dos geneticistas responsáveis pelo atendimento e, em parte, a cargo dos familiares. E que, devido a essa informação incidentalmente obtida, geneticistas e familiares estiveram diante de uma tensão valorativa causada pelo choque entre pelo menos dois valores sociais: o da proteção da família *versus* o do direito à intimidade.¹¹

É justamente sobre o direito à intimidade dos indivíduos que impactam questões relativas à confidencialidade. E, entre os danos principais relacionados à quebra

da confidencialidade está a discriminação baseada no mau uso das informações obtidas pela pesquisa genética (ZATZ, 2011, p. 31). Por isso, segundo Zatz, há uma orientação de limitar a possibilidade de realização de testes genéticos em crianças, pois, mesmo que a investigação seja solicitada pelos pais, as crianças podem ser apenas portadoras assintomáticas de doenças para as quais não se tem cura. A justificativa de tal limitação baseia-se no fato de que a divulgação da descoberta de que a criança é portadora de um gene de uma doença que, por exemplo, se manifestará apenas em sua vida adulta, pode interferir em suas decisões sobre o futuro (ZATZ, 2011, p. 32). Não desenvolveremos pormenorizadamente essa questão, mas cabe ressaltar que o valor observado nessa orientação é o da proteção ao desenvolvimento digno da criança (art. 3º, ECA).

Maria e a relação de incesto

Em que pese a possibilidade de quebra do direito à intimidade por meio da divulgação de informações incidentais sobre os indivíduos, as famílias formadas por um grande número de membros, e que são afetadas por doenças genéticas, são de extrema relevância para o avanço da pesquisa genética, pois a investigação permite o mapeamento dos genes e a compreensão do seu papel na progressão das doenças. Auxiliando, portanto, no avanço da pesquisa básica sobre o genoma humano e as doenças genéticas (ZATZ, 2011, p. 28).

A família, por sua vez, beneficia-se através do aconselhamento genético, devido à possibilidade de prevenção do nascimento de novos afetados e pela melhoria da qualidade de vida dos pacientes (ZATZ, 2011, p. 30), tendo acesso à tecnologia de ponta e aos resultados mais recentes obtidos pelos pesquisadores (ZATZ, 2011, p. 28). Assim, desenvolve-se entre os responsáveis pelo aconselhamento genético, os atendidos e familiares uma relação de benefícios mútuos.

Porém, há casos em que a interação entre a pesquisa básica, que tem como fim o mapeamento de genes e a descoberta de seu funcionamento no desenvolvimento das doenças, e os atendidos e familiares, pode suscitar tensões valorativas. Soma-se aos casos que envolveram os

pacientes Sônia e Pedro, também o caso de Maria, grávida aos 15 anos e que tinha dois irmãos acometidos pela distrofia de Duchenne. Ela buscou o aconselhamento genético, pois esta distrofia se manifesta apenas em indivíduos do sexo masculino, afetando sua estrutura neuromuscular, sendo uma doença progressiva e degenerativa, e que a mãe transmite em dois terços dos casos, embora seja portadora clinicamente normal (ZATZ, 2011, p. 49-50).

O primeiro passo da investigação genética precisava determinar se Maria era ou não portadora do gene e, para tanto, foram realizados testes em seus pais. Concluiu-se que Maria era portadora apresentando um risco de 50% de que crianças do sexo masculino por ela geradas fossem afetadas. No entanto, a tensão valorativa surgiu a partir de uma informação incidentalmente obtida e que, em sua fonte, não apresentava relação direta com a investigação genética.

A informação, em princípio um rumor, era de que o próprio pai havia engravidado a adolescente, trazendo à tona não apenas a possibilidade de que a criança gerada desenvolvesse a distrofia de Duchenne, como também outras doenças genéticas relacionadas a situações de incesto. Para os responsáveis pelo atendimento restava, então, a dúvida de se, além dos testes genéticos já realizados, eles deveriam também realizar testes de paternidade (ZATZ, 2011, p. 50-1).

Após discussão entre os responsáveis pelo atendimento, o teste de paternidade foi realizado e descobriu-se que, de fato, o filho era fruto da relação incestuosa entre pai e filha menor de idade, sendo que a mãe desconhecia esse fato (ZATZ, 2011, p. 51). A divulgação dessa informação, portanto, tenderia a destruir aquela unidade familiar, sendo que nela o pai era o provedor, inclusive sustentando os dois filhos, irmãos de Maria, que apresentavam a distrofia de Duchenne. Os geneticistas esclareceram Maria sobre o agravamento dos riscos de outras doenças genéticas para filhos gerados a partir de relações incestuosas, embora aquela criança que gestava não apresentasse o gene da distrofia. Além disso, os geneticistas optaram pela manutenção do sigilo sobre o incesto (ZATZ, 2011, p. 52).

O caso de Maria possui vários níveis de complexidade. O primeiro é o nível relativo à intimidade do indivíduo e que foi a perspectiva privilegiada pelos

12.

O Estatuto da Criança e do Adolescente prevê a criação dos Conselhos Tutelares em cada município e em cada região administrativa do Distrito Federal, que apresentam, entre suas atribuições, zelar pelo cumprimento dos direitos das crianças e dos adolescentes (art. 131), bem como atender às crianças e adolescentes em casos de ameaça ou efetiva violação dos seus direitos (art. 136, I), o que inclui medidas de proteção diante de falta, omissão ou abuso dos pais ou responsáveis (art. 98, II). Assim, esse seria o órgão por excelência para o qual encaminhar Maria. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l8069.htm>. Acesso em: 3 jun 2015. Agradeço à doutoranda em serviço social Alessandra Genú Pacheco pela inclusão dessa informação.

13.

Decreto-lei n. 2.848, de 07/12/1940 (Código Penal Brasileiro), art. 213, §1º. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848compilado.htm>. Acesso em: 28 jan 2015.

14.

Constituição Federal de 1988 define no art. 226, § 7º como princípios dessa proteção à família oferecida pelo Estado à dignidade da pessoa humana e à paternidade responsável (Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 28 jan 2015).

15.

art. 10, Código de Ética Profissional do Psicólogo (Disponível em: <<http://site.cfp.org.br/documentos/confira-o-novo-codigo-de-etica-profissional-do-psicologo/>>. Acesso em: 28 jan 2015), embora prescreva também no art. 9º, que o psicólogo tem o dever de sigilo profissional, de modo a preservar a intimidade das pessoas, grupos e instituições aos quais venha a ter acesso no exercício de sua atividade profissional (Disponível em: <<http://site.cfp.org.br/documentos/confira-o-novo-codigo-de-etica-profissional-do-psicologo/>>. Acesso em: 28 jan 2015).

geneticistas, pois, levando em consideração o relato feito, os responsáveis pelo atendimento consideraram mais importante a manter o sigilo da informação do incesto para os familiares não diretamente envolvidos (basicamente a mãe de Maria), propiciando, assim, a manutenção daquela unidade familiar. Note-se, no entanto, que o incesto foi considerado um problema maior para a unidade familiar do que a violência praticada contra a menor.

O segundo é o nível em que o caso de Maria pode ser analisado é o do interesse público que, combinado com a especial proteção dirigida à criança e ao adolescente, poderia ter sido utilizado como argumento para o relato do incesto para as autoridades competentes, de modo que fosse aberta uma investigação criminal para apurar a relação incestuosa.¹²

No Brasil, a prática de conjunção carnal com criança ou adolescente com idade entre 14 e 17 anos é considerado presumidamente estupro.¹³ Além disso, o estupro seria agravado pela prática do incesto, uma vez que pai não exerceu a paternidade responsável, preservando, assim, a dignidade de sua descendente.¹⁴ Desse modo, pelo fato de existir o interesse público de proteção da família e também da criança e do adolescente, haveria motivos para a informação das autoridades, para que o caso de incesto fosse devidamente investigado. Porém, segundo o relato, essa não foi a decisão responsável pelo atendimento de Maria.

Podemos comparar a situação de interesse público com casos em que o profissional é, na verdade, obrigado a informar às autoridades, situação essa que vai, portanto, de encontro ao sigilo profissional. É o que está previsto no Código de Ética Profissional do Psicólogo, segundo o qual é possível haver quebra de sigilo no caso de busca do menor prejuízo.¹⁵ Assim, resta a questão de se a decisão de preservar o sigilo, tendo em vista a proteção à intimidade foi, de fato, a melhor decisão possível a ser tomada no caso do atendimento de Maria, mantendo como valor social relevante a proteção da criança e do adolescente. Embora considerando que a motivação inicial para que Maria buscasse o aconselhamento genético, ou seja, a questão de se seu filho não era portador da distrofia de Duchenne tenha tido um desfecho positivo, uma vez que o mesmo não era portador, talvez a decisão

de manter o sigilo sobre a informação incidentalmente obtida acerca do incesto possa ter levado à manutenção da situação de abuso em relação à Maria, contra a qual ela ainda não tivesse plena capacidade de resistir.

Sigilo médico, intimidade e proteção à família versus proteção da criança e do adolescente

Os três casos apresentados de atendimento de Sônia, de Pedro e de Maria possuem certa gradação quanto à complexidade, quanto ao impacto social das informações incidentalmente obtidas e quanto às tensões entre valores sociais que emergem em cada caso.

Enquanto o caso de Sônia apontou para a falsa paternidade apenas em relação ao seu pai, a família de Pedro lidou com a difícil informação de que tanto seu pai, quanto sua mãe, não eram seus pais biológicos, fato esse desconhecido por eles até a realização da investigação genética. Mesmo que colocando questões complexas para os seus respectivos agrupamentos familiares, os efeitos das informações de falsa paternidade obtidos nos casos de Sonia e Pedro incidiram diretamente sobre aquelas unidades familiares.

Parece-nos, no entanto, que o atendimento de Maria eleva em grau de complexidade e aumenta também, proporcionalmente, o interesse público no caso. Assim, procuramos explicitar os valores em tensão no caso de Maria, que são o dever de sigilo médico, de manutenção da intimidade do indivíduo e da proteção à família versus a proteção à criança e ao adolescente.

Dessa maneira, buscamos mostrar que existe certa margem de interpretação mesmo nos dispositivos legais brasileiros que são, por sua vez, carregados de valores socialmente estimados. Assim, tanto o profissional que lida com o aconselhamento genético quanto as famílias atendidas podem ser beneficiados com a explicitação dos valores sociais envolvidos quando da obtenção de informações incidentais à investigação genética. Quanto ao caso específico de Maria, pareceu-nos que os responsáveis pelo aconselhamento genético deveriam ter informado a mãe e as autoridades cabíveis sobre a relação incestuosa que se instaurara naquela família, em busca do menor dano moral possível à atendida.

Em princípio, consideramos que a dinâmica social básica, ou seja, aquela em que oferecemos razões para nossas ações ou decisões de modo a que possam ser ouvidas e avaliadas pelos demais, foi adotada entre os responsáveis pelo atendimento de Maria no CEGH-CEL quando confrontados com a informação incidental sobre o incesto. Naquela situação foi necessário "(...) atingir a cooperação", o que nos exige "(...) perseguir as questões conjuntamente, para determinar 'como única mente' sobre as soluções" (BLACKBURN, 2003, p. 111). Embora tenha sido realizado tal procedimento para a decisão da questão prática sobre a quebra ou não da confidencialidade sobre o incesto, consideramos que, com base em outras razões, outra solução poderia ter sido dada ao caso.

Primeiramente, cabe ressaltar que o valor apresentado no topo da hierarquia nos três casos que é o do sigilo médico. Assim, a decisão de divulgar as informações incidentais sobre a falsa paternidade foi deixada, no caso de Sônia, a cargo da mãe, a quem caberia, portanto, a decisão de revelar ou não à filha que aquele que até então considerara como pai, na verdade, não tinha parentesco biológico com ela. Quanto ao caso de Pedro, não fica tão claro no relato se a divulgação da falsa paternidade partiu de decisão tomada pelos responsáveis pelo atendimento, ou se se chegou a essa informação incidental depois do processo de aconselhamento. E, em relação ao caso de Maria, a decisão quanto a não revelar para a mãe sobre o relacionamento incestuosa que era mantido entre pai e filha parece ter sido tomada pelos responsáveis pelo aconselhamento genético, que se concentraram em informar Maria sobre o agravamento dos riscos genéticos envolvidos. No relato, portanto, não há menção à forma como a relação incestuosa foi iniciada – com ou sem o consentimento da menor, com ou sem violência ou grave ameaça, o que, no entanto, não elimina a presunção legal de estupro.

O Código de Ética Médica apresenta vários dispositivos que podem ser relacionados à análise da solução de manter o sigilo no atendimento de Maria. Cabe apresentar, então, o valor que foi considerado como central na decisão sobre a não divulgação do incesto, que é o do sigilo médico, reforçado pela proteção à intimidade e à família. Segundo o Código de Ética Médica, é vedado ao médico:

"Revelar fato de que tenha conhecimento em virtude do exercício de sua profissão, salvo por motivo justo, dever legal ou consentimento, por escrito, do paciente" (art. 73, Código de Ética Médica). Além disso, a Lei n. 10.241, de 17 de março de 1999, que trata dos direitos usuários dos serviços e das ações de saúde no Estado de São Paulo, afirma também que deve ser assegurado ao paciente em consultas, internações, procedimentos diagnósticos e terapêuticos "(...) a confidencialidade de toda e qualquer informação pessoal" (XIV, alínea "e", Lei n. 10.241, de 17 de março de 1999).

Como é possível constatar, o sigilo médico visa à proteção da intimidade do paciente que se encontra no diagnóstico, no tratamento, no atendimento, e demais procedimentos médicos, em situação de vulnerabilidade. Assim, aqueles que obtêm informações privilegiadas sobre o mesmo devem evitar em máxima medida possível a exposição sobre seu estado clínico, pois, como vimos, a divulgação dessa informação pode acarretar reações preconceituosas, além de outras consequências. Contudo, como toda regra, o sigilo médico também encontra algumas exceções. A própria Lei n. 10.241, de 17 de março de 1999, apresenta dois casos em que o sigilo médico poderia ser quebrado, que são os casos de riscos a terceiros e à saúde pública (IV, Lei n. 10.241, de 17 de março de 1999).

Caso recente que abarca as duas situações do risco a terceiros e à saúde pública nacional e internacional, foi o surto de ebola em 2014. Caracterizado como epidemia, com risco de desenvolvimento de uma pandemia, ou seja, com potencial de atingir várias partes do mundo ao mesmo tempo, devido à rápida propagação do microrganismo e ao fato de que doença ainda não possuía cura (LOPES; DUNDA, 2015, p. 3). Segundo Lopes e Dunda, o Ebola fomentou a cooperação internacional, uma vez que a doença já havia infectado no oeste africano em agosto de 2014 mais de nove mil pessoas, levando aproximadamente 50% dos infectados ao óbito (LOPES; DUNDA, 2015, p. 4). Claramente, esse é um caso que mostra o interesse público na informação sobre o diagnóstico obtido.

No entanto, via de regra, o sigilo médico é colocado como um dos principais valores sociais presentes no Código de Ética Médica, pois o médico "(...) guardará absoluto respeito pelo ser humano e atuará sempre em

16.

Utilizamos aqui o termo "supostamente", pois embora o teste de paternidade realizado no CEGH-CEL tenha apontado que o pai de Maria era também o pai biológico do embrião que Maria gestava, no Direito, para que um ato seja considerado crime, é necessário um julgamento prévio e, portanto, uma sentença transitada em julgado que ateste aquela ação como criminosa e sujeita às penalidades legais (LVII, CONSTITUIÇÃO FEDERAL).

seu benefício. Jamais usará os seus conhecimentos para causar o sofrimento físico ou moral (...)" (VI, Código de Ética Médica); e "(...) guardará sigilo a respeito das informações de que detenha conhecimento no desempenho de suas funções" (XI, Código de Ética Médica). Dessa maneira, é possível observar a relação entre o tratamento digno depende, pelo menos em parte, da manutenção do vínculo de confiança formado entre médico e paciente, cujo reforço é proporcionado pelo sigilo.

Todavia, no caso do atendimento da Maria, não era apenas a relação entre médico e paciente que estava em jogo. Pois, além da atendida, estavam envolvidos também os seus familiares, especialmente o pai, com quem supostamente mantinha a relação de incesto,¹⁶ e a mãe, que desconhecia essa situação; e, além disso, deve-se levar em conta a questão de que Maria era menor de idade quando levada ao aconselhamento genético. Daí que seja necessário abordar também a proteção especialmente dirigida pela Constituição Federal à família, à criança e ao adolescente, bem como considerar o ECA.

A Constituição Federal de 1988, na parte dedicada aos direitos sociais, afirma entre os direitos dos trabalhadores rurais e urbanos o salário mínimo capaz de suprir as necessidades não apenas do próprio trabalhador, mas também de sua família, necessidades essas que compreendem "(...) moradia, alimentação, educação, saúde, lazer, vestuário, higiene, transporte e previdência social" (art. 7º, IV, Constituição Federal de 1988). Além da preocupação com esses elementos-chave para a manutenção de uma vida digna, também na parte relativa à assistência social, a Constituição Federal dirige especial atenção à proteção "(...) à família, à maternidade, à infância, à adolescência e à velhice" (art. 203, I, Constituição Federal de 1988). E, como corolário, enfatiza a família como base da sociedade e a quem o Estado direciona especial proteção (art. 226, Constituição Federal de 1988).

Assim, conjugando o dever de sigilo médico com a proteção especial que o Estado brasileiro dirige à família, estaríamos inclinados a considerar que a decisão tomada pelos responsáveis pelo aconselhamento genético de Maria de não divulgar a situação de incesto para os familiares não envolvidos diretamente no caso como a decisão correta. Isso porque tal decisão levou em consideração a

17.

O art. 5º, X, da Constituição Federal de 1988 apresenta a inviolabilidade da intimidade, da vida privada, da honra e da imagem das pessoas, assegurando a possibilidade de indenização por dano moral ou material advindo de seu desrespeito (Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 28 jan 2015).

18.

art. 5º do Código Civil afirma que a "(...) menoridade cessa aos dezoito anos completos, quando a pessoa fica habilitada a prática de todos os atos da vida civil" (Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406.htm>. Acesso em: 7 jun 2015); embora esse não seja o único modo através do qual cessa a incapacidade jurídica de menor. E, além disso, o art. 27 do Código Penal afirma que os "(...) menores de 18 (dezoito) anos são penalmente inimputáveis, ficando sujeitos às normas estabelecidas na legislação especial" (art. 27, Código Penal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848compilado.htm>. Acesso em: 28 jan 2015).

proteção da intimidade dos indivíduos envolvidos na relação incestuosa,¹⁷ bem como os possíveis impactos negativos sobre a manutenção daquela unidade familiar, tendo em vista que o pai em questão era seu provedor.

No entanto, é possível, também com base em outra perspectiva de valor apresentada por dispositivos legais vigentes no Brasil, demonstrar o argumento em contrário, ou seja, de que seria mais aconselhável no caso em questão a divulgação da informação incidental sobre o incesto não apenas para a mãe de Maria, mas também para autoridades competentes aptas à investigação. Após a apresentação da família como portadora do direito de proteção especial pelo Estado (art. 226, Constituição Federal de 1988), o artigo seguinte trata dos deveres da família e do Estado em relação à criança, ao adolescente e ao jovem, aos quais devem assegurar

(...) com absoluta prioridade, o direito à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária, além de colocá-los a salvo de toda e qualquer forma de negligência, discriminação, exploração, violência, crueldade e opressão (art. 226, Constituição Federal de 1988).

Gostaríamos de destacar em especial o dever da família e do Estado na proteção da criança, do adolescente e do jovem em relação à exploração, à violência e à crueldade. O ECA define como adolescente, a pessoa que apresenta entre 12 e 18 anos de idade (art. 2º, Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990), pois é a partir dos 18 anos (ou por emancipação) que a pessoa se torna apta a responder no âmbito civil e penal por seus atos, o que significa que, para questões jurídicas, ela atingiu a maioridade.¹⁸ Antes da realização efetiva desse requisito, o menor está sob a guarda de seus responsáveis legais, sendo esses, na maior parte das vezes, os seus pais biológicos.

Dentre o rol de deveres que os pais assumem em relação aos seus descendentes está o de proporcionar seu "(...) desenvolvimento físico, mental, moral, espiritual e social, em condições de liberdade e de dignidade" (art. 3º, ECA). E, além disso, o estatuto estabelece como invioláveis o respeito à "(...) integridade física, psíquica e moral

da criança e do adolescente, abrangendo a preservação da imagem, da identidade, da autonomia, dos valores, ideias, crenças (...)" (art. 17, ECA). Caberia, então, questionarmos se o valor mais importante no caso do atendimento de Maria seria o da manutenção de sua imagem, compreendida como decorrência da proteção à intimidade, ou da proteção de seu desenvolvimento digno, já que o incesto pode ser considerado como uma forma de tratamento degradante; além, é claro, de uma falta grave cometida pelo pai, a quem compete, juntamente com a mãe, o exercício do poder familiar tendo em vista a necessidade de sustento, de guarda e de educação dos filhos (art. 20 e art. 21, ECA).

Assim, particularmente quanto ao caso das informações incidentais obtidas no aconselhamento genético de Maria, que fortemente indicavam uma situação de incesto, consideramos que, para além do interesse privado de manutenção da intimidade da paciente e de seu pai, está o interesse público de proteção especial atestado pela Constituição Federal de 1988 e do ECA. Embora levando em consideração a ampla experiência do CEGH-CEL no atendimento de famílias acometidas por determinadas condições genéticas, consideramos que os valores do sigilo médico, da intimidade e da proteção à família acabam por ficar em segundo plano em relação à proteção à adolescente.

Parece-nos que, especificamente quanto ao caso do sigilo em relação ao incesto, provocou-se a manutenção de uma situação degradante de exploração de uma menor de idade, cujas consequências poderão ser sentidas não apenas por Maria, como também pelo filho que veio a termo em um núcleo familiar que violou seus direitos. E, além disso, há claramente o interesse público de que, uma vez que os responsáveis por sua guarda não exerceram corretamente o poder familiar, o Estado deveria ser acionado para averiguar e buscar uma solução que estivesse mais de acordo com a preservação da vida digna de Maria.

Considerações finais

Consideramos que a aplicação de tecnologias é uma prática social histórica permeada por valores. Esse momento da atividade científica parece-nos especialmente propício para a visualização das tensões entre os valores sociais envolvidos. Os três casos de aconselhamento genético relatados da obra de Zatz e realizados pelo CEGH-CEL foram, assim, abordados como meios para o exercício da articulação dos valores sociais considerados em alta estima.

A solução para a tensão entre valores sociais implicados no aconselhamento genético (por exemplo, sigilo versus dignidade) não é única e exige a correlação com os dispositivos legais vigentes. Certamente cientes disso, as instituições que prestam o serviço inestimável à sociedade e cuja ação está orientada por sua ampla experiência prática, estão inseridas em contexto social mais amplo. Desse modo, as práticas que realizam e as soluções que obtêm após a articulação dos valores em tensão na sua prática profissional são passíveis de discussão pública.

Os casos de Sônia, de Pedro e de Maria assemelham-se tanto por terem suscitado informações incidentais quanto pela centralidade no tratamento do valor social do sigilo médico, com a consequente proteção da intimidade do paciente e dos familiares. Assim, mesmo que com o atendimento de Sônia tenha-se obtido a informação de falsa paternidade em relação ao seu pai, e que o caso de Pedro tenha levado ao reconhecimento da falsa paternidade em relação ao seu pai e à sua mãe, os responsáveis por seus atendimentos optaram por deixar que os próprios familiares decidissem se revelariam ou não a falsa paternidade aos seus descendentes.

No entanto, parece-nos que entre os três casos, o de Maria se mostrou mais complexo, na medida em que a não revelação da situação de incesto que se instaurou naquela família pode ter levado à consequência do dano maior, e não menor, a Maria. Isso por que, embora o pai fosse o provedor da família, que já apresentava dois portadores da distrofia de Duchenne, no que diz respeito à proteção de Maria esses pais faltaram com seus deveres em diferentes graus: mais gravemente o pai por

ter mantido relações sexuais com filha menor de idade (o que leva, entre outros problemas, a questão de se tal relação foi ou não consensual), mas também a mãe por negligência. No entanto, a própria definição dos graus de responsabilização dependeria de uma investigação pela autoridade pública, durante o qual o Conselho Tutelar poderia sugerir medidas para que os direitos de Maria não continuassem a ser violados.

Portanto, parece-nos que no caso de Maria, e levando em consideração o interesse público na investigação de situações potencialmente danosas ao desenvolvimento e ao exercício da vida digna, a proteção à criança e ao adolescente deveria ter sido colocada no topo da hierarquia dos valores, sobrepujando, assim, o sigilo médico, a proteção à intimidade dos indivíduos envolvidos e à família.

Reafirmamos que nosso objetivo não foi o de descaracterizar a importância do aconselhamento genético realizado pelo CEGH-CEL, nem o de julgar a capacidade técnica e a sensibilidade ética dos envolvidos nesse serviço prestado à sociedade. Nossa pretensão é a de mostrar que mesmo as atividades biotecnológicas exercidas com imparcialidade, objetividade e ampla experiência dos profissionais, como é o caso do aconselhamento genético, podem levar a tensões entre os valores sociais. E, para essas situações conflituosas, o reconhecimento da interação entre a ciência e os valores sociais, a capacidade de articulá-los e o conhecimento de determinados dispositivos legais vigentes (também estes carregados de valores), podem vir ao auxílio de solução menos danosa aos envolvidos nas aplicações científicas.

Referências bibliográficas

- AYMORE, D. **Progresso valorativo da ciência e a biotecnologia: sobre a participação dos valores sociais na avaliação do progresso científico.** Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- _____. **O Projeto Semear e o uso da imagem na divulgação da biotecnologia.** V Encontro Nacional de Estudos da Imagem [e do] II Encontro Internacional de Estudos da Imagem [livro eletrônico]. Londrina: Universidade de Londrina, 2015. V. 3, p. 28-45.
- BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. Disponível em: <http://bvms.saude.gov.br/bvs/dicas/180_teste_pezinho.html>. Acesso em: 17 maio 2015.
- BLACKBURN, S. **Ethics.** New York: Oxford University Press, 2003.
- BRASIL. **Código Penal.** Decreto-Lei n. 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848.htm>. Acesso em: 28 jan 2015.
- BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 21 jan 2014.
- BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente.** Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o ECA e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l8069.htm>. Acesso em: 3 jun 2015.
- BRASIL. **Código Civil.** Lei n. 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm>. Acesso em: 7 jun 2015.
- BRASIL. **Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004.** Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm> Acesso em: 14 dez 2014.

- CONSELHO FEDERAL DE PSICOLOGIA. **Resolução CFP n. 010, de 21 de julho de 2005.** Aprova o Código de Ética Profissional do Psicólogo. Disponível em: <<http://site.cfp.org.br/documentos/confira-o-novo-codigo-de-etica-profissional-do-psicologo/>>. Acesso em: 28 jan 2015.
- CONSELHO REGIONAL DE MEDICINA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resolução CFM n. 1.931, de 17 de setembro de 2009.** Aprova o Código de Ética Médica, anexo a esta resolução, após sua revisão e atualização. Disponível em: <https://www.cremesp.org.br/?siteAcao=Publicacoes&acao=detalhes&cod_publicacao=73>. Acesso em: 15 maio 2015.
- CONSULTOR JURÍDICO. **STF decidirá sobre paternidade socioafetiva e biológica.** Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2013-jan-17/stf-decidira-disputa-entre-paternidade-socioafetiva-biologica>>. Acesso em: 6 nov 2015.
- ESTADO DE SÃO PAULO 1999. **Lei n. 10.241, de 17 de março de 1999.** Dispõe sobre os direitos dos usuários dos serviços e das ações de saúde no Estado e dá outras providências. Disponível em: <https://www.cremesp.org.br/?siteAcao=Publicacoes&acao=detalhes&cod_publicacao=73>. Acesso em: 15 maio 2015.
- FERREIRA, M. T. **A institucionalização da pesquisa em genética no Brasil e seus pesquisadores: um estudo de caso do Centro de Estudos do Genoma Humano da USP.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Sociologia, Universidade de São Paulo, 2013.
- HABERMAS, H. **The future of human nature.** Cambridge/UK: Polity Press, 2012.
- KUHN, T. S. **The structure of scientific revolutions.** 2.ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- _____. Postscript. In: _____. **The structure of scientific revolutions.** 2.ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970a, p. 174-210.
- LACEY, H. **Values and objectivity in science. The current controversy about transgenic crops.** Oxford: Lexington Books, 2005.

- _____. **Valores e atividade científica 1.** 2.ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2008.
- _____. Ciência e valores. In: _____. **Valores e atividade científica 1.** 2.ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2008a. p. 19-45.
- _____. Para uma análise dos valores. In: _____. **Valores e atividade científica 1.** 2.ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2008b[1997], p. 47-82.
- _____. A dialética da ciência e da tecnologia avançada: uma alternativa? In: _____. **Valores e atividade científica 1.** 2.ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2008c, p. 189-216.
- _____. **Valores e atividade científica 2.** São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2010.
- _____. A localização social das práticas científicas. In: _____. **Valores e atividade científica 2.** São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2010a. p. 57-99.
- _____. A ciência e o bem-estar humano: uma nova maneira de estruturar a atividade científica. In: _____. **Valores e atividade científica 2.** São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2010b. p. 101-27.
- _____. Alternativas para a tecnociência e os valores do Fórum Social Mundial. In: _____. **Valores e atividade científica 2.** São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/ Editora 34, 2010c. p. 175-202.
- LACEY, H. & MARICONDA, P. R. O modelo da interação entre as atividades científicas e os valores na interpretação das práticas científicas contemporâneas. **Estudos Avançados**, 2014, 28(82):181-99.
- _____. O modelo da interação entre as atividades científicas e os valores. **Scientiae Studia**. 2014a, 12(4):643-68.
- MANUAL MERCK. Disponível em: <<http://www.manual-merck.net/>>. Acesso em: 15 maio 2015.
- PROJETO SEMEAR. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/biologia/projetosemear/diferentes/>>. Acesso em: 26/03/2015.

SANDEL, M. J. **Contra a perfeição: ética na era da engenharia genética**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013 [2007].

ZATZ, M. **Genética: escolhas que nossos avós não faziam**. São Paulo: Editora Globo, 2011.

Data de recebimento: 17/05/2017

Data de aprovação: 21/08/2018

Casos históricos investigativos completos para a sala de aula

Fernanda Pardini Ricci

Apresentação

Cada vez mais, as orientações curriculares vêm demandando dos professores das áreas de ciências naturais, para irem além dos conceitos científicos, e abordarem também conteúdos que façam os alunos refletirem sobre a própria natureza das ciências que produzem esses conteúdos. Muitas propostas defendem que isso é necessário para tornar os alunos mais aptos a tomar decisões e participar ativamente de debates que envolvam questões com algum viés científico (o que, no mundo atual, representa praticamente qualquer questão cotidiana, política e social).

Então, como trabalhar isso em sala de aula? Certamente não há uma resposta única para essa questão, existem diferentes abordagens e metodologias que, idealmente, deveriam ser aplicadas de modo intercalado para envolver e estimular um maior número de alunos. A proposta apresentada nesta edição do Caderno de História da Ciência, mescla o ensino por investigação com a história da ciência, visando o ensino de diferentes aspectos de natureza da ciência. Enquanto os artigos apresentados anteriormente discutem a metodologia em si, e analisam o desenvolvimento e a aplicação desses casos históricos investigativos; este material complementar traz os casos completos, fornecendo os subsídios necessários para que sejam aplicados em sala de aula e outras situações de ensino.

Episódios históricos da ciência contém diversos aspectos da natureza da ciência, entretanto, dependendo da forma que eles são estudados ou narrados, esses aspectos podem passar despercebidos. Uma narração simples não propicia aos alunos a vivência dos desafios enfrentados pelos pesquisadores, nem faz com que se coloquem no lugar de tomadores de decisão diante de questões que

ainda não tenham chegado a um desfecho ou consenso da comunidade científica (como ocorre nas pesquisas em andamento, na ciência em construção).

Na metodologia utilizada, os episódios históricos são apresentados de uma forma narrativa, onde é introduzido o contexto da pesquisa, e a medida que a narrativa se desenrola, são feitas pausas estratégicas, onde é colocada uma pergunta que convida os alunos a propor uma solução para o desafio que o cientista estiver enfrentando naquele momento. Pode envolver a análise de um dado inesperado ou ser um desafio metodológico, de financiamento, de infraestrutura, de divulgação dos dados encontrados, ou outras situações inesperadas. Ao ser levado para junto do pesquisador, o aluno é convidado a tomar sua decisão com base nos conhecimentos e contexto em que aquela pesquisa estava sendo realizada.

Neste material, você vai encontrar três casos históricos investigativos de pesquisas científicas desenvolvidas no Brasil. Cada material contém a narrativa completa dos episódios, com suas pausas e questões para os alunos (denominadas como questão "Pense"); orientações direcionadas a professores e professoras, onde os "Pense" são discutidos considerando também os aspectos de natureza da ciência envolvidos; e exemplos e/ou sugestões de imagens para serem utilizadas na apresentação do caso aos alunos. Os casos podem ser aplicados em diferentes contextos e níveis de ensino, mas é importante notar que o caso do Dobzhansky foi construído tendo como público-alvo alunos de graduação em cursos de ciências biológicas.

"A doença dos trabalhadores da estrada de ferro": uma narrativa histórica e suas potencialidades para explorar aspectos de natureza da ciência

Nathália Helena Azevedo
Thiago Marinho Del Corso

Considerações para a aplicação da narrativa histórica

Carlos Chagas (1879-1934). publicou em 1909 a descrição de uma nova doença tropical, identificada no pequeno povoado de Lassance/MG. Sua importância para o contexto científico internacional está associada ao triplo descobrimento de uma protozoose, pois além de descrever a nova enfermidade ele também identificou seu agente causador e vetor. A descoberta teve grande impacto nacional por expor as más condições sanitárias da população das regiões afastadas dos centros urbanos. Seu trabalho exerceu grande influência para o movimento sanitário brasileiro surgido em meados de 1916. Durante seu percurso, Carlos encontrou desafios na interpretação de seus dados e observações e contou com uma significativa colaboração de outros cientistas, profissionais e da população local. Esses e outros episódios históricos são mobilizados ao longo da narrativa "A doença dos trabalhadores da estrada de ferro".

O presente material apresenta algumas considerações cujo objetivo compreende subsidiar o professor na aplicação da narrativa histórica de Carlos Chagas em sala de aula e, por isso, deve ser considerado em conjunto com o artigo do qual ele se origina. Conforme as ponderações trazidas no artigo, embora a narrativa tenha passado

por sucessivas revisões, tal fato não exclui adaptações por parte do professor, pois os contextos de ensino e de aprendizagem devem ser considerados para o sucesso de qualquer abordagem e estratégia didática.

Os objetivos da narrativa são trabalhar conteúdos científicos conceituais relacionados à saúde e a aspectos de natureza da ciência. Para tanto, foram propostas perguntas que visam conduzir a narrativa e abordar implícita e explicitamente alguns aspectos de natureza da ciência. Cabe ao professor apresentar e conduzir a discussão dos aspectos apresentados em cada parte de modo explícito, para melhor compreensão dos estudantes. As questões marcam pontos de paradas considerados importantes por permitirem a construção de hipóteses, discussão e comunicação. As "questões para pensar" podem ser respondidas individualmente ou em pequenos grupos e, para evitar *spoilers* ao longo da narrativa, sugere-se que esse trabalho seja feito sem consultas à Internet ou a materiais impressos.

Neste material, apresentamos comentários gerais para cada um dos 13 grupos de "questões para pensar", com indicação dos aspectos de natureza da ciência mobilizados e dos conteúdos científicos construídos e fomentados em cada momento (Quadros A e B). Com isso, buscamos evidenciar como a narrativa torna possível explorar vários tipos de conteúdos e de aprendizagens, a depender dos objetivos de ensino. Com essa abordagem, é possível explorar tanto conteúdos conceituais de biologia quanto aspectos relativos ao fazer científico e à reflexão sobre a produção do conhecimento.

Complementarmente, há um diagrama da narrativa, contendo a estrutura integral dela, com a indicação das questões para pensar e dos aspectos de natureza da ciência possíveis de serem explorados (Figura 1). Esse diagrama visa a fornecer um panorama geral do caso e ser uma fonte de consulta rápida durante a aplicação. Por fim, após esses conteúdos, há uma relação das imagens citadas no artigo durante a narrativa, acompanhadas de suas respectivas fontes (Quadro C). As imagens, em grande parte históricas, foram selecionadas para serem usadas como apoio para enriquecer a narrativa para os estudantes e ajudar o narrador a contá-la com mais fluidez. As imagens podem ser, então, incluídas em

telas para serem projetadas durante a aplicação ou editadas com base na apresentação que usamos durante as nossas aplicações, disponível em <<https://drive.google.com/file/d/1JkYbhQnNKNXE-A638-DuGb5qcrWETwzu/view?usp=sharing>>. Todo esse conjunto de materiais foi organizado e arquitetado para facilitar o trabalho em sala de aula.

Quadro A. Relação das “questões para pensar” presentes na narrativa e seus respectivos aspectos de natureza da ciência e conteúdos científicos, evidenciando as potencialidades de aprendizado frente aos princípios da alfabetização científica.

	Questões para pensar	Aspectos de natureza da ciência a serem explorados	Conteúdos científico que podem ser mobilizados e discutidos com a resolução da questão e subsequente condução da narrativa
	Prólogo	<p>O papel de fatores econômicos e políticos no trabalho de cientistas.</p> <p>O papel de motivações e habilidades pessoais.</p> <p>O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente.</p> <p>O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico.</p> <p>O papel da interação entre cientistas para validar uma descoberta em contraposição com conflitos de personalidade.</p> <p>A importância de ter acesso às informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico vigente.</p>	<p>[1] Medidas profiláticas de doenças infectocontagiosas</p> <p>[2] Ciclo de vida do agente causador da malária</p> <p>[3] Vetor da malária</p> <p>[4] Sintomas da malária</p> <p>[5] Tratamento e profilaxia da malária</p>
1	<p>Por que Carlos e Belisário foram enviados para Lassance?</p> <p>O que motivou o envio de uma equipe médica para lá?</p> <p>Considerando os sintomas da população de Lassance, pode-se dizer que eles são uma variação local da malária ou são uma outra doença? Que critérios Carlos poderia usar para decidir se essa é a mesma doença ou se é uma doença diferente? Como ele poderia ter certeza?</p>	<p>O papel de fatores econômicos e políticos no trabalho de cientistas.</p> <p>O papel de motivações e habilidades pessoais.</p> <p>O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico.</p> <p>A importância de ter acesso às informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico vigente</p>	<p>[6] Características de doenças endêmicas</p> <p>[2] a [5]</p> <p>[7] Relações entre saúde e doença</p> <p>[8] Noções de epidemiologia e semelhanças entre sintomas presentes em diferentes grupos populacionais</p>

2	Quais informações você considera necessárias para caracterizar os sintomas (sintetizados no quadro 3) como uma nova doença? Apenas os sintomas seriam suficientes para um diagnóstico seguro? Por quê? Com base nas suas respostas, qual seria o papel de comparar uma possível doença nova com outras doenças descritas anteriormente?	O papel de motivações e habilidades pessoais. O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente.	[2] a [8]
3	Se você quisesse verificar se a informação de Cornélio é verídica, o que faria? Você acha que o conhecimento local e prático é diferente do conhecimento científico? Por quê?	O papel de motivações e habilidades pessoais. O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente. O papel do conhecimento local em contraposição com a investigação sistemática. O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico.	[9] Características gerais de insetos (como percevejos e mosquitos) e suas estratégias ecológicas [10] Diferenças entre agente transmissor e agente causador de doenças
4	É possível verificar a relação da doença que Carlos foi investigar com o inseto que Cornélio mostrou? Como você faria isso?	O papel de motivações e habilidades pessoais. O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente. O papel do conhecimento local em contraposição com a investigação sistemática. O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico.	[9], [10] [11] Características morfológicas dos protozoários [12] Capacidade patológica dos protozoários [13] Caracterização do parasitismo
5	Como Carlos poderia saber se as formas encontradas no percevejo e no sagui eram ou não variações do mesmo protozoário? O protozoário encontrado no estômago do percevejo é o mesmo que foi encontrado no sangue do sagui? Que tipo de investigações ele poderia conduzir para obter uma resposta segura? Você considerava que Carlos possuía meios (como recursos, estrutura, habilidades, conhecimento) para conduzir essas investigações? Qual a importância disso?	O papel de motivações e habilidades pessoais. O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico. O papel da interação entre cientistas para validar uma descoberta em contraposição com conflitos de personalidade. O papel da complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo. A importância de ter acesso às informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico vigente.	[10], [13] [14] Capacidade patológica de microrganismos [15] Relação entre condições sanitárias e transmissão de doenças infectocontagiosas [16] Papel dos bons hábitos de higiene como forma de profilaxia

6	<p>Tendo descartado um dos tripanossomas como patogênico, como você verificaria se a doença do sagui era a mesma que se manifestava na população de Lassance? Qual seria a importância de ter acesso e estar atualizado sobre o conhecimento científico da época? Você pode mobilizar as discussões que foram feitas para responder às questões anteriores, como por exemplo nas questões para pensar de número 2.</p>	<p>O papel da interação entre cientistas para validar uma descoberta em contraposição com conflitos de personalidade.</p> <p>O papel da complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo.</p> <p>A importância de ter acesso às informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico vigente.</p>	[10], [12], [13], [14]
7	<p>Com base no resultado negativo das amostras de sangue, o que você faria? Prosseguir com as investigações ou não? Seria mais indicado mudar a estratégia de investigação? Por que você acha isso? Em que momento um pesquisador sabe que deve parar de procurar por uma evidência? Considerando as suas respostas, qual o papel que você atribuiu à persistência (ou resiliência) de pesquisadores para a construção do conhecimento?</p>	<p>O papel de motivações e habilidades pessoais.</p> <p>A importância da resiliência/ persistência na investigação científica.</p>	[11], [12], [13] [17] Tipos de células sanguíneas
8	<p>Ter encontrado o protozoário no sangue da criança é o bastante para afirmar com certeza qual é o agente causador da doença? Por quê? O que você acha que poderia ser feito ou investigado a mais? Você considera que o acaso foi importante nesse momento da narrativa? Por quê? Sobre isso, qual papel você acha que o acaso pode ter na construção do conhecimento científico?</p>	<p>O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico.</p> <p>A importância da resiliência/ persistência na investigação científica.</p>	[11], [12], [13]

9	<p>Considerando as evidências encontradas, que tipo de investigações você acha que Carlos e Oswaldo poderiam conduzir? Como eles poderiam relacionar os protozoários flagelados encontrados no percevejo, no sangue dos doentes e nos demais animais? Sobre essa interação, você acha que o mundo da ciência é cooperativo ou competitivo? Por quê? Qual seria a importância de uma boa interação entre cientistas, apesar das diferenças de personalidades que podem apresentar?</p>	<p>O papel da interação entre cientistas para validar uma descoberta em contraposição com conflitos de personalidade.</p> <p>O papel da complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo</p>	<p>[7], [8], [9], [11], [12], [13]</p>
10	<p>Considerando os experimentos realizados e as outras evidências que Carlos acumulou com o seu trabalho, qual a possível conclusão que ele poderia formular? Para desenvolver a sua resposta, considere a síntese desses experimentos (sintetizadas no quadro 4).</p>	<p>O papel da interação entre cientistas para validar uma descoberta em contraposição com conflitos de personalidade.</p> <p>O papel da complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo.</p>	<p>[7]</p>
11	<p>Você considera que os resultados sobre a doença de Chagas poderiam ter sido obtidos sem os estudos de campo? E sem os estudos em laboratório? Por quê? Fazendo uma comparação com a malária, sistematize as informações sobre a nova doença.</p>	<p>O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente.</p>	<p>[18] Ciclo de vida do agente causador da doença de Chagas [19] Vetor da doença de Chagas [20] Sintomas da doença de Chagas</p>
12	<p>Quão importante foram as investigações de Carlos? Para te ajudar, procure pensar no seguinte: Quais tipos de implicações você acha que as investigações dele tiveram para população de Lassance? E para a população brasileira? E para a medicina como um todo? Por quê? Sobre as suas respostas às questões anteriores, você considera que um conhecimento científico tem um impacto imediato em ações de saúde pública? Por quê?</p>	<p>O papel de fatores econômicos e políticos no trabalho de cientistas.</p> <p>O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente.</p> <p>A lacuna entre o conhecimento médico/científico e as ações de saúde pública.</p>	<p>[21] Tratamento e profilaxia da doença de Chagas [1], [10], [15], [16], [22] Epidemiologia e saúde</p>

13	<p>Como a "tripla descoberta" de Carlos e os fatores e eventos históricos associados a ela estão relacionados com as formas como as ciências funcionam e os conhecimentos científicos são construídos? Com base nas discussões feitas nas <i>Questões para pensar</i> anteriores, analise os aspectos associados à produção do conhecimento listados a seguir e dê exemplos dos momentos da história da "tripla descoberta" em que foi possível refletir sobre eles (...).</p>	Consultar Quadro B	
----	--	--------------------	--

Este material não tem a pretensão de limitar todas as possibilidades de resposta ou abordagens, mas ser um caminho possível para auxiliar o narrador mediador na condução da narrativa, permitindo evidenciar alguns dos aspectos da natureza da ciência que foram considerados relevantes para a construção do caso. Por esse motivo, os comentários que se seguem estão focados, essencialmente, nesses aspectos, já que, em certa medida, uma parte dos conteúdos conceituais da narrativa (Quadro A) são possíveis de serem corrigidos logo após as questões, com as informações subsequentes a elas dentro da própria narrativa.

Considerações sobre os aspectos de natureza da ciência presentes na narrativa

Aspecto: O papel dos fatores econômicos e políticos no trabalho de cientistas

Questões para pensar que permitem explorá-lo:
Prólogo, 1, 12

Carlos Chagas foi enviado para Lassance não por uma benevolência do governo ou por interesses pessoais na região ou nas pessoas que lá viviam. O que motivou e propiciou a ida de Carlos para a região foram fatores econômicos, já que a expansão da ferrovia estava sendo comprometida. Tal fato ilustra como os interesses

1.

A página da Agência FioCruz de Notícias possui um texto que pode embasar essa discussão com a turma: VALVERDE, R. **Doenças negligenciadas**. Disponível em: <<https://agencia.fiocruz.br/doen%C3%A7as-negligenciadas>> Acesso em: 19 nov 2018.

econômicos e políticos podem impactar a produção do conhecimento e o professor precisa explorar esse aspecto.

Na mesma linha está a importância dos investimentos em pesquisa e centros de produção de conhecimento. Não fosse a existência do Instituto de Manguinhos (atual Instituto Oswaldo Cruz), provavelmente a doença de Chagas teria sido descoberta em outras condições, o que poderia comprometer por muito mais tempo o desenvolvimento econômico da região de Lassance, e do próprio Brasil, no que tange à saúde e à qualidade de vida das pessoas. O professor pode aproveitar tal reflexão para perguntar quantos centros de pesquisa existem no país? Quais são eles? Em quais lugares a pesquisa é feita no Brasil? Por que o investimento em pesquisa é baixo? Essa linha de questionamento pode ser interessante, sobretudo se permeada por dados e outras informações sobre os investimentos em pesquisa no Brasil. As reflexões podem ponderar, ainda, as possibilidades de retorno econômico que o conhecimento científico pode gerar para o país e o quanto pesquisas e investimentos em saúde podem ser convertidos em benefícios diretos para a população. Sobre isso, é possível dar início às discussões sobre as dificuldades de combater as chamadas doenças negligenciadas, cuja falta de investimentos em profilaxias e pesquisas geram perda da capacidade produtiva¹.

Aspecto: O papel das motivações e habilidades pessoais

Questões para pensar que permitem explorá-lo:
Prólogo, 1, 2, 3, 4, 5, 7

Espera-se que os estudantes associem a formação de Carlos, que havia desenvolvido seu trabalho final do curso de medicina sobre a malária, como um dos fatores que fizeram com que ele fosse enviado para a região de Lassance. A formação e o trabalho de Carlos Chagas estavam associados às suas motivações pessoais e ao desenvolvimento de certas habilidades que viriam a ser relevantes para seus trabalhos futuros, que foram fortemente influenciados por sua proximidade com Oswaldo Cruz (personagem-chave para a sua ida à Lassance e para as descobertas que viriam). Nessa linha, pode-se questionar

a turma sobre o porquê de Carlos ter sido enviado a Lassance e não um outro profissional.

A formação abrangente de Carlos foi um fator primordial para a tripla descoberta da doença da Chagas. A paciência, a sistematização, a comunicação com outras pessoas, a observação e o cuidado com as diferentes fontes de evidências foram fundamentais ao longo da investigação científica que ele conduziu e tiveram, certamente, um peso considerável para as descobertas que vieram.

Aspecto: O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente

Questões para pensar que permitem explorá-lo:
Prólogo, 1, 2, 3, 4, 11, 12

É possível explorar que um diagnóstico possível de doenças se dá pela semiologia, ou seja, pela análise dos padrões de sintomas conhecidos. Porém, obviamente, essa avaliação só é possível para doenças que já foram descritas, o que é ruim quando uma doença ainda é desconhecida. Dessa forma, a analogia entre doenças para a caracterização de uma nova é um aspecto fundamental. Na narrativa, a analogia com a malária esteve embasada no fato de ambas as doenças serem causadas por protozoários e serem transmitidas por insetos hematófagos vetores. Além disso, ambas são doenças tropicais endêmicas e que estão associadas a populações desfavorecidas socioeconomicamente.

Outra questão que pode ser abordada refere-se ao fato de que alguns dos sintomas atribuídos à doença que estava sendo investigada na verdade estavam associados à desnutrição da população ou a outras doenças. Isso abre possibilidades para discutir as dificuldades de atribuir quais sintomas estão relacionados com uma determinada doença. Como diferenciar os sintomas da nova doença de outras já conhecidas? Como relacionar um sintoma a uma determinada doença? Tais reflexões abrem espaço para falar sobre metodologias e sobre o papel da criatividade para alcançar respostas satisfatórias dentro das investigações científicas.

Aspecto: O papel do conhecimento local em contraposição com a investigação sistemática

Questões para pensar que permitem explorá-lo:
1, 3, 4

A reflexão sobre esse aspecto permite valorizar os diferentes tipos de conhecimento, como o conhecimento individual e o conhecimento local, empírico ou não. No artigo, trouxemos uma distinção entre esse tipo de conhecimento e o da expressão "conhecimento tradicional" e afins. Não é objetivo do presente trabalho trazer uma reflexão aprofundada sobre esse tema, mas, sim, desmistificar que outros conhecimentos, além do científico, não são importantes. Com a reflexão desse aspecto é possível estabelecer diferenças entre os dois tipos de conhecimento (o local e o científico), havendo espaço para discutir sobre outros, se for pertinente, como o conhecimento religioso ou o filosófico. Não se trata de equiparar os diferentes tipos de conhecimento, mas valorizar o conhecimento comum que existe para além da academia. Na mesma linha, também não se pretende estabelecer uma metodologia científica única e fechada, mas reconhecer que há características do conhecimento científico que o diferenciam das outras formas de saber, como o conhecimento popular.

A identificação do percevejo barbeiro como o vetor da nova doença precisou de grande esforço de investigação. O depoimento de Cornélio Homem Cantarino Motta, embasado no que ouvira das pessoas da região, foi fundamental, mas fazia-se necessário investigar a informação e buscar pelas possíveis relações entre o percevejo e os doentes. Durante o seu trabalho em Lassance, Carlos contou com a ajuda de muitas pessoas. A população local, os médicos e engenheiros envolvidos na campanha contra a malária contribuíam para as descobertas que Carlos foi fazendo. Isso porque, em suas conversas, diferentes fontes de informação iam surgindo, possibilitando que Carlos pudesse decidir entre prosseguir com ou mudar o rumo das suas investigações.

Aspecto: O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico

Questões para pensar que permitem explorá-lo:
Prólogo, 1, 3, 4, 5, 8

A ideia de serendipidade está fortemente associada ao repertório do observador, que pode encontrar resultados e eventos inesperados ao longo de uma investigação científica que o levarão a uma descoberta importante (informações adicionais estão relatadas no próprio artigo). O acaso possivelmente levou Carlos até a casa do engenheiro Cornélio Homem Cantarino Motta, que tinha uma informação capaz de mudar o curso das investigações sobre a doença dos trabalhadores da estrada de ferro. Carlos poderia ter deixado de lado a observação feita sobre o barbeiro pelo engenheiro, mas a atenção que ele dedicou à informação foi fundamental, como também foi o respeito dele pelo que ouviu. Como um estudioso e detentor de um saber considerado elitizado, Carlos poderia ter zombado do engenheiro ou descreditado da população, mas essa não foi sua reação.

Outro momento da narrativa em que é possível explorar o papel do acaso é o episódio em que, já tendo examinado muitas pessoas, incluindo a menina Berenice, e não tendo encontrado protozoários no sangue, Carlos Chagas é novamente chamado para atender a paciente e, desta vez, encontra o *Trypanosoma cruzi* no sangue dela. Até mesmo o fato de Carlos Chagas (e não outra pessoa) ter sido enviado a Lassance pode ser considerado como um fato relacionado ao acaso. Os estudantes podem mobilizar outros exemplos do papel do acaso na narrativa. Dependendo de como caminhar essa discussão, pode ser proveitoso abordar concomitantemente a esse aspecto de natureza da ciência um outro e explorar, também, o papel da resiliência/persistência para as investigações científicas.

Aspecto: O papel da interação entre cientistas para validar uma descoberta em contraposição com conflitos de personalidade

Questões para pensar que permitem explorá-lo: Prólogo, 5, 6, 9, 10

O primeiro ponto de destaque para esse aspecto é o fato de que Carlos Chagas viajou para Lassance e trabalhou junto com Belisário Penna. Carlos estava atento aos trabalhos publicados por outros médicos e pesquisadores e isso teve um papel fundamental para suas investigações, seus estudos e seus diagnósticos. Porém a mais representativa informação da narrativa a ser relacionada a esse aspecto de natureza da ciência foi a parceria entre Carlos Chagas e Oswaldo Cruz.

Por estar trabalhando com organismos desconhecidos até então e por contar com apenas algumas instalações rudimentares em um vagão de trem em Lassance, a possibilidade de colaboração de Oswaldo Cruz, durante as etapas de investigações laboratoriais, foi imprescindível para as descobertas que estavam por vir. Assim, as observações de campo puderam ser complementadas com outras fontes de evidência, oriundas de estudos laboratoriais. Isso só foi possível porque o Instituto Manguinhos contava com as instalações necessárias para complementar os estudos de Carlos Chagas.

Aspecto: O papel da complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo

Questões para pensar que permitem explorá-lo: 5, 6, 9, 10

Aqui é relevante que o professor estimule a discussão do papel da complementação entre os estudos laboratoriais e os estudos de campo, a fim de evidenciar que há uma variedade de métodos na ciência (e não um método único) e que esses podem ser complementares, corroborando, de diversas formas, as mesmas fontes de evidência. Sobre isso, é válido conduzir uma discussão sobre as diferenças entre os estudos de campo e os laboratoriais, de forma que os estudantes possam

compreender como as maneiras distintas de fazer ciência podem ser complementares, contrapondo uma visão comum de que há apenas uma forma de investigação científica possível.

Algumas questões que podem enriquecer essa reflexão, incluem: Será que apenas os estudos de campo teriam sido suficientes para descrever a nova doença com seus sintomas, vetor e agente causador? Bastariam apenas os estudos laboratoriais? O que Carlos ganhou e o que perdeu com cada um dos estudos? Esse aspecto de natureza da ciência também é interessante por permitir ao professor explorar que o caminho metodológico seguido por Carlos Chagas e Oswaldo Cruz não era o único possível. Pode-se, aqui, exemplificar caminhos metodológicos alternativos propostos pelos próprios estudantes, valorizando as colocações trazidas por eles.

Vale discutir, ainda, quais aspectos os estudantes acham que devem ser controlados em laboratório e o porquê, podendo retomar a reflexão sobre qual o papel do acaso durante uma investigação científica. Pode ser trabalhado o papel da criatividade no empreendimento científico, uma vez que diferentes práticas podem ter sido sugeridas pelos estudantes. Aspectos como o número de réplicas, os tratamentos estatísticos, o controle de variáveis e a ética em pesquisa poderão emergir dessa discussão. Por fim, pode-se discutir que, geralmente, nas observações de campo pode ser desafiador estabelecer uma relação direta entre a causa estudada e o efeito dela, devido às inúmeras variáveis que não podem ser controladas, como ocorreria em estudos laboratoriais.

Aspecto: A lacuna entre o conhecimento médico/científico e as ações de saúde pública

Questões para pensar que permitem explorá-lo: 12

Um ponto crítico para ser discutido na narrativa é a lacuna entre o conhecimento médico e científico e as ações de saúde pública. A descoberta de Carlos não resultou rapidamente em medidas de saúde pública efetivas. Foi apenas em meados de 1960 que medidas mais abrangentes para o controle da doença de Chagas foram adotadas. Um caminho para a discussão pode ser instigar

2.

A página da Agência FioCruz de Notícias possui um texto que pode embasar essa discussão com a turma: VALVERDE, R. *Doenças negligenciadas*. Disponível em: <<https://agencia.fiocruz.br/doen%C3%A7as-negligenciadas>> Acesso em: 19 nov 2018.

3.

Para se aprofundar no tema, sugerimos a leitura dos seguintes trabalhos: (a) MASTROMAUR, GC. Alguns aspectos da saúde pública e do urbanismo higienista em São Paulo no final do século XIX. *Cadernos de História da Ciência*. 2010, v(6)n(2): 45-64. (b) CZERESNIA, D. Do contágio à transmissão: uma mudança na estrutura perceptiva de apreensão da epidemia. *Hist. cienc. saude-Manguinhos*. 1997, v(4)n(1): 75-94. (c) MARTINS, LACP, MARTINS, RA. *Infecção e higiene antes da teoria microbiana: a história dos miasmas. A teoria errada que salvou milhões de vidas*. Disponível em <<http://www.ghtc.usp.br/server/pdf/ram-Miasmas-Sci-Am.PDF>>.

a turma a pensar sobre quais os possíveis motivos para essa falta de diálogo entre os diferentes setores da sociedade e quais as consequências disso para o tratamento de doenças infectocontagiosas.

A descoberta da doença de Chagas fortaleceu argumentos em prol de uma maior atenção à população que vivia no interior do país, mais distante dos grandes centros econômicos. O movimento de sanitização, que acompanhou a modernização das grandes cidades do Brasil, passou, então, a ser almejado para todo o interior do país. O jornal "Correio da Manhã" publicou uma matéria intitulada "O Brasil não é só o Rio de Janeiro". Miguel Pereira, um importante médico da época, disse, em um discurso que ficou famoso, que o Brasil era um enorme hospital (KROPF, 2009).

Por fim, uma reflexão contemporânea sobre o tema pode ser mobilizada, ao final da narrativa, pedindo que a turma pesquise sobre a situação atual da malária no mundo, visando responder à seguinte questão: O que mudou com relação ao tratamento da doença de Chagas e às políticas públicas em saúde desde a descoberta tripla por Carlos, em 1909? Tal reflexão abre caminho para explorar a ideia de doenças negligenciadas e debater quais os impactos desse fato para a economia do país².

Aspecto: A importância de ter acesso às informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico vigente

Questões para pensar que permitem explorá-lo:
Prólogo, 1, 5, 6

Um aspecto relevante é a forma como se dá a construção do conhecimento e o fato das descobertas científicas serem influenciadas pelos contextos de pesquisas e saberes da época. Foram várias descobertas que propiciaram a compreensão dos fatores que estavam associados a uma nova doença tropical, como, por exemplo, (i) o reconhecimento dos microrganismos como agentes patogênicos em contraposição aos impalpáveis miasmas³, (ii) o fato de Finlay ter identificado, à época histórica em que se passa a narrativa, que insetos podem ser transmissores de doenças e (iii) diferentes protozooses

estarem sendo descobertas com o *boom* de pesquisas em medicina tropical nos principais centros científicos da época (particularmente na Alemanha).

Nesse contexto, cabe, então, a seguinte reflexão: Para Chagas, seria possível descrever a nova doença se Finlay não tivesse estabelecido a relação entre doenças tropicais e sua transmissão por insetos? Sabendo que as protozooses estavam em voga no contexto científico da época, temos um cenário com grande potencial para desmistificar a ideia de um cientista como um gênio isolado, que, em um rompante de genialidade, descreve sozinho uma nova doença. Carlos era um pesquisador dedicado e atualizado com o que se passava em sua área de pesquisa e isso teve consequências diretas para o conhecimento que ele produziu. Vale ressaltar, ainda, que o renome do Instituto Manguinhos possibilitou que Carlos tivesse convivência com informações científicas atualizadas, originadas do contato com outros centros de pesquisa e com grandes nomes da área, ilustrando a importância da internacionalização em detrimento do isolamento de um país e seus centros de pesquisa.

Aspecto: O papel da resiliência/ persistência na investigação científica

Questões para pensar que permitem explorá-lo: 7, 8

Registros históricos apontam que, às vésperas de sua descoberta, Carlos estava começando a se convencer de que estava diante de uma nova protozoose. Entretanto, o resultado negativo da presença de protozoários no sangue de alguns doentes não corroborava sua hipótese. Esse é um ponto comum em vários relatos de descobertas científicas ao longo da história. Os cientistas nem sempre sabem qual a dimensão do problema em que estão debruçados. Carlos tinha suspeitas, mas nesse ponto de uma investigação pode ser subjetivo decidir sobre qual atitude tomar ou sobre se uma mudança nos rumos de uma investigação é mais adequado ou não para alcançar o sucesso almejado.

Aqui é interessante discutir com a turma quais as estratégias que adotariam para tomar essa difícil decisão, a fim de que saibam como estabelecer tais critérios pode

ser arbitrário e ocasionar resultados práticos distintos para a vida do pesquisador e para as descobertas em si. O trabalho intenso na busca pelo inseto barbeiro e investigação da possível relação deste com a nova doença, enquanto continuava a trabalhar pelo combate da malária na região, são exemplos que servem para desmistificar a ideia das descobertas científicas como momentos súbitos de genialidade. Assim, o objetivo dessas reflexões é relacionar as descobertas científicas ao trabalho e estudo árduos dos indivíduos. Como abordado em diferentes pontos da narrativa, o trabalho minucioso de Carlos e sua formação abrangente foram fatores primordiais em vários momentos da sua trajetória investigativa e foi isso que culminou na descoberta tripla da doença de Chagas.

Comentários gerais com base nas aplicações prévias

Partindo dos comentários anteriores e da estrutura geral da narrativa, que apresenta questões e, na sequência, respostas possíveis a elas, apresentamos algumas das respostas que os estudantes costumam fornecer durante os momentos de discussão. Tais apontamentos visam fornecer um panorama geral das possibilidades de discussão para o(a) mediador(a) da narrativa em algumas das questões.

Nas *Questões para pensar 1*, a turma menciona que a ida dos personagens estava associada ao impacto econômico causado pela doença dos trabalhadores da estrada de ferro e ao fato de serem médicos experientes. Também apontam que os sintomas da doença são genéricos, sendo o sinal de Romaña uma possível chave para diferenciar a doença de outras já conhecidas. As discussões sobre identificar uma doença costumam incluir os seguintes apontamentos por parte da turma: (a) para caracterizar uma doença nova, além dos sintomas, é importante ver se há órgãos que são impactados e fazer exames clínicos (mas o momento histórico da narrativa impõe limitações nas possibilidades de exames que poderiam ser realizados), (b) para caracterizar uma doença nova deve-se observar se há algum sinal característico e exclusivo dela (já que sintomas como febre e dor de cabeça não ajudam), (c) para caracterizar uma doença nova deve-se investigar a cura ou um tratamento da doença, pois a comparação com

outras doenças pode ajudar a descartar possibilidades nesse processo de investigação, (d) identificar o agente causador de uma doença pode ajudar a identificar se ela é nova ou não. A discussão deve contemplar as limitações das ideias apresentadas pela turma, levando-se em consideração o momento histórico narrado. Nesse ponto da narrativa, a turma formula argumentos diferentes com base no mesmo conjunto de dados (quadro 2). É um ponto importante para discutir o uso de evidências e observar como a turma vai criando justificativas para convencer os colegas quais argumentos são melhores para resolver a questão.

Nas *Questões para pensar 2*, além dos pontos mencionados nas *Questões para pensar 1*, aqui a turma menciona que a comparação com outras doenças pode tanto ajudar quanto atrapalhar. Segundo os estudantes, a comparação permite investigar se um tratamento de uma doença ajudaria em outra e permite prever possíveis consequências e implicações médicas de uma doença. Também apontam que ao olhar para os sintomas de doenças já conhecidas é possível imaginar qual o agente causador dela. Por outro lado, a comparação pode induzir uma busca errada e fazer o cientista perder tempo.

No terceiro ponto de parada para as discussões, a turma menciona que é preciso levar o percevejo em questão para um laboratório, e nesse ponto o narrador mediador precisa lembrar que Carlos e seu laboratório estavam alocados em um vagão de trem. A turma sugere também que seja feita uma busca ativa pelo percevejo nas casas da região (para confrontar a informação que Carlos ouviu) e que, ao encontrar percevejos, seria preciso matá-los para averiguar se há algum agente causador da doença no interior deles. Aqui, a turma pode começar a apontar a ética na pesquisa científica, questionando até que ponto podemos matar seres vivos em prol da ciência. Alguns estudantes falam que seria preciso observar muitos percevejos ou sugerem que Carlos poderia mandar o percevejo para algum laboratório. Essas questões não devem ser confirmadas nesse ponto da narrativa, pois serão retomadas em momentos posteriores de discussão.

Nas *Questões para pensar 4*, a turma sugere que é preciso investigar se há várias pessoas que possuem a doença em uma mesma casa, pois isso ajudaria

a estabelecer uma correlação entre os percevejos, o ambiente e os doentes. Também retomam pontos das *Questões para pensar 3*, mencionadas no parágrafo anterior, como investigar o conteúdo biológico do interior do percevejo ou ainda fazer testes em animais, permitindo mobilizar novamente o aspecto de natureza da ciência relativo à ética na pesquisa científica.

Após cerca de uma hora de discussão e engajamento dos estudantes na narrativa, começam as discussões das *Questões para pensar 5*. Nelas, a turma traz sugestões como: misturar o sangue de uma pessoa saudável com o conteúdo biológico presente no interior do percevejo e comparar com o sangue de pessoas que possuem a doença. A questão é particularmente desafiadora porque o ciclo de vida do *T. cruzi* ainda não era compreendido a essa altura da narrativa. Esse fato foi um dos responsáveis pelos resultados negativos que Carlos teve durante suas investigações. Além disso, todas as sugestões elencadas pelos estudantes envolvem recursos e espaço para pesquisa no contexto histórico e econômico em que Carlos estava inserido, mas que não estavam disponíveis para ele em Lassance. Cabe ao mediador da narrativa, então, questionar a turma sobre quais eram as reais possibilidades de Carlos executar as sugestões, considerando que ele estava em um vagão de trem (com pouca estrutura técnica) e em uma região tropical (onde os materiais biológicos estragam rapidamente). Apesar disso, Carlos tinha conhecimento e habilidades para seguir com as investigações e estava atento às publicações científicas da época. Não só aqui, como em vários pontos da narrativa, há uma tendência de pensar anacronicamente. Nesses momentos, é importante que o mediador ajude a turma a lembrar em que período histórico Carlos está. Os estudantes apontam diferentes caminhos para resolver as questões e eles não são excludentes. As explicações e hipóteses podem ser complementares e isso merece ser explorado ao longo da discussão das questões.

Antes das *Questões para pensar 6*, os estudantes são apresentados pelas Figuras 52 e 53, para que analisem se há relações entre os Tripanossomos ou não, procurando identificar quais as semelhanças e diferenças entre eles. Ao responderem a sexta parada para discussão, os estudantes apontam que a literatura científica tem muitas

respostas em livros e revistas e que o cientista deve ficar atento a essas fontes de informação para saber de onde suas investigações devem começar. Nesse momento, há um espaço para que a professor explore que o conhecimento científico não surge de um rompante de genialidade, mas está inserido em um contexto no qual o cientista também faz parte.

Ao serem apresentados aos resultados negativos de Carlos nas *Questões para pensar 7*, muitos estudantes voltam aos sintomas, afirmando que deixaram alguma informação para trás. Também afirmam que Carlos poderia ler a descrição de outras doenças ou ler como cientistas descobriram que se tratava de uma nova doença. Outras sugestões comuns incluem: comparar a doença com outras doenças tropicais da época, investigar órgãos de doentes, investigar outros fluidos além do sangue (como muco, saliva e urina), fazer uma necrópsia em algum trabalhador da estrada de ferro vitimado pela doença.

Considerações sobre o fechamento da narrativa

É fundamental que o professor explicita o aspecto da natureza da ciência e peça aos estudantes que identifiquem as passagens da narrativa que exemplifiquem esses aspectos (Quadro B). O resgate das passagens ajuda os estudantes a compreenderem os aspectos, a lembrar a narrativa e a se engajarem nessa etapa de formalização. Ao formalizar esses aspectos, é válido ressaltar com a turma que há vários fatores que interferem no trabalho científico e em uma descoberta. Os cientistas não trabalham de forma isolada, pois o trabalho deles depende de cooperações, persistência, dedicação, financiamento etc., o que vai além de uma visão pouco informada de ciência que considera que cientistas são gênios isolados.

Quadro B. Relação dos aspectos de natureza da ciência conforme as questões para pensar

Aspectos de natureza da ciência	Momentos da narrativa em que é possível refletir sobre o aspecto
O papel de fatores econômicos e políticos no trabalho de cientistas	Prólogo, 1, 12
O papel de motivações e habilidades pessoais	Prólogo ,1, 2, 3, 4, 5, 7
O papel da analogia entre uma nova doença e outras descritas anteriormente	2, 3, 4, 11, 12
O papel do conhecimento local em contraposição com a investigação sistemática	3, 4
O papel do acaso/serendipidade no trabalho científico	Prólogo, 1, 3, 4, 5, 8
O papel da interação entre cientistas para validar um conhecimento em contraposição com conflitos de personalidade	Prólogo, 5, 6, 9, 10
A complementação entre estudos laboratoriais e estudos de campo	5, 6, 9, 10
A lacuna entre o conhecimento médico/científico e as ações de saúde pública	12
A importância de ter acesso às informações científicas e de estar atualizado sobre o conhecimento científico vigente	Prólogo, 1, 5, 6
O papel da resiliência/persistência na investigação científica	7, 8

Por fim, apresenta-se como possibilidade explorar outros olhares sobre a doença de Chagas e orientar-se, por exemplo, por algumas questões sociocientíficas que a cercam. Para tanto, sugerimos uma sequência didática (SD) proposta por Liziane Martins, Gregory Dionor, Lucas Ferraz e Helaine Souza (2018)⁴. Na SD de seis aulas (duas horas cada), os autores apresentam atividades e "discutem a importância do modelo socioecológico de saúde para

4. Martins L, Dionor G, Ferraz L, Souza H. Doença de Chagas a partir de questões sociocientíficas na educação em saúde. In: Nunes-Neto N, Conrado D (ed.). *Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. (213-229). Salvador: EDUFBA, 2018.

5. Nunes-Neto N, Conrado D (ed.). *Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018.

o empoderamento e participação ativa dos indivíduos, visando a promoção da saúde individual, coletiva e ambiental" (NUNES-NETO; CONRADO, 2018, p. 19)⁵.

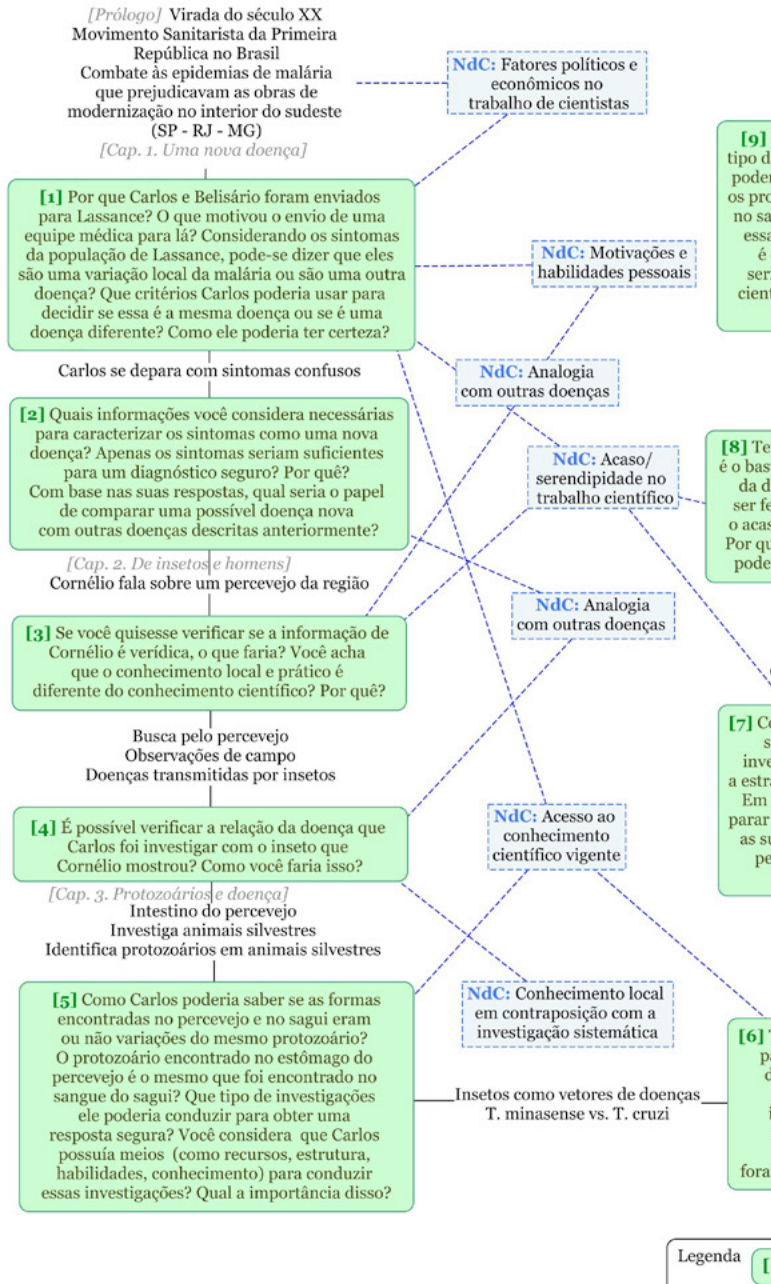
Considerações sobre a possibilidade de abordagens interdisciplinares

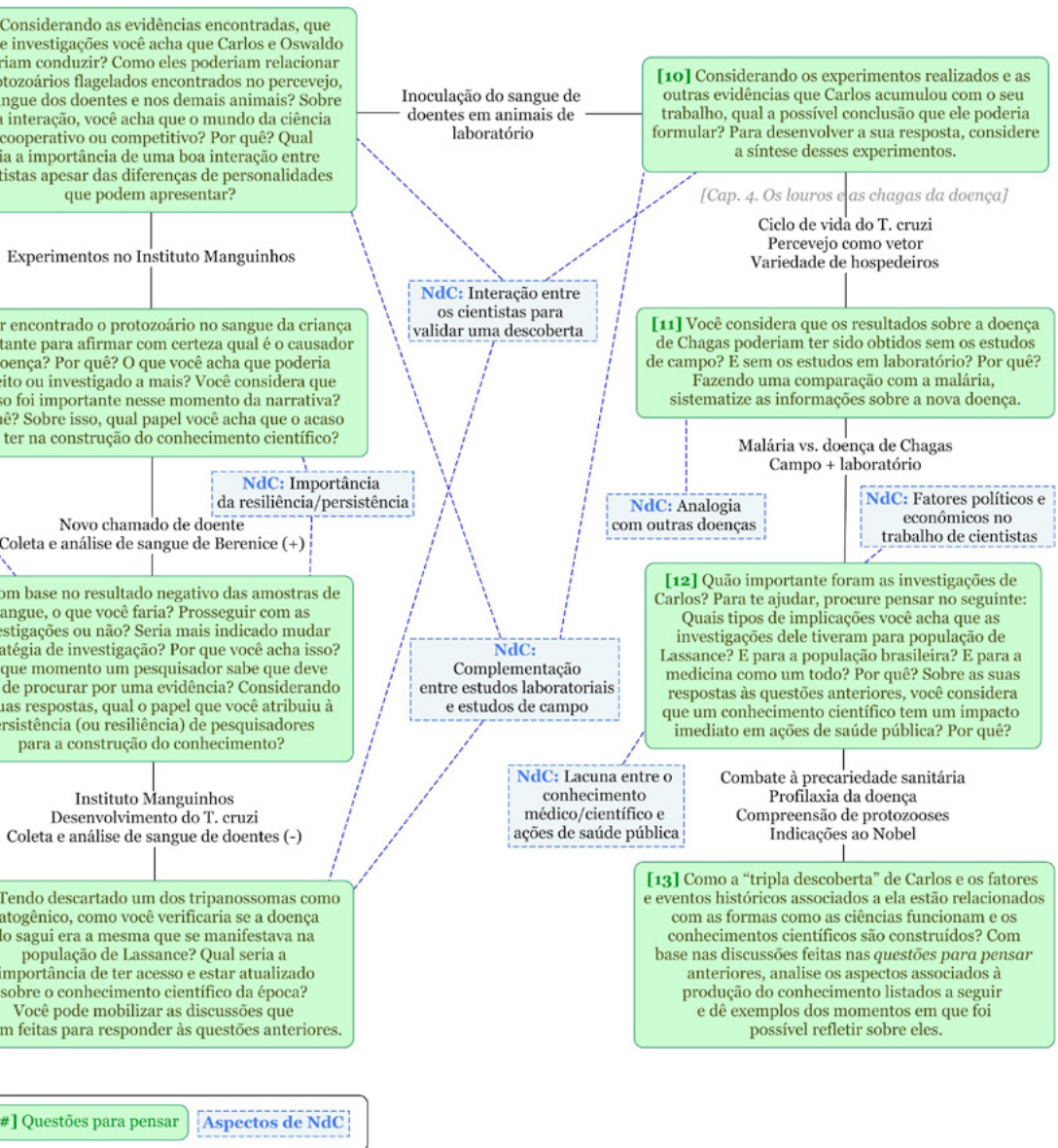
A narrativa mobiliza uma série de fatos históricos relevantes na história do Brasil. Dentre eles, destacam-se as alterações econômicas e políticas da Primeira República, ou República Velha, que compreende o período que vai da proclamação da República, em 15 de novembro de 1889, à Revolução de 1930. A Revolta da Vacina, ocorrida em novembro de 1904 é outro destaque que aparece em diferentes pontos da narrativa e que pode ser explorada sob diferentes aspectos, contemplando, por exemplo, seus antecedentes, motivos e desfechos. Por fim, a narrativa mobiliza, ainda, como pano de fundo, acontecimentos importantes do Movimento Sanitarista da Primeira República. Assim, o diálogo de trabalho com professores de História poderá fornecer bons frutos para as duas disciplinas.

Complementarmente, o diálogo com as disciplinas de Sociologia e Geografia é possível ao explorar as alterações no espaço que ocorreram no período e os efeitos socioambientais e socioeconômicos que derivaram delas. É possível explorar diferentes aspectos dos movimentos migratórios, dos movimentos populares e da constituição de novas identidades que ganharam força no período histórico trabalhado.

Os textos históricos que são mobilizados também permitem um diálogo com Língua Portuguesa, que pode explorar os estilos e a evolução da língua escrita. Por fim, ainda na linha de linguagens, é possível explorar os movimentos artísticos brasileiros da Primeira República (1889-1930), seja na literatura (com Euclides da Cunha, Lima Barreto ou Monteiro Lobato), em artes (com as características do Art Nouveau e do Nativismo) e na música (com Heitor Villa-Lobos, Chiquinha Gonzaga e Ernesto dos Santos).

Figura 1. Diagrama da narrativa. A estrutura geral apresenta alguns dos eventos da narrativa, os pontos com as *Questões para pensar* e alguns dos aspectos de natureza da ciência possíveis de serem explorados.





Quadro C. Relação das figuras usadas na narrativa histórica e suas respectivas referências.*

Número e descrição da figura na narrativa	Link da figura disponível na internet
Figura de abertura: Estrada de Ferro Central do Brasil, 1924, Tarsila do Amaral	http://enciclopedia.itaucultural.org.br/obra1617/estrada-de-ferro-central-do-brasil
Figura 1: Rodrigues Alves	http://www.formarte.com.br/projetos-finalizados-escola-estadual-rodrigues-alves
Figura 2: Recorte de jornal com o anúncio da eleição de Rodrigues Alves	https://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,ha-100-anos-brasileiros-votavam-para-presidente,13160,0.htm
Figura 3: Rio de Janeiro em obras	http://www.projetomemoria.art.br/OswaldoCruz/biografia/img/g_p07-6.jpg
Figura 4: Rio de Janeiro recém modernizado	http://brasilianafotografica.bn.br/brasiliana/handle/bras/2549
Figura 5: Mapa da expansão ferroviária no estado de Minas Gerais	https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Linha_do_Centro_(Estrada_de_Ferro_Central_do_Brasil)
Figura 6: Cartaz da estrada de Ferro Central do Brasil	http://frc-model.blogspot.com.br/2016/01/memoria-historica-da-central-do-brasil.html
Figura 7: Movimento Sanitarista da Primeira República	http://publicadosbrasil.blogspot.com/2014/03/a-revolta-da-vacina-historia-do-brasil.html
Figura 8: Efeitos da Revolta da Vacina, em 1904	https://segundoimperio.files.wordpress.com/2009/12/revolta-do-bonde.jpg
Figura 9: Charge ilustrando a Revolta da Vacina	http://www.multirio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/artigos/11429-a-revolta-da-vacina
Figura 10: Trabalhadores na construção de ferrovias:	http://tyba.com.br/fotos/foto/cd332_271.jpg
Figura 11: Construção de estrada de ferro de Lassance em meados de 1900	http://www.correiodopovo.com.br/jornal/A114/N316/html/Seculo.htm
Figura 12: Construção estrada de ferro em meados de 1900	http://www.scielo.br/img/revistas/hcsm/v15n3/09f3.jpg
Figura 13: Mapa mostrando a localização de Lassance/MG	https://pt.wikipedia.org/wiki/Lassance#/media/File:MinasGerais_Municip_Lassance.svg

* As imagens fazem parte do arquivo preparado para utilizar a narrativa em sala de aula. Apresentação disponível em <https://drive.google.com/file/d/1JkYbhQnNKNXE-A638-DuGb5qcrWETwzu/view>

Figura 14: Mapa e distância entre Rio de Janeiro/RJ e Lassance/MG	https://www.google.com.br/maps/dir/Rio+de+Janeiro,+RJ/Lassance,+MG/@-20.3802843,-46.5158972,7z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x9bde559108a05b:0x50dc426c672fd24e!2m2!1d-43.1728965!2d-22.9068467!1m5!1m1!1s0xa99043309975a5:0x381338448ce573ee!2m2!1d-44.5815648!2d-17.8895316!3e0
Figura 15: Obras da Hidrelétrica de Itatinga/SP	http://www.oocities.org/ferrovias_brasil/1001-tubulacao.htm
Figura 16: Carta de um leitor não identificado e publicada em 31 de março de 1907, p. 07, no jornal Correio da Manhã Procurar a edição 02087 de 31, março, 1907 p.07	http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=089842_01
Figura 17: Instituto Manguinhos (atual Instituto Oswaldo Cruz)	http://www.projetomemoria.art.br/OswaldoCruz/biografia/img/g_p05-4.jpg
Figura 18: Oswaldo Cruz	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oswcruz.jpg
Figura 19: Estação de Lassance	https://sumidoiro.files.wordpress.com/2015/07/post-lassance-estac3a7c3a3o.jpg
Figura 20: Belisário Penna e Carlos	http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v16s1/07.pdf
Figura 21: Diploma de Carlos	http://chagas.fiocruz.br/wp-content/uploads/2017/06/Fig-2-gestao.jpg
Figura 22: Carlos de beca	http://www.coc.fiocruz.br/index.php/carlos-chagas#menu-galerias
Figura 23: Diversos pesquisadores no Instituto Oswaldo Cruz	http://basearch.coc.fiocruz.br/uploads/r/fundacao-oswaldo-cruz-casa-de-oswaldo-cruz/d/c/4/dc-46587d5e584efbd2faae6186f4754b8332cb9edb-c082f60c72e023ab6e9662/02.10.20.15.004.007.jpg
Figura 24: Ciclo de vida do causador da malária	https://www.pragaseeventos.com.br/wp-content/uploads/2017/01/mal%03%A1ria-ciclo.jpg
Figura 25: Vagão consultório (Imagem meramente ilustrativa)	http://2.bp.blogspot.com/-AMIQXlhHo5o/T2OKx-H3UOI/AAAAAAACQA/uY4HfvGHOTg/s1600/003_-_Trem_da_Dra__Lilia_EFS_JPG
Figura 26: Trem da Central do Brasil em 1907	http://www.estacoesferroviarias.com.br/efcb_mg_ramais/fotos/contria9071.jpg
Figura 27: Moradores de Lassance	http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v16s1/07.pdf
Figura 28: Carlos tratando Doentes	http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2008/10/memoria_exame.jpg

Figura 29: Emmanuel Dias pulverizando inseticidas em casas de Lassance	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/imagens/panoramahistorico_00_zoom.jpg
Figura 30: Campanha de conscientização e pulverização de inseticidas	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/imagens/his/7D_zoom.jpg
Figura 31: Carlos tratando uma criança doente (Rita), em 1908, em Lassance.	http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v16s1/07.pdf
Figura 32: (Quadro 3) Sinal de Romaña 1	https://pt.wikipedia.org/wiki/Sinal_de_Roma%C3%B1a#/media/File:Chagoma.jpg
Figura 32: (Quadro 3) Sinal de Romaña 2	http://www.cpqrr.fiocruz.br/informacao_em_saude/cict/imagens_para_intranet/sinal_de_romana.jpg
Figura 33: Carlos, Belisário Penna, Cornélio Homem Cantarino Motta e Bahia da Rocha conversam em uma casa de morador em Lassance	http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v16s1/07.pdf
Figura 34: Belisário Penna	http://brasilianafotografica.bn.br/brasiliana/bitstream/handle/bras/5727/IOC_V_II_0238.jpg.jpg?sequence=3&isAllowed=y
Figura 35: Sentados (da dir. p/ esq.): Carlos, Belisário Penna, Cornélio Homem Cantarino Motta e Bahia da Rocha	https://img.ibxk.com.br///2018/04/27/27173545124750-t1200x480.jpg https://www.tecmundo.com.br/ciencia/129762-genios-brasil-7-carlos-chagas-pesadelo-doen-cas-tropicais.htm
Figura 36: Inseto que picava os moradores da região de Lassance 1	http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/arquivos/File/sugestao_leitura/11chagas.pdf
Figura 36: Inseto que picava os moradores da região de Lassance 2	http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/arquivos/File/sugestao_leitura/11chagas.pdf
Figura 37: Casas de pau a pique em 1910 e 2009	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/hist-bambui.html
Figura 38: Um percevejo adulto na testa e uma ninfa no braço	https://sumidoiro.files.wordpress.com/2015/07/post-crianc3a7as-barbeiro.jpg
Figura 39: Desenho de percevejo	https://actitudsaludable.net/wp-content/uploads/2015/10/1-maxresdefault-730x370.jpg
Figura 40: Carlos Finlay e o vetor da febre amarela	https://www.wiki.sanitarc.si/wp-content/uploads/1880/04/finlay-mosquito-1-e1471548277184.jpg
Figura 41: Prancha com ilustrações do percevejo	https://www.humanasaude.com.br/site/imagens/geral/img_20090112_094613.jpg
Figura 41: Prancha com ilustrações do percevejo	http://www.enetmd.com/sites/default/files/chagas-rhodnius_prolixus_feeding_on_a_human-spl.jpg

Figura 42: Percevejo sugando sangue	https://vignette.wikia.nocookie.net/aia1317/images/9/9c/Chagas1.jpg/revision/latest?cb=20130821174540&path-prefix=pt-br
Figura 43: Protozoário tripanossomídeo encontrado no estômago do percevejo	https://s3.amazonaws.com/classconnection/110/flashcards/9260110/png/zrzut_ekranu_2018-08-22_o_125301-16561460DB41FA9C94D-thumb400.png
Figura 44: <i>Trypanosoma cruzi</i>	http://2017.versionfinal.com.ve/wp-content/uploads/2017/09/Trypanosoma-cruzi-version-final-772x369.jpg
Figura 45: <i>Callithrix penicillata</i> (sagui)	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Callithrix_penicillata.jpg
Figura 46: <i>Saimiri ustus</i>	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Macaquinhos_m%C3%A3o_de_ouro.jpg?uselang=fr
Figura 46: Louis Pasteur	https://fr.wikipedia.org/wiki/Louis_Pasteur#/media/File:Louis_Pasteur_foto_av_Paul_Nadar.jpg
Figura 47: Robert Koch	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robert_Koch.jpg?uselang=fr
Figura 48: Patrick Manson	https://cdn.britannica.com/s:300x300/16/36216-004-7EFD524D.jpg
Figura 49: Gustav Valentin	https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gabriel_G_Valentin.jpg
Figura 50: Griffith Evans	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait_of_Griffith_Evans_(1835-1935)_Wellcome_L0002989.jpg
Figura 51: Adolpho Lutz	https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/03/Adolpho-Lutz.jpg
Figura 52: Ilustrações de <i>Trypanosoma</i>	http://www.scielo.br/img/fbpe/mioc/v94s1/html/20001.html
Figura 53: <i>Trypanosoma brucei</i> e <i>T. cruzi</i>	http://4.bp.blogspot.com/_G6lllCMI5tc/TUX6n-fEzSzI/AAAAAAAAABZ8/AJzg5aU77N8/s1600/Trypanosomes%2Bcomposite.jpg
Figura 54: Antigo Instituto Manguinhos, atual Instituto Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro	http://www.projetomemoria.art.br/OswaldoCruz/biografia/img/g_p05-4.jpg
Figura 55: Laboratório de Manguinhos	https://player.slideplayer.com/12/3564654/data/images/img29.jpg
Figura 56: Carlos no laboratório do Instituto Manguinhos	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/carlos-chagas-24
Figura 57: Laboratório do Instituto Manguinhos	http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br/iah/pt/foto_02.htm

Figura 58: Amostra de sangue observadas ao microscópio e sem protozoários	http://www.foa.unesp.br/home/departamentos/ciencias_basicas/histologia/e-sang-img-pp5.jpg
Figura 59: Estrada de Ferro Central do Brasil. Da direita para a esquerda: Belisário Penna, Carlos Chagas e outros não identificados, em 1908, em frente à estação ferroviária	http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v16s1/07.pdf
Figura 60: Carlos tratando uma criança. Em alguns registros, a criança da foto é apontada como sendo Berenice, em outros, como Rita	http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v16s1/07.pdf
Figura 61: <i>Trypanosoma cruzi</i>	https://s3.amazonaws.com/classconnection/110/flashcards/9260110/png/zrzut_ekranu_2018-08-22_o_125301-16561460DB41FA9C94D-thumb400.png
Figura 62: Ciclo de vida do agente causador da doença de Chagas	https://bestpractice.bmj.com/image/1160/pt-br/normal/1160-5-iline_default.gif
Figura 63: Ciclo de vida do agente causador da malária	http://3.bp.blogspot.com/-lYiTvZghDDQ/U11MeasqeUI/AAAAAAAAADU/hYEu0gf-1HM/s1600/malaria-infografia.jpg
Figura 64: Ciclo de vida do barbeiro	http://animais.culturamix.com/blog/wp-content/gallery/barbeiro1/Fotos-de-Barbeiro-11.jpg
Figura 65: Ilustrações do barbeiro e do <i>T. cruzi</i>	http://www.liacentralsorologica.com.br/noticias/tb_imagens/chagas/tripa_interno.png
Figura 66: Malária	https://www.euroclinix.net/br/images/pages/ciclo-transmissao-malaria.gif
Figura 67: Prêmio Schaudinn	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/imagens/his/2B_zoom.jpg
Figura 68: Título de <i>Artium Magistrum, Honoris Causa</i> , pela Harvard University, Massachussets (EUA)	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/969e1
Figura 69: Diploma de membro da Real Academia Nacional de Medicina de Madri, Espanha	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/diploma-de-membro-da-real-academia-nacional-de-medicina-de-madri-espanha
Figura 70: Título de comendador da Ordem de Isabel la católica, Madri (Espanha)	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/titulo-de-comendador-da-ordem-de-isabel-la-catolica-madri-espanha
Figura 71: Diploma de membro honorário da Universidade Nacional de G. P. Van Agustin de Arequipa, Peru	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/diploma-de-membro-honorario-da-universidade-nacional-de-g-p-van-agustin-de-arequipa-peru
Figura 72: Diploma da Cruz Vermelha Alemã, Berlim	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/diploma-da-cruz-vermelha-alema-berlim

Figura 73: Certificado de membro da Société de Pathologie Exotique	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/certificado-de-membro-da-societe-de-pathologie-exotique
Figura 74: Homenagem da Faculdade de Medicina da Universidade de Hamburgo	http://arch.coc.fiocruz.br/index.php/homenagem-da-faculdade-de-medicina-da-universidade-de-hamburgo-2
Figura 75: Medalha Alfred Nobel	https://pt.wikipedia.org/w/index.php?curid=4465206
Figura 76: Controle do barbeiro por reboco e tamponamento de rachaduras e frestas	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/hist-bambui.html
Figura 77: Barbeiro em frestas de casa de pau a pique	http://www.fernandosantiago.com.br/barbei2.jpg
Figura 78: Charge sobre o combate ao barbeiro	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/imagens/his/3A_zoom.jpg
Figura 79: Controle do barbeiro por detetiza�o	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/hist-bambui.html
Figura 80: Campanha de detetiza�o	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/hist-bambui.html
Figura 81: Uso de inseticidas	http://www.scielo.br/img/revistas/hcsm/v9s0/10f9.jpg
Figura 82: Doença Chagas na América Latina, 2007	http://www.invivo.fiocruz.br/chagas/imagens/doe/99F.gif
Figura 83: Distribui�o quantitativa de triatomineos capturados por municípios, Brasil, 2007 a 2011	http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/agosto/03/2014-020..pdf
Figura 84: Impacto de campanha de combate ao mal de Chagas entre 1982-1998	http://www.scielo.br/pdf/mioc/nahead/cd_11.pdf

Caso de estudo: Vital Brazil e as mordidas de cobras

Adriano Dias de Oliveira
Fernanda Pardini Ricci

Introdução

Vital Brazil foi o primeiro médico e cientista brasileiro a tornar os envenenamentos ofídicos uma questão de saúde pública. O caso a seguir apresenta os diversos experimentos realizados por ele, desde os estudos sobre os tratamentos populares utilizados, quando não se conhecia nenhum medicamento convencional efetivo, até os experimentos que o levaram a descobrir a especificidade dos soros – conhecimento necessário para o tratamento adequado dos pacientes. O episódio destaca todos os desafios enfrentados nesse percurso, desde desafios técnicos e financeiros da pesquisa, até soluções necessárias para distribuir o soro para a população e conseguir as serpentes para a pesquisa. O episódio destaca todos os desafios enfrentados nesse percurso, desde desafios técnicos e financeiros da pesquisa, até soluções necessárias para distribuir o soro para a população e conseguir as serpentes para a pesquisa.

Principais aspectos de natureza da ciência abordados no caso:

- contextos cultural da ciência;
- motivação pessoal para fazer ciência;
- colaboração entre cientistas;
- comunicação entre cientistas;
- controle experimental;
- evidência e credibilidade de afirmações científicas;
- base material da experimentação;
- papel das hipóteses;
- papel de conceitos e explicações alternativas;
- papel de resultados inesperados ou negativos.

Neste documento você encontrará:

- o caso completo *Vital Brazil e as mordidas de cobra*, como a narração da história desse cientista e sua descoberta, incluindo as questões PENSE;
- notas de ensino discutindo as questões PENSE;
- imagens e indicações de sites de imagens para construir a apresentação de aplicação do caso.

Vital Brazil e as mordidas de cobras

Fazendas de café e cobras

Estamos em 1895. Diversas fazendas de café e gado estão espalhadas pelo interior do estado de São Paulo. As florestas nativas em torno da cidade de Botucatu, assim como muitas outras cidades do estado, foram derrubadas. Novas estradas de ferro estão sendo construídas para transportar a produção. Imagine que você é um dos trabalhadores atraídos para a área para atuar na construção da ferrovia ou em uma das fazendas. É um trabalho duro, no calor do sol o dia todo, mas você não é escolarizado nem tem nenhuma habilidade específica, e esse é um trabalho estável pelo menos. Suas condições de vida são muito simples – moradia simples, comida simples. Mas também há perigos. Os campos recém abertos estão cheios de cobras, algumas venenosas. Você, inclusive, conhece trabalhadores que já morreram por conta de uma picada de cobra. O que pode ser feito?

Quem tem medo de cobra? ["levante a mão", ao mesmo tempo em que a professora faz o mesmo para demonstrar]

Levante a mão se você pode identificar quais são as serpentes venenosas e quais são inofensivas.

Levante a mão se você sabe como tratar uma pessoa picada por uma cobra. ("Bom!")

Levante a mão se você sabe como evitar ser mordido por uma cobra. ("Bom!")

Hoje nós vamos acompanhar este homem, Vital Brazil, enquanto ele resolve o problema das picadas de cobras. Vital Brazil é um inspetor de saúde pública do estado de São Paulo. Com a explosão da economia, as moradias para os trabalhadores são de baixa qualidade. Saúde pública é um problema. Desde 1892 o governo tem investido esforços para melhorar o serviço sanitário e a higiene, a segurança alimentar, as vacinas, as pesquisas em microbiologia e a produção farmacêutica. Vital está contribuindo com esse esforço por meio de seu trabalho para controlar epidemias como a febre amarela, a varíola e o cólera. Infelizmente, ele foi exposto e contaminado pelas próprias doenças que tentava controlar – inclusive já havia contraído febre amarela duas vezes. Sua mãe e sua esposa insistiram para que eles se mudassem, e em 1895 eles se mudaram para Botucatu para trabalhar como médico em uma clínica.

Como médico local, Vital entra em contato com muitos casos de picada de cobra. Ele não pode deixar de notar o número de mortes. Enquanto os trabalhadores estão obviamente familiarizados com esse problema comum, não há estatísticas aqui ou em qualquer outra parte do país sobre a severidade do problema. Não há muitos médicos disponíveis, então, quando alguém é picado, a maioria dos trabalhadores mais pobres procura os curandeiros ou utiliza os remédios caseiros que conhecer. A que mais eles poderiam recorrer? Há vários tratamentos com ervas – chás ou tinturas para beber, preparações de raízes para ingerir e preparados para colocar no local da mordida. Quando o estado da pessoa fica muito grave, alguns deles procuram um médico, mas geralmente o envenenamento já está muito avançado nesse momento. Os médicos também não têm um tratamento eficiente. Eles tentam de várias formas fazer com que o corpo expulse o veneno – induzindo vômito, micção, defecação ou sudorese. Mas nenhum desses tratamentos neutraliza o veneno ou garante a sobrevivência do paciente. O melhor que os médicos podem fazer é tentar deixar o paciente mais confortável ou tornar os sintomas menos dolorosos.

PENSE 1: Como um médico na situação de Vital, o que você poderia fazer para ajudar essas pessoas a combater o envenenamento por picada de cobra?

Da botica para o laboratório

Vital vê que esses tratamentos são ineficientes na maioria dos casos. Esse fato o atormenta. Então ele decide investigar qual medicamento – se há algum – poderia funcionar. Se nenhum medicamento conhecido for eficiente, Vital irá procurar por algo novo.

O primeiro contato de Vital com a questão do envenenamento por picada de cobra foi durante o curso de medicina. Ainda estudante, ele assistiu um experimento feito por um farmacêutico que dizia ter descoberto um infalível medicamento para o tratamento do envenenamento por picada de cobra, feito à base de planta.

Para o experimento, um cachorro saudável é colocado em uma grande caixa de madeira com uma cascavel. Após ser mordido pela cobra, o cachorro é retirado da caixa e tratado com o suposto medicamento por meio de uma sonda que levava o medicamento direto para o estômago do animal. O cão morreu poucos minutos após o remédio ser administrado. Para realizar um controle, outro cachorro é colocado na caixa após esse primeiro, ele foi mordido várias vezes e não recebeu nenhum medicamento. Ironicamente, mesmo após muitos dias nada acontece a ele.

O remédio do farmacêutico não funciona. Mas os curandeiros locais, por sua vez, fazem uso de grande variedade de medicamentos produzidos à base de plantas – quase tantos quantos o número dos próprios curandeiros. Dessa forma, Vital se questionou se talvez as plantas contenham uma substância comum que explique essa suposta ação curativa. Ele começa a realizar experimentos com extratos de plantas em um pequeno laboratório improvisado. Ele reúne raízes, galhos e frutos para preparar extratos e tinturas.

No entanto, para realizar os testes, ele também precisa ter uma cobra. Assim, para começar, Vital precisa superar seu próprio medo de cobras! Ele consegue uma cascavel doada por um dos curandeiros. Porém ela é ferida no momento da captura e acaba morrendo. Vital consegue outra, mas essa também morre. Finalmente, consegue

uma cascavel (*Crotalus terrificus*) em bom estado e opta por mantê-la em uma caixa de madeira reforçada.

O teste em si era bem simples de ser planejado: injetar um pouco de veneno em um animal-teste junto com o medicamento pretendido. Mas como exatamente se coleta uma amostra pura de veneno? Vital também quer medir a quantidade para futuras referências.

PENSE 2: No lugar do Vital Brazil, como você coletaria o veneno, mantendo-o puro, e o quantificaria sem se ferir ou ferir a cobra?

Vital não tem um instrumento para segurar a cobra. Então ele precisa fazer o animal injetar seu veneno em um alvo artificial. Ele induz a serpente a morder um chumaço de algodão. Como ele já havia medido o peso do algodão previamente, agora ele pode fazer uma nova pesagem e determinar a quantidade de veneno presente. (Ele pode então extrair esse veneno em solução.) Agora ele está pronto para começar os testes com os extratos de planta de uma forma profissional. No entanto, cada um dos remédios testados se mostra ineficiente. Nenhum contém uma antitoxina potente. Parece que nada vai resolver o temível e mortal problema dos envenenamentos.

No ano seguinte, 1896, Vital lê sobre uma abordagem bem diferente para tratar os envenenamentos descrita por um pesquisador francês, Albert Calmette. A técnica é baseada na imunidade natural. Calmette imuniza cavalos com o veneno da cobra e então usa o soro do sangue do cavalo como um tratamento. Esse método utiliza o próprio sistema imune de organismo para criar uma antitoxina em vez de tentar achar uma em uma substância natural das plantas.

Antes disso, Émil von Behring, na Alemanha, e Kitasato Shibasaburo, no Japão, tinham descoberto e desenvolvido a terapia por soro. Esta era baseada no uso de fluidos do sangue de um organismo que tivesse adquirido imunidade natural contra uma doença. Nesse caso, eles conseguiam induzir a imunidade usando apenas a toxina liberada pelos microrganismos causadores da doença. Logo, eles não precisavam da bactéria em si. Dessa forma, eles desenvolveram um tratamento eficiente para doenças mortais como o tétano e a difteria. A terapia por soro

logo se tornou uma importante forma de tratamento para doenças humanas. Logo depois, na França, Césaire Phisalix e Gabriel Bertrand viram uma analogia entre as toxinas microbianas e o veneno de serpentes. Seria possível desenvolver soro para as picadas de serpentes também? Eles inocularam, em pequenas frações, veneno de serpentes em cobaias. As cobaias desenvolveram antitoxinas. Como previsto, o soro do sangue do animal era capaz de tratar de modo efetivo o envenenamento por picada de serpentes em outros animais.

Calmette também considerou a similaridade entre o veneno das cobras e as toxinas microbianas. Mas ele queria criar um único soro universal que funcionasse para todos os venenos de serpentes.

PENSE 3: Imagine como você faria para criar um soro universal para todos os venenos de cobra. Quais estudos e experimentos seriam necessários para testá-lo?

Calmette acredita que um soro desenvolvido a partir do veneno mais tóxico seria o mais poderoso e que, portanto, funcionaria para todos os venenos. Em seu artigo "*Contribution a L'Étude du Venin des Serpents*" (Contribuição ao estudo de venenos de serpentes), ele compara a toxicidade do veneno de quatro espécies de serpentes – *Naja tripudians* (agora denominada *Naja naja*, da Índia e Indochina), *Hoplocephalus curtis* e *Pseudechis porphyriacus* (serpente tigre e serpente negra da Austrália) e *Pelias berus* (víbora da Europa). Qual seria a dose letal mínima para cada uma dessas espécies? De acordo com ele, o veneno neurotóxico da *naja* era o mais tóxico entre as quatro espécies.

Portanto, ele produziu um soro a partir do veneno da *naja* e, depois de várias tentativas, concluiu que ele seria capaz de neutralizar o veneno das quatro espécies. Para produzir o soro, Calmette imunizou diferentes animais injetando neles pequenas doses de uma solução preparada com o veneno diversas vezes, em intervalos curtos. Inicialmente a solução tinha uma baixa concentração de veneno, mas essa concentração ia aumentando até atingir uma dose que superasse a dose letal mínima. Depois de algum tempo (que variava de animal para animal), o

sangue dos indivíduos era retirado para a extração do soro.

Em seu pequeno e modestamente equipado laboratório em Botucatu, Vital lê sobre os resultados de Calmette e se convence totalmente da importância da soro-terapia. "A leitura de um pequeno resumo desses trabalhos foi a luz, que me lançou sobre o [...] caminho" diria ele muitos anos depois. Com novo entusiasmo e sem perda de tempo, Vital começa a imunizar animais com o veneno de cascavel. Ele adquire o material necessário para desenvolver o soro. Depois de algum tempo, entretanto, ele percebe que precisa de mais equipamentos técnicos do que os que tem em Botucatu. Decide, portanto, se transferir de volta para São Paulo, e para isso se candidata para uma vaga no Instituto Bacteriológico, onde espera encontrar os recursos para confrontar o problema que continua a motivá-lo em sua busca.

Gerenciando as demandas de material para a pesquisa

De volta em São Paulo, em 1897, Vital passa a integrar a equipe do Instituto Bacteriológico, como ajudante. Apesar da missão do Instituto não ser relacionada à questão do envenenamento ofídico, seu diretor, Dr. Adolfo Lutz, de modo benevolente, permite que Vital desenvolva sua pesquisa paralelamente às suas atividades no instituto.

PENSE 4: Como você planejaria a pesquisa nesse momento? Faça uma lista dos materiais que você acha que sejam necessários para produzir o soro antiofídico e começar a sua pesquisa. Entre as coisas que mais preocupavam Vital estavam:

(4A) Como capturar e segurar a serpente para extrair seu veneno?

(4B) Como conseguir mais serpentes e veneno necessário se o Instituto não fornece recursos financeiros suficientes? Como transportar as serpentes obtidas?

(4C) Depois de capturá-las, como e onde mantê-las para a pesquisa em andamento?

Entre tais questões, a que mais preocupava Vital era a extração do veneno. Ele precisa fazer isso de uma forma que possibilite separar o veneno de outras possíveis substâncias, para quantificá-lo e pesá-lo. Para isso, ter acesso a um bom dispositivo para segurar a serpente é a primeira necessidade. Vital tem uma grande sorte porque não só o Diretor Lutz lhe concede tempo e recursos para sua pesquisa, como também oferece sugestões que lhe ajudam a resolver problemas práticos. Por exemplo, Lutz colabora com Vital no desenvolvimento de um dispositivo para segurar as serpentes. Esse dispositivo consiste de um cabo de madeira com uma tira de couro fixada em uma das laterais da ponta e que faz um laço entrando em um anel de metal do outro lado. A ponta livre da tira de couro é ligada a um barbante que o operador pode puxar, apertando o laço e capturando a cobra. Isso permite segurar a cabeça da cobra para extrair o veneno, tornando o processo mais seguro. O dispositivo passa a ser chamado de "Laço de Lutz".

Com essa ferramenta, eles começam a coleta regular e periódica de veneno da cascavel que Vital trouxe de Botucatu e de outras espécies venenosas que obteve no estado de São Paulo. Pouco a pouco, Vital vai se familiarizando com o manuseio das serpentes, e então, passa a ensinar seus ajudantes, essenciais na execução dessa perigosa tarefa.

Como o instituto não tem fundos para a aquisição de serpentes, Vital assume a tarefa de encontrá-las. Ele caça e coleta as serpentes em fazendas e no entorno de casas nas proximidades da Vila de Cotia, a oeste da cidade. Vital constrói caixas de madeira para transportar as serpentes. Essas caixas têm pequenas aberturas com dobradiças na parte superior onde é possível inserir a serpente após ela estar presa pelo laço. Gradualmente, ele ensina os fazendeiros e seus trabalhadores como usar o laço para capturar as serpentes e colocá-las nas caixas – ao invés de ser picado por elas ou matá-las. Nesse processo, ele aproveita para educar os trabalhadores em relação aos mitos sobre as serpentes – e quais são os verdadeiros riscos.

Conforme Vital coleta mais indivíduos e mais espécies de serpentes, ele precisa de um lugar para mantê-las

– não apenas em caixas empilhadas em um laboratório. Ele adquire um pequeno pedaço de terra ao lado de sua casa, onde constrói um conjunto de compartimentos de alvenaria, com tampas na parte superior: um serpentário, ou uma casa para serpentes.

Serpentes, venenos e antissoro

Assim que os arranjos relativos aos materiais são estabelecidos, Vital começa a estudar as serpentes e seus venenos. Como um passo preliminar, ele quer organizar as informações sobre os diferentes tipos de venenos. Inicia separando as venenosas das não venenosas, e depois as venenosas entre si. Então, ele pode examinar as propriedades e a potência dos venenos um a um.

Para isso, primeiro, Vital cataloga quase vinte espécies de serpentes venenosas do Brasil, classificando-as em duas famílias: *Elapidae* e *Crotalidae*, responsáveis pela maioria dos envenenamentos em humanos. Vital descreve suas características em detalhe, assim, outras pessoas podem identificá-las e aprender a reconhecer as perigosas. Entre elas, a espécie mais abundante no estado de São Paulo é a *Laechesis lanceolatus*, ou jararaca.

A seguir, Vital organiza informações sobre os vários venenos. Ele quantifica a quantidade média de veneno extraído de cada espécie disponível. Ele determina o tempo que o animal precisa para produzir esse volume de veneno novamente (de 15 a 20 dias). Esse tempo explica porque o segundo cachorro do experimento da faculdade de medicina sobreviveu sem nenhum dano: a serpente tinha utilizado todo o veneno no primeiro cachorro.

Dando continuidade, Vital observa e descreve a resposta fisiológica ao veneno em diferentes animais. Para isso, ele usa as quatro espécies de serpentes venenosas mais comuns do estado de São Paulo: cascavel, jararaca, urutu e jararacuçu. Ele determina a dose letal mínima de veneno para diferentes animais (pombos, cobaias, coelhos, cães etc.).

Então, antecipando o desenvolvimento do antissoro, ele observa os sintomas e tipos de ação de diferentes venenos em diferentes animais, resumindo seus achados na tabela a seguir.

Espécie	Ação do veneno: em caso de mordida ou injeção hipodérmica		Cor do veneno
	Local	Geral	
Cascavel	Ação local pouco intensa	Atua sobre o sistema nervoso – causa cegueira e paralisia	Incolor ou leitoso
Jararaca	Formação de edema, com esfacelamento (necrose) dos tecidos	Hemorragias internas – diferentes órgãos	Amarelo
Urutu	Formação de edema, com esfacelamento (necrose) dos tecidos	Hemorragias internas – diferentes órgãos	Amarelo
Jararacuçu	Formação de edema, com esfacelamento (necrose) dos tecidos	Atua sobre o sistema nervoso – causa cegueira e paralisia	Amarelo

Tabela 1

PENSE I (rápida e individualmente): Quais se melhanças e/ou diferenças você pode identificar? O que esses padrões podem significar?

Apoiado nos resultados, Vital separa os venenos em dois tipos gerais baseando-se na taxonomia das serpentes: crotálico (proveniente principalmente da cascavel) e botrópico (proveniente principalmente da jararaca, mas podendo incluir outras serpentes do mesmo gênero, como a urutu e a jararacuçu).

Além disso, Vital estuda a composição química dos venenos. “Na composição química dos venenos entram corpos diversos: água, sais, materiais corantes e substâncias albuminoides [proteínas]. São essas últimas que constituem a parte activa ou toxica do veneno. [...] Parece,

entretanto, que diversas albuminas tóxicas se agrupam de modo variável para constituir os diferentes venenos" (BRAZIL, 1901). Começando em 1897, Vital realiza experimentos de imunização animal. Ele imuniza com sucesso cachorros e cabras contra elevadas doses de veneno de jararaca e cascavel. Mas ele precisa testar o soro, e comparar sua efetividade com os remédios populares à base de plantas.

Em 1898, Vital entrega seu primeiro relatório ao Diretor Lutz. Ele descreve um experimento em que testa a eficácia do medicamento à base de planta denominado "salva vidas" (feito a partir do extrato da planta *Echites vellosa*). Visto que o veneno de jararaca era o mais disponível, ele utiliza este para testar o medicamento e, aproveitando a oportunidade, ele também testa a eficácia do soro. Ele utiliza o soro produzido a partir de uma cabra que fora imunizada por sete meses e já estava resistente a uma quantidade de veneno seis vezes maior que a dose mínima letal. Sete animais foram injetados com um volume de veneno maior do que a dose mínima letal. Todos os animais tratados com o medicamento à base de planta, em diversas quantidades (iguais ou superiores às recomendadas pelo seu autor), assim como os animais-controle, que não receberam o tratamento, morreram. O único animal que permaneceu vivo foi o que recebeu o soro da cabra.

Ainda em 1898, Vital conseguiu comprar uma preciosa amostra do soro de naja produzido por Calmette no Instituto Pasteur em Lille, na França. Esse foi o soro mais poderoso entre as quatro espécies que o Calmette havia estudado. Vital decide testar o soro contra o veneno da cascavel. Ele injeta uma quantidade conhecida de veneno e do soro de naja nos animais de teste.

PENSE 5A: Quais possíveis resultados você espera a partir desse teste? Quais resultados você acredita que sejam os mais prováveis e por quê?

O efeito certamente não é o que o Vital esperava.

O resultado é negativo. Ou seja, o animal que recebeu o soro de naja 12 horas antes da injeção de veneno morreu. Ele morreu ao mesmo tempo que o animal-controle que não havia recebido nenhum soro. O supostamente

poderoso soro de naja do Calmette não funcionou.

PENSE 5B: Desenvolva algumas possíveis explicações para esse resultado inesperado. Descreva um experimento que possa ser feito para testar cada uma das explicações ou trazer novas informações necessárias para dar continuidade à pesquisa sem a possibilidade de obter mais do soro do Calmette.

Nesse caso, Vital considera que talvez o soro estivesse "um pouco velho". De fato, ele havia sido produzido dois anos antes. Ainda assim, o próprio Calmette já havia demonstrado que o antiveneno mantinha a sua atividade mesmo depois de tal período.

Como Vital tinha um grande número de animais sendo constantemente imunizados contra o veneno de jararaca e cascavel, ele decide testar os dois tipos de soro

		Tipo de soro	
		Botrópico (jararaca)	Crotálico (cascavel)
Fonte do veneno	Jararaca	injetado antes +	injetado antes -
		injetado depois +	injetado depois -
	Cascavel	injetado antes -	injetado antes +
		injetado depois -	injetado depois +

contra cada tipo de veneno. Seus resultados foram os seguintes:

Tabela 2

+ = sobrevive || - = morre

PENSE 6: Interprete o resultado e dê possíveis explicações para o padrão que você encontrou. Baseado em sua interpretação,

explique porque o soro do Calmette não funcionou no animal que foi injetado com o veneno de cascavel.

Esses experimentos forneceram ao Vital evidências claras de que cada soro antiveneno é específico em seu efeito. Soro Bothópico só funciona contra o veneno Botrópico. Soro Cotrálico só funciona contra o veneno Cotrálico. Vital descreve isso mais para frente com as seguintes palavras: "E assim que verificamos que o serum dos animaes immunizados contra o veneno de jararaca, muito activo contra este veneno, era completamente destituído de acção preventiva ou curativa quando empregado contra o veneno de cascavel; bem como que o serum dos animaes immunizados contra o veneno de cascavel, possuindo um alto valor anti-toxico em relação ao veneno crotalico, era quase inactivo quando applicado contra o veneno de jararaca." (BRAZIL,1902).

Tais resultados também permitem ao Vital a seguinte explicação sobre porque o soro do Calmette não funcionou contra o veneno da cascavel. As najas, da Índia, pertencem a um grupo taxonômico muito diferente das jararacas e das cascavéis (elas são mais próximas, taxonomicamente falando, das cobras corais. Contudo, nesse período Vital ainda não estava trabalhando em imunizações e soros com esse grupo de serpentes). Najas são classificadas como proteróglifas, enquanto as brasileiras são solenóglifas. Certamente, Calmette havia usado espécies de regiões mais próximas à Índia para o preparo e teste do seu soro. Se os soros são específicos, então, o soro extraído dos animais imunizados contra o veneno da naja não seria ativo contra as serpentes brasileiras. Especificidade é mais importante que a toxicidade original do veneno, como Calmette acreditava. Vital tinha descoberto uma visão drasticamente nova sobre a natureza das picadas de serpentes e sobre como tratá-las.

Das serpentes para a peste bubônica

Antes que Vital pudesse publicar suas valiosas descobertas, uma epidemia estourou e ele teve que cumprir sua obrigação com o Instituto Bacteriológico. O estado de São Paulo estava passando por um crescimento

acelerado, graças ao sucesso do café, seu principal produto. Procurando por trabalhadores para as fazendas, o governo incentivou a vinda de mão de obra qualificada da Europa e do Japão. Contudo, os imigrantes também trazem com eles novas doenças. Em outubro de 1899 uma nova doença é detectada na cidade de Santos, local do maior porto do país, localizada a meros 77 quilômetros da cidade de São Paulo.

Como o propósito do Instituto Bacteriológico é estudar novas doenças, Adolfo Lutz envia Vital Brazil para Santos para identificar a doença. Depois de semanas de estudo em um laboratório improvisado, Vital notifica seus superiores que a doença é a peste bubônica.

Os laboratórios do Instituto Bacteriológico não eram grandes, nem afastados o suficiente para produzir grandes quantidades de soro antipestoso. Portanto, o governo estadual adquire uma fazenda leiteira de 300 hectares no Vale do rio Pinheiros chamada de Fazenda Butantan, a nove quilômetros da cidade, onde a produção poderia se desenvolver de forma segura, longe de qualquer centro populacional. A responsabilidade recai sobre o Vital Brasil, que agora tem uma vasta experiência com soros.

Um rancho aberto conectado ao estábulo onde as vacas eram ordenhadas é rapidamente fechado e adaptado como um laboratório. Gradualmente, vidrarias, microscópios, centrífugas, balanças, mesas, máquinas de escrever, livros de referência, armários e outros equipamentos são colocados em carroças de tração animal e trazidos para o laboratório por meio de estradas de terra. O Dr. Lutz solicita cavalos da cavalaria para fornecer um conjunto de grandes animais a serem imunizados para a produção de soros. Coelhos também são adquiridos para testes. Vital e sua equipe começam a produção de soro antipestoso no laboratório novo, porém rudimentar.

PENSE II (sozinho e rapidamente): Você acha que Vital se dedica totalmente às suas novas atividades? No lugar de Vital, você se entregaria totalmente a essa nova atividade? E a pesquisa sobre o veneno de cobra já feita como ficaria?

Uma vez que a produção de soro antipestoso está encaminhada, Vital se aproveita da nova infraestrutura para dedicar parte de seu tempo à produção de soro antiofídico também. Ele começa a trazer parte das serpentes já adquiridas para a fazenda. Então, injeta veneno de cascavel e jararaca em cavalos e mulas para a produção de ambos os soros. Em meados de 1901, aproximadamente um ano e meio depois de começar no novo laboratório, os primeiros soros antipestoso são entregues. Alguns meses depois, Vital também disponibiliza alguns frascos de soro antiofídicos.

No final de 1901, o laboratório é elevado a Instituto – Instituto Serumtherápico do Estado de São Paulo – tendo Vital Brasil como seu primeiro diretor. Vital é capaz de retomar o foco na pesquisa dos soros antiofídicos e na apresentação dos resultados de sua pesquisa anterior sobre a especificidade dos soros.

Em dezembro de 1901, dois pesquisadores austríacos trazem para o Instituto Serumtherápico outro frasco do precioso soro produzido por Calmette. Dessa vez, o soro havia sido produzido recentemente. Assim, Vital tem a oportunidade de testar o soro novamente e compará-lo diretamente com os soros crotálico e botrópico que ele havia produzido. Na presença dos pesquisadores convidados e Adolfo Lutz, Vital demonstra que a amostra fresca do soro do Calmette não oferece qualquer proteção contra o veneno neurotóxico da cascavel e exerce apenas uma fraquíssima ação neutralizante contra o veneno hemorrágico da jararaca. Ele também demonstra a repetição de seu experimento anterior sobre a especificidade do soro. Confirmando assim, seu trabalho anterior. Pouco tempo depois, ele apresenta seus resultados e demonstra esses experimentos em uma palestra na Escola de Farmácia de São Paulo. Paralelamente a publicação dos resultados de Vital Brasil, experimentos sobre o efeito do soro do Calmette em espécies locais foram conduzidos em outros países, como Índia, Estados Unidos e Austrália. Os resultados se corroboram e indicam a ineficácia do "soro universal", bem como indicam a necessidade de soros específicos, como já concluídos primeiramente por Vital. Novas questões surgem. Pesquisadores se perguntam se eles podem classificar as toxinas de acordo com os sintomas dos animais em resposta ao veneno. Eles

investigam o quão específica é a relação entre a toxina e o soro. Enquanto a pesquisa sobre especificidade continua, Vital direciona sua atenção de volta para os pacientes envenenados pelas picadas de cobra, como aqueles atendidos em Botucatu.

Das pesquisas às práticas de saúde

Ao tentar fazer com que os achados de sua pesquisa se tornassem concretamente útil para os pacientes, Vital enfrenta vários grandes desafios. Primeiro, ele precisa ter serpentes para imunizar seus animais e produzir soro suficiente para os que o necessitam e depois distribuí-lo. Especificamente, ele precisa ter o necessário de cada tipo de serpente. O problema de Vital não é exclusivo. Dr. George Lamb, na Índia, descreveu a dificuldade de lidar com seis diferentes tipos de veneno. O Brasil é um país grande. As cidades são distantes umas das outras, mesmo quando estão no mesmo estado.

PENSE 7: Como você pode obter quantidades suficientes dos dois principais tipos de serpentes venenosas do estado, assim como outras espécies mais raras, para realizar testes e produzir soro?

Vital encontra uma solução criativa para expandir sua rede de coleta de serpentes. Ele estabelece um sistema de troca com a população local. Quando uma pessoa envia uma serpente viva para o Instituto, no Butantan, ele envia de volta soro e seringas com instruções de como utilizá-lo e de como se proteger e evitar as picadas. Entretanto, só o custo com transporte já torna difícil a participação de muitas comunidades rurais. Então, Vital recruta as empresas ferroviárias como parceiros. Elas concordam em transportar as caixas com cobras e o soro sem cobrar como uma contribuição à saúde pública. Assim, Vital não só garante o fornecimento de cobras para extração de veneno, mas também garante a distribuição de soro.

Além disso, assim como antes, sempre que possível, Vital e seus assistentes visitam fazendas próximas para ensinar aos trabalhadores rurais a usar o laço de Lutz e manipular as caixas para o transporte de cobras.

De volta ao Instituto, ele amplia as instalações para alojar as serpentes. Com amplo espaço, ele é capaz de construir um grande serpentário ao ar livre – duas fileiras de compartimentos de alvenaria fechados no topo por uma grade móvel e com um espaço vazio entre elas para o manuseio das serpentes. Isso permite manter as serpentes de uma forma que implique menos perigo para os trabalhadores do laboratório e menor necessidade de cuidados diários e manipulação.

Outro grande problema para tratar os pacientes não está diretamente relacionado ao veneno ou soro em si. A saber, os trabalhadores que geralmente tomam picadas de serpentes são na sua maioria analfabetos. Muitos são imigrantes ou vieram das cidades e não estão familiarizados com o campo. Logo, eles não sabem reconhecer quais são as serpentes venenosas. Quando são mordidos, eles não são capazes de dizer ao médico qual espécie de serpente o mordeu. Em muitos casos, os próprios médicos não conhecem os sintomas característicos do envenenamento associados a cada espécie e, portanto, não podem agir rapidamente ou selecionar o soro apropriado.

Vital está ciente da necessidade de uma educação de longo prazo, e ele investe esforços para isso. Entretanto, ele também cria uma solução a curto prazo que não dependa do conhecimento que as outras pessoas têm sobre serpentes. Embora o soro de Calmette não tenha funcionado, a ideia de um soro universal é uma ótima solução. Será que há uma outra forma de fazer isso? Vital decide tentar produzir um soro que funcione contra todas as serpentes locais ao mesmo tempo.

PENSE 8: Considerando seus novos conhecimentos, no lugar do Vital, qual estratégia você utilizaria para produzir um soro que funcionasse contra os principais tipos de venenos das serpentes conhecidas no Brasil?

Vital Brazil considera duas possibilidades. Primeiro, ele imuniza um mesmo animal duas vezes, uma vez com cada tipo de veneno. Como uma segunda opção, ele mistura os soros feitos separadamente (anticrotálico e antibotrópico).

O segundo método revela-se mais fácil e, portanto, mais prático. Assim, a partir de dois soros, ele aprende a criar um terceiro soro polivalente. Outros testes confirmam suas características preventivas e curativas. Vital faz com que este novo soro polivalente esteja disponível e recomenda que seja aplicado sempre que a cobra que causou o acidente não seja conhecida, ou se há alguma dúvida em relação à sua identificação. Assim, enquanto a pesquisa de Vital mostrava as falhas na ideia de Calmette de um único soro universal (baseado na serpente mais potente), ele desenvolve uma alternativa equivalente a combinar soros, com o mesmo efeito final.

Um terceiro grande problema para o tratamento proposto por Vital Brasil para as vítimas de acidentes com picadas de cobra é o método de aplicação e a quantidade de soro a ser utilizada. Não há como antever o tamanho das doses necessárias, então, Vital prossegue passo a passo por meio de uma série de testes em animais, tentando quantidades diferentes para os três soros, anticrotálico, antibotrópico e polivalente. Em 1902, ele relata o primeiro tratamento com soro antibotrópico em seres humanos. No entanto, à medida em que os médicos de todo o país começam a usar o soro, Vital também pede que eles relatem a eficácia da medicação em casos individuais, para que ele possa revisar as quantidades recomendadas conforme necessário.

Vital Brasil continua seu trabalho. Ele supervisiona a produção de soros no Instituto do Butantan, e essa vai se tornando uma instituição reconhecida. Ele ensina os trabalhadores do campo, esclarecendo ideias tão simples, mas significativas, como a importância da utilização de sapatos enquanto trabalha em áreas onde há cobras. Ele desmistifica fatos sobre a natureza das serpentes e desmascara tratamentos populares ineficazes. Ele se corresponde com pesquisadores de todo o mundo sobre o novo princípio de especificidade em soros antiofídico. Em 1911, ele resume todos os seus conhecimentos em um livro: *A Defesa Contra o Ophidismo*. Em 1914, o livro é traduzido do português para o francês, tornando-se acessível a uma comunidade internacional de cientistas. Esse livro passaria ainda por mais três edições. No mesmo ano, o Instituto inaugura um edifício para abrigar laboratórios e um novo e grandioso serpentário.

Quando o Vital Brazil começou seu trabalho em Botucatu, em torno de 3 mil pessoas eram mordidas por cobras no Brasil todos os anos. Cerca de 25% delas morriam, sendo que a maioria não era registrada ou reconhecida no âmbito nacional. Duas décadas depois, ele transformou a questão em um importante problema de saúde pública e tornou os tratamentos amplamente disponíveis. Mais de 46 mil tubos de soro contra o envenenamento por picada de cobra foram produzidos e entregues anualmente. Finalmente, Vital ajudou a estabelecer uma grande instituição, renomeada como Instituto Butantan em 1918, para continuar trabalhando no futuro em soros contra veneno de serpentes e outros organismos peçonhentos.

PENSE (revisão): O que a história do Vital Brazil e as mordidas de cobras revelam sobre os seguintes aspectos da natureza da ciência?

- Contextos cultural da ciência;
- motivação pessoal para fazer ciência;
- colaboração entre cientistas;
- comunicação entre cientistas;
- controle experimental, observação;
- evidência e credibilidade de afirmações científicas (PENSE 1, 6);
- base material da experimentação (recursos, instrumentos, infraestrutura e financiamento) (PENSE 2, 4A-C, 7);
- papel das hipóteses (PENSE 3, 5A-B, 8);
- papel de conceitos e explicações alternativas (PENSE 3, I, 5B, 6, 8);
- papel de resultados inesperados ou negativos (PENSE 5A-B, 6, experimento com cachorro na faculdade do vital, experimentos do Vital com extratos de plantas).

Referências bibliográficas

- CALMETTE, A. Contribution a l'étude du venin des serpents: immunisation des animaux et traitement de l'envenimation. **Annales de Institut Pasteur**, 1894.
- BOCHER, R. **Acidentes por animais peçonhentos: aspectos históricos, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos**. Tese de doutorado – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Rio de Janeiro, 2003.
- BRAZIL, V. **A peste bubônica em Santos**. Relatório apresentado ao diretor do Instituto Bacteriológico. São Paulo, 1899.
- _____. Contribuição ao estudo do veneno ofídico; I. Espécies venenosas brasileiras. Mortalidade por mordeduras de cobras, **Revista Médica de São Paulo**. 1901, 4:255-260.
- _____. Contribuição ao estudo do veneno ofídico; II. O veneno de algumas espécies brasileiras, **Revista Médica de São Paulo**. 1901, 4:296-300.
- _____. Contribuição ao estudo do veneno ofídico; III. Tratamento das mordeduras de cobras, **Revista Médica de São Paulo**. 1901, 4:375-380.
- _____. Do envenenamento ofídico e seu tratamento. Conferência na Escola de Farmácia São Paulo em 1º de dezembro de 1901. **Diário Oficial**, 1902. p. 3-29
- BRAZIL, V. Contribuição ao estudo do veneno ofídico; III. Tratamento das mordeduras de cobra, **Revista Médica de S. Paulo**. 1902, 5:22-25.
- BRAZIL, V. **A defesa contra o ophidismo**. São Paulo: Pocaí & Weiss, 1911.
- BRAZIL, V. Recordando... **Mem. Inst. Butantan**, 1940, 14:IX-XIII.
- BRAZIL, V. **Memória histórica do Instituto Butantan**. São Paulo: Elvino Pocaí, 1941.
- HAWGOOD, B. J. Pioneers of anti-venomous serotherapy: Dr. Vital Brazil (1865-1950). **Toxicon**. 1992, 30(5/6):573-579.
- HOUSSAY, B. A., NEGRETE, J. Specificité de l'action des serums antivenimeux. **C. R. Soc. Biol.** 1923, 89:454-455.

- MOTT, M. L., ALVES, O. S. F., DIAS, C. E. S. B., FERNANDES, C. S., IBAÑEZ, N. A defesa contra o ofidismo de Vital Brazil e a sua contribuição à Saúde Pública brasileira. **Cadernos de História da Ciência**. 2011, 7(2):89-110.
- NETO, A. F. P. Formação de cientista: o caso de Vital Brazil (1865/1950). In: SCHMIDT, B. V., OLIVEIRA, R., ARAGÓN, V. A. (orgs.). **Entre escombros e alternativas: ensino superior na América Latina**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 2000. p.99-136.
- VAZ, E. **Fundamentos da história do Instituto Butantan: seu desenvolvimento**. São Paulo, 1949.
- SANT'ANNA, O. A., FARIA, M. Origens da imunologia: os antissoros e a caracterização da especificidade na resposta imune. *Revista Médica (São Paulo) – Seção Medicina e Cultura*. jan-mar 2005, 84(1):34-37.

NOTAS DE ENSINO

Sobre os exercícios – PENSE

O principal objetivo das perguntas PENSE é fazer com que os alunos desenvolvam o pensamento científico e reflitam explicitamente sobre a natureza da ciência (NdC). As perguntas são abertas e as notas aqui apresentadas são apenas guias dentro da grande diversidade de respostas possíveis. Em muitos casos, a história real servirá de referência (sendo compartilhada depois da discussão com os alunos), mas de modo algum ela deve ser considerada exclusivamente como a resposta correta. Nesse sentido, é importante evitar dar pistas ou ficar pinçando nas falas dos alunos as respostas mais próximas da real (solução dada pelo pesquisador do caso), isso poderia levar os alunos a acharem que uma resposta particular é esperada ou considerada mais correta. O estudo de caso deve ilustrar o processo cego do fazer científico. Para ajudar a promover habilidades de raciocinar e argumentar cientificamente, o professor deve incentivar (e recompensar) respostas que demonstrem ponderação lógica, um raciocínio bem articulado e o diálogo respeitoso entre alunos com diferentes ideias ou perspectivas.

Caso o presente estudo envolva aspectos de NdC já abordados em outros momentos na sala de aula, tal relação deve ser destacada e pode contribuir para uma discussão mais profunda. Esta forma de repetição e integração com o conhecimento prévio aprofunda significativamente a aprendizagem.

Como você poderá observar, há uma série de aspectos de NdC que aparecem ao longo da narrativa, fora das questões PENSE. Caso você ache importante trabalhá-las de modo mais aprofundado, sinta-se a vontade para criar novas questões. Do mesmo modo, caso haja uma dificuldade de aplicação do caso em função do tempo disponível para tal, é possível torná-lo um pouco mais curto, por exemplo, encerrando-o antes de iniciar o módulo **Das pesquisas às práticas de saúde** (pouco antes do PENSE 7).

A seguir, apresentaremos observações individualizadas para cada questão.

PERGUNTAS INTRODUTÓRIAS

Quem tem medo de cobra? ("levante a mão", ao mesmo tempo em que a professora faz o mesmo para demonstrar)

Levante a mão se você pode identificar quais são as serpentes venenosas e quais são inofensivas.

Levante a mão se você sabe como tratar uma pessoa picada por uma cobra. ("Bom!")

Levante a mão se você sabe como evitar ser mordido por uma cobra. ("Bom!")

Um papel primordial para estas simples perguntas introdutórias é envolver os ouvintes no estudo de caso e sua temática central. As simples perguntas de sim ou não, com respostas facilmente expressadas por um levantar de mãos, permite que todos possam participar e fazê-lo sem muita reflexão ou o risco de estar "errado".

PENSE 1: Como um médico na situação de Vital, o que você poderia fazer para ajudar essas pessoas a combater o envenenamento por picada de cobra?

Aqui, os alunos devem pensar sobre como começar uma pesquisa, como um médico/cientista começa uma pesquisa sobre um medicamento ou tratamento para uma doença. As respostas podem tomar rumos completamente diferentes, mostrando a ampla gama de possibilidades.

Indiretamente, a questão também introduz a importância do contexto cultural em que o pesquisador estava imerso e como isso poderia tê-lo motivado a iniciar sua pesquisa (discutir na revisão). Lembre-se que mais do que obter respostas certas ou erradas, a primeira pergunta tem a função de inserir os alunos no contexto em que a pesquisa foi realizada.

PENSE 2: No lugar do Vital Brazil, como você coletaria o veneno, mantendo-o puro, e o quantificaria sem se ferir ou ferir a cobra?

Essa questão destaca a importância de instrumentos ou técnicas específicas para se desenvolver um experimento. Ela deve levar o aluno a pensar em uma solução criativa para realizar tal tarefa. É interessante que todas as respostas sejam escutadas e reconhecidas pelo professor, de modo a valorizar a participação dos alunos.

Indiretamente, a questão também introduz a importância do controle das variáveis experimentais, no caso a quantidade e qualidade do veneno a ser injetado nos animais durante o experimento. Note, que mesmo não tendo todos os equipamentos e recursos necessários, Vital Brazil inicia suas pesquisas partindo desse pressuposto inicial [discutir na revisão].

PENSE 3: Imagine como você faria para criar um soro universal para todos os venenos de cobra. Quais estudos e experimentos seriam necessários para testá-lo?

Nessa questão, cabe aos alunos desenvolverem suas hipóteses sobre quais tipos de produtos seriam capazes de agir como um soro universal, bem como pensar como testariam tal hipótese. Após a apresentação das hipóteses dos alunos, o professor pode perguntar para eles se eles acham essas propostas passíveis de serem produzidas e testadas dentro do contexto apresentado, destacando a necessidade de testá-las para verificar sua funcionalidade.

PENSE 4: Como você planejará a pesquisa nesse momento? Faça uma lista dos materiais que você acha que sejam necessários para produzir o soro antiofídico e começar a sua pesquisa. Entre as coisas que mais preocupavam Vital estavam:

(4A) Como capturar e segurar a serpente para extrair seu veneno?

(4B) Como conseguir mais serpentes e veneno necessário se o Instituto não fornece recursos

financeiros suficientes? Como transportar as serpentes obtidas?

(4C) Depois de capturá-las, como e onde mantê-las para a pesquisa em andamento?

Essas questões retomam os desafios das bases materiais necessárias para os experimentos, ou seja, a necessidade de equipamentos e técnicas, específicas necessárias, bem como apoio financeiro e necessidade de espaço físico e cuidados para os animais. Os alunos devem ser estimulados a refletir sobre tais desafios e pensar em soluções criativas para realizar tais tarefas.

PENSE I (rápida e individualmente): Quais semelhanças e/ou diferenças você pode identificar? O que esses padrões podem significar?

Essa questão deve estimular os alunos a procurar padrões entre os dados levantados. É um exercício de interpretação, diferentes respostas podem ser consideradas.

PENSE 5A: Quais possíveis resultados você espera a partir desse teste? Quais resultados você acredita que sejam os mais prováveis e porquê?

Nessa questão, cabe aos alunos exercitar a habilidade de desenvolver suas hipóteses, suas previsões sobre o resultado do experimento apresentado.

PENSE 5B: Desenvolva algumas possíveis explicações para esse resultado inesperado. Descreva um experimento que possa ser feito para testar cada uma das explicações ou trazer novas informações necessárias para dar continuidade à pesquisa, sem a possibilidade de obter mais do soro do Calmette.

Esse é um momento em que os alunos devem discutir entre eles, e pensar em explicações que façam sentido diante dos dados encontrados (explicação alternativa). Possivelmente, os alunos não vão conseguir trazer explicações definitivas, mas uma parte importante da atividade é pensar em como dar continuidade à pesquisa, como fazer novos experimentos para

continuar investigando o assunto diante dos resultados negativos encontrados. Novamente, não há certo ou errado, mas eles devem apresentar propostas de continuidade da pesquisa.

PENSE 6: Interprete o resultado e dê possíveis explicações para o padrão que você encontrou. Baseado em sua interpretação, explique porque o soro do Calmette não funcionou no animal que foi injetado com o veneno de cascavel.

Mais uma vez, os alunos devem interpretar os dados apresentados e criar sua própria hipótese sobre o funcionamento do soro. Além disso, essa nova explicação deve ser suficiente para justificar porque o experimento anterior (com soro do Calmette) não deu certo. É possível destacar nessa parte a importância da evidência produzida por meio dos experimentos realizados com o rigor do método científico (quantidades conhecidas de veneno e soro aplicados; utilização de controle, soro injetado antes e depois do veneno e cada soro aplicado contra os dois tipos de veneno), são essas evidências que dão a devida credibilidade e segurança para as afirmações científicas (o mesmo rigor aparece em todos os experimentos realizados por Vital e descritos no caso, isso pode ser discutido com mais ênfase na parte de revisão dos aspectos de Natureza da Ciência observados no caso).

Juntas, as questões 5A-B e 6 mostram que um resultado negativo, ou seja, diferente do esperado, pode levar o pesquisador a reformular seus experimentos, e esses podem apresentar resultados completamente inesperados, mas que trazem uma nova luz à pesquisa desenvolvida.

PENSE II (sozinho e rapidamente): Você acha que Vital se dedica totalmente às suas novas atividades? No lugar de Vital, você se entregaria totalmente a essa nova atividade? E a pesquisa sobre o veneno de cobra já feita como ficaria?

Essa questão tem o objetivo de trazer um pouco da dimensão humana da ciência e da interferência do contexto no seu desenvolvimento. De um lado, Vital Brazil tem a obrigação de cumprir as ordens de seu chefe e

servir o país identificando a causa de tal epidemia, de outro, ele tem uma pesquisa em andamento que acabou de chegar a resultados inovadores que poderiam mudar todo o paradigma científico sobre os soros contra veneno de serpentes.

PENSE 7: Como você pode obter quantidades suficientes dos dois principais tipos de serpentes venenosas do estado, assim como outras espécies mais raras, para realizar testes e produzir soro?

Novamente, o desafio proposto pela questão envolve aspectos materiais necessários para a pesquisa e produção do soro. Quais são as limitações e os desafios impostos ao se trabalhar com animais nativos, especialmente quando se precisa de uma grande quantidade de animais e eles se encontram distribuídos em áreas rurais e distantes num país com as dimensões do Brasil. O professor pode destacar as diferentes dificuldades (distância e dificuldade de acesso aos locais onde os animais podem ser encontrados, limitação do tamanho da equipe que trabalha com o pesquisador etc.) e como diferentes respostas podem driblar essas dificuldades.

PENSE 8: Considerando seus novos conhecimentos, no lugar do Vital, qual estratégia você utilizaria para produzir um soro que funcionasse contra os principais tipos de venenos das serpentes conhecidas no Brasil?

Os alunos devem apresentar suas ideias para solucionar o problema de produzir um soro universal. Diferentes respostas podem ser consideradas, desde que levem em conta o que já foi aprendido durante o caso.

PENSE (revisão): O que a história do Vital Brazil e as mordidas de cobras revelam sobre os seguintes aspectos da natureza da ciência?

Essa etapa tem uma função de recordação e a revisão, ao mesmo tempo em que ajuda a consolidar e, portanto, concluir as discussões sobre os aspectos de natureza da ciência centrais no estudo de

caso. Ela é essencial para "fechar" a discussão, tornando os aspectos de NdC explícitos e articulados entre si.

Contextos cultural da ciência

A influência e/ou interferência do contexto cultural aparece em vários momentos do caso. Logo de cara, é possível perceber essa influência na decisão do Vital de começar a pesquisar medicamentos eficientes para combater o envenenamento ofídico. Se não fosse o seu papel como médico no interior do estado, colocando-o em contato com muitos acidentados, ele poderia nunca ter se envolvido com essa pesquisa.

Em um segundo momento, o contexto representado pela explosão dos casos de peste na cidade de Santos, ao mesmo tempo em que resulta em uma parada inesperada das pesquisas de Vital, acaba resultando no desenvolvimento de uma infraestrutura essencial para a futura ampliação das pesquisas com soro antiofídico desenvolvida por ele no Instituto criado no Butantã.

Motivação pessoal para fazer ciência

Nesse caso, esse aspecto caminha junto com o contexto cultural. O contexto apresentou a questão ao Vital, mas foi sua vontade de achar um remédio eficiente contra o envenenamento que o motivou a seguir as pesquisas, mesmo com todas as dificuldades como ter que lidar com as serpentes, a falta de dinheiro, as limitações de trabalhar em casa (o que o estimulou a voltar para São Paulo), entre outras.

Colaboração entre cientistas

Em um primeiro momento, Vital conta com a colaboração de seu chefe e seus assistentes para as tarefas mais práticas, como manusear as serpentes com segurança.

Em outro momento, Vital ganha de dois pesquisadores austríacos o soro recém produzido por Calmette, o que possibilitou a ele reforçar sua hipótese da especificidade do soro.

Comunicação entre cientistas

Nesse ponto, é essencial destacar o papel da pesquisa do Calmette no direcionamento que Vital dá

à sua pesquisa, se não fosse ele ter lido o trabalho do Calmette ele poderia nunca chegar, ou demoraria muito mais para chegar, na ideia de produzir o soro a partir do próprio veneno das serpentes. Da mesma forma, a técnica de utilização do soro não foi originalmente inventada por Calmette, ele mesmo se referenciou nos trabalhos de von Behring e Kitasato com soro produzido a partir da imunização de cobaias com a toxina das bactérias causadoras do tétano e difteria. Tanto que, ao mesmo tempo que Calmette decidiu utilizar o veneno das serpentes para produzir o soro antiofídico, Césaire Phisalix e Gabriel Bertrand tiveram a mesma ideia. Aqui fica claro como o conhecimento científico se dá por meio de uma rede, e não de forma linear.

Controle experimental, observação

A preocupação do Vital em fazer os experimentos utilizando uma quantidade conhecida de veneno (injetado o veneno extraído, ao invés de colocar a serpente para picar o animal como no experimento observado por ele durante a faculdade) perpassa em toda sua pesquisa de base, pois estabelecer um controle experimental possibilitaria a ele construir hipóteses a partir dos resultados obtidos.

Evidência e credibilidade de afirmações científicas (PENSE 1, 6)

Vital faz uma série de observações e experimentos que ajudam a explicar por que alguns tratamentos populares funcionavam certas vezes e outras não. Ao observar que a serpente demora de 15 a 20 dias para produzir novamente o veneno que foi extraído, ele pode explicar que em alguns casos quando a pessoa é picada ela não recebe a injeção de veneno, não necessitando de tratamento. Depois ele realizou demonstrações públicas de seus experimentos, buscando apresentar os resultados encontrados para outros cientistas, médicos e estudante, reforçando, assim, a confiabilidade de suas afirmações por meio de evidências científicas.

Base material da experimentação (recursos, instrumentos, infraestrutura e financiamento) (PENSE 2, 4A-C, 7)

Esse aspecto da natureza da ciência permeia quase toda a pesquisa de Vital. Como se tratava de um estudo novo no país, havia pouco incentivo público e ele teve que buscar alternativas para realizar os experimentos, assim como conseguir os próprios materiais básicos para isso, por exemplo, a necessidade de ter serpentes para estudar a ação do veneno. Essa característica do caso pode ser articulada com outro aspecto da natureza da ciência: a "motivação pessoal para fazer ciência", visto que ele na maior parte do tempo persistiu com o seu projeto.

No entanto, a partir do momento que ele faz uso das instalações do Instituto Butantan, ele consegue aprimorar sua pesquisa visto que tinha uma infraestrutura considerável.

Papel das hipóteses (PENSE 3, 5A-B, 8)

Vital se deparou com esse momento diversas vezes, sobretudo, quando conseguiu tanto as serpentes e seus venenos para os experimentos. A necessidade de repetição dos ensaios aliados as incertezas dos resultados, exigiu de Vital elaborar hipóteses repetidamente. Os "Penses" em questão (3, 5A-B, 8) revelam como esse aspecto da natureza científica é fundamental durante os experimentos, além disso se articula com as etapas necessárias para se fazer uma experiência, como a necessidade de ter um controle experimental, o que pode ser relacionado ao aplicar o caso.

Papel de conceitos e explicações alternativas (PENSE 3, 1, 5B, 6, 8)

Assim como lidar com resultados inesperados ou negativos estimula continuar buscando respostas para as perguntas feitas, as explicações alternativas fazem parte de muitas pesquisas. Vital vivencia isso ao se deparar com o artigo de Calmette. Ao ter que mudar sua linha de pesquisa, ele no início busca novas explicações para reconstruir seu raciocínio sobre o tratamento de envenenamento por picadas de serpentes. Assim como em relação ao primeiro teste que ele fez com o soro de Calmette junto aos venenos das serpentes brasileiras.

Papel de resultados inesperados ou negativos (PENSE 5A–B, 6, experimento com cachorro na faculdade do vital, experimentos de Vital com extratos de plantas)

Observar como cada resultado negativo derrubava as hipóteses originais e estimulava Vital Brazil a fazer novos experimentos, conduzindo sua pesquisa na direção da descoberta da especificidade do soro.

IMAGENS

Para aplicar o caso em sala de aula, ou outras situações de ensino, é importante utilizar imagens que auxiliem na contextualização da narrativa, por meio de fotos de pessoas, objetos e ambientes envolvidos ou que situem o ouvinte no período e contexto social em que a história contada ocorreu. Além disso, no caso de experimentos com diferentes variáveis, é possível realizar esquemas que organizem as informações dadas, facilitando a compreensão dos participantes.

A seguir, apresentamos algumas imagens, principalmente as do acervo do Instituto Butantan, e alguns esquemas criados por nós. Também indicamos sites para a busca de outras imagens.

Possíveis locais de busca de imagens para o caso:

- Fazendas de café: Acervo do Museu da Imigração do Estado de São Paulo; Acervo do Arquivo Público de São Paulo.
- Construção de estrada de ferro e imagens de São Paulo por volta de 1900: Acervo Biblioteca Mário de Andrade.
- Imigrantes chegando ao Porto de Santos: Acervo do Museu da Imigração do Estado de São Paulo.
- Imagens gerais, de animais e de objetos: Pixabay.
- Pesquisadores: Wikipédia; Musée d'histoire naturelle de Mouthier-Haute-Pierre.



Figura 1.
Vital Brazil (1892). Fonte: Acervo da
Casa de Vital Brazil.



Figura 2.
Albert Calmette. Fonte: Acervo
Instituto Butantan.



Figura 3.
1897- Vital Brazil trabalhando no Instituto bacteriológico. Da esquerda para a direita: Bonilha de Toledo, Vital Brazil e Arthur Mendonça. Fonte: Acervo Instituto Butantan.



Figura 4.
Utilização do Laço de Lutz – Fonte:
Acervo Instituto Butantan.



Figura 5.
Utilização do Laço de Lutz – Fonte:
Acervo Instituto Butantan.



Figura 6.
Utilização do Laço de Lutz e caixa
de madeira – Fonte: Acervo Instituto
Butantan.



Figura 7.
Utilização do Laço de Lutz e caixa
de madeira – Fonte: Acervo Instituto
Butantan.



Figura 8.
Extração de veneno. Fonte:
Acervo Instituto Butantan



Figura 9.
Fazenda Butantan. Fonte:
Acervo Instituto Butantan.



Figura 10.
Fazenda Butantan. Fonte:
Acervo Instituto Butantan.



Figura 11.
Primeiro laboratório de Vital Brazil
na Fazenda Butantan. Fonte: Acervo
Instituto Butantan



Figura 12.
Primeiro laboratório de Vital Brazil
na Fazenda Butantan. Fonte: Acervo
Instituto Butantan.



Figura 13.
Vital Brazil. Fonte: Acervo Instituto
Butantan.



Figura 14.
ampolas de soro. Fonte: Acervo
Instituto Butantan

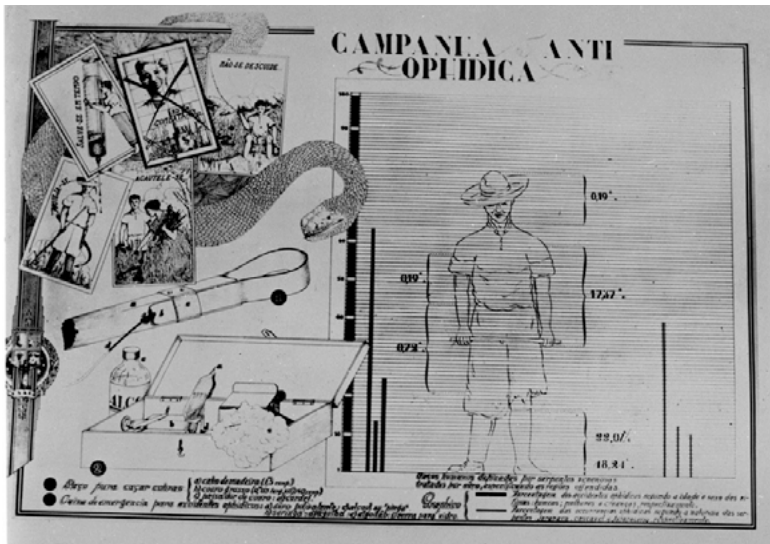


Figura 15.
Informativo sobre campanha com
dicas de prevenção de acidentes
e orientações para a coleta das
serpentes. Fonte: Acervo Instituto
Butantan.



Figura 16.
treinamento de agricultores para uso
da caixa e laço. Fonte: Acervo Instituto
Butantan



Figura 17.
Primeiro Serpentário do Instituto
Serumtherapico. Fonte: Acervo
Instituto Butantan.



Figura 18.
Instituto Butantan: prédio principal e
serpentário. Fonte: Acervo Instituto
Butantan.



Figura 19.
Instituto Butantan: serpentário.
Fonte: Acervo Instituto Butantan.



Figura 20.
Vital Brazil. Fonte: Acervo Instituto
Butantan.








Medicamento	Veneno	Resultado
 "soro Calmette" 	 Cascavel	
 "soro Calmette" 		
 nada		
 nada		

Figura 21.
Esquema de experimento com soro do Calmette. Fonte: desenvolvido pelos autores com imagens do Acervo Instituto Butantan e Pixabay.












Medicamento	Veneno	Resultado
 "soro Calmette" 	 Cascavel	
 "soro Calmette" 		
 nada		
 nada		

Figura 22.
Esquema do resultado do experimento com soro do Calmette. Fonte: desenvolvido pelos autores com imagens do Acervo Instituto Butantan e Pixabay.



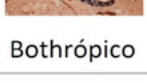



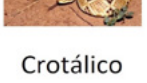

Veneno	Soro	Quando	Resultado
 Bothrópico		antes	
		depois	
 Bothrópico		antes	
		depois	
 Crotálico		antes	
		depois	
 Crotálico		antes	
		depois	

Figura 23.
Esquema de experimento com soro produzido a partir do veneno da jararaca e da cascavel. Fonte: desenvolvido pelos autores com imagens do Acervo Instituto Butantan.


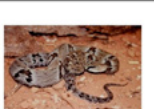



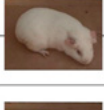
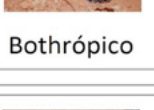
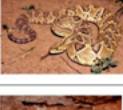


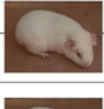






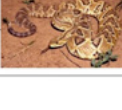


	Veneno	Soro	Quando	Resultado
			antes	
			depois	
	Bothrópico 		antes	
			depois	
			antes	
			depois	
	Crotálico 		antes	
			depois	

Figura 24.
Esquema do resultado do experimento com soro produzido a partir do veneno de jararaca e de cascavel.
Fonte: desenvolvido pelos autores com imagens do Acervo Instituto Butantan.

Possíveis locais de busca de imagens para o caso:

- Fazendas de café: Acervo do Museu da Imigração do Estado de São Paulo; Acervo do Arquivo Público de São Paulo.
- Construção de estrada de ferro e imagens de São Paulo por volta de 1900: Acervo Biblioteca Mário de Andrade.
- Imigrantes chegando ao Porto de Santos: Acervo do Museu da Imigração do Estado de São Paulo.
- Imagens gerais, de animais e de objetos: Pixabay.
- Pesquisadores: Wikipédia; Musée d'histoire naturelle de Mouthier-Haute-Pierre.

Dreyfus, Dobzhansky e a Genética no Brasil

Fausto de Oliveira Gomes
Gabriel de Moura Silva

A pesquisa no Brasil no início do século XX

Nos primeiros trinta anos do século XX, o estado de São Paulo liderava a industrialização e economia do país. As elites empresariais paulistas contavam com um crescente de mão de obra especializada, infraestrutura básica, industrialização e eletricidade, processos que traziam ao estado um contínuo de modernidade. Entretanto, havia obstáculos que atravancavam a expansão e consolidação da economia.

O pensamento das elites estava direcionado ao enriquecimento rápido a partir da fixação de um modelo de ciência aplicada, que pudesse resolver os problemas do setor agropecuário e industrial, melhorando, com isso, a economia. Fundava-se uma impávida Revolução Técnico-Científica, que buscava o aumento da produtividade, o desenvolvimento urbano e o acúmulo dos lucros. Os cientistas brasileiros, representados pela recém-criada Academia Brasileira de Ciências (1916) explicitavam visões de ciência bastante distintas das elites, buscavam consolidar centros de pesquisa básica e divulgação científica.

A Comunhão Paulista – “um agrupamento de jornalistas, intelectuais e políticos em torno de Júlio Mesquita Filho, então diretor do jornal O Estado de São Paulo” (MOTOYAMA, 2006, p. 23), almejava o desenvolvimento de um sistema universitário integrado, capaz de aperfeiçoar as instituições já existentes, em benefício do país. Em 1933, Armando de Salles de Oliveira, um dos personagens da Comunhão, é nomeado interventor de São Paulo e juntamente com outros personagens criam e promulgam em 1934 o decreto 6.283 fundando a Universidade de São Paulo (USP).

Juntavam-se a USP, a Faculdade de Direito do Largo São Francisco, a Faculdade de Medicina de São Paulo e outras, como a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/Piracicaba) e a recém-criada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL). Essa última, distribuía em três seções, 36 cadeiras em diversas áreas do conhecimento, com o intuito de formar um núcleo de pesquisadores brasileiros. Nos seus primórdios, a FFCL funcionou nas dependências da Faculdade de Medicina da USP, dividindo as cadeiras de Ciências Naturais em: 1. Mineralogia e Geologia; 2. Botânica Geral; 3. Filosofia Vegetal; 4. Zoologia Geral; 5. Filosofia Geral e Animal; 6. Biologia Geral.

Um pouco antes da criação da USP, o jovem médico gaúcho André Dreyfus (Figura 1) ocupava o cargo de professor da Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro. Dreyfus foi um dos primeiros médicos brasileiros a lecionar a genética mendeliana em suas aulas no curso preparatório da Faculdade de Medicina de São Paulo, onde se tornou professor a partir de 1932. Lá ficou até ser convidado para chefiar o Departamento de Biologia Geral da recém-criada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (FFCL), em 1934. Nesse mesmo ano Dreyfus publicou o livro *Vida e universo e outros ensaios*.

Pense 1: Se você fosse o convidado a ocupar a chefia de um Departamento de Biologia Geral na recém-criada Universidade de São Paulo, como você organizaria suas atividades? Que problemas acha que enfrentaria? Por quê?

O começo de um novo projeto, nesse caso a criação de uma Instituição destinada ao ensino e a pesquisa, requer criatividade, sacrifícios e determinação. Dreyfus sabia que angariar um corpo técnico e investimentos é fundamental para essa empreitada. Mas como fazer isso? A criação do curso de História Natural da FFCL (1936), reunindo as disciplinas de Biologia, Geologia e Mineralogia é um dos pontos de partida. O primeiro grupo de trabalho em Biologia Geral é formado com os alunos do curso de História Natural, entre eles, Rosina de Barros, uma das quatro formadas na turma de 1937, que se tornou a

primeira assistente de Dreyfus. Outros nomes importantes na genética brasileira vieram em seguida, Crodowaldo Pavan (1941) e Antonio Brito da Cunha (1944). Naquele tempo, a FFLC era tão pobre que para realizar experimentos os funcionários e alunos precisavam trazer vidrarias de suas casas. Não havia órgãos financiadores de pesquisa como CNPq e FAPESP. Os Anais de Academia Brasileira de Ciências publicavam as poucas pesquisas produzidas no país. Faltavam investimentos, políticas de desenvolvimento e divulgação de pesquisa, que ainda demoraria alguns anos para ocorrer. A ciência caminhava a passos lentos.

Mesmo assim, nasciam timidamente os primeiros trabalhos científicos do departamento com temas relacionados à evolução, mendelismo, eugenia, teorias cromossômicas, herança sexual, mutações, entre outros. O pensamento científico de Dreyfus e seu grupo de pesquisa é totalmente influenciado por estudos de cientistas que, no início do século XX, buscavam associar a genética clássica e as teorias evolucionistas de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace. Destacam-se nesse grupo de cientistas os matemáticos Ronald A. Fischer, John B. S. Haldane e Sewal Wright, os biólogos Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr e G. Ledyard Stebbins e o paleontólogo George Gaylord Simpson.

Theodosius Grygorovych Dobzhansky (1900 – 1975)

No início do século XX, precisamente em 24 de janeiro de 1900, nascia na cidade de Nemerov, localizada na região central da atual Ucrânia, o geneticista Theodosius Grygorovych Dobzhansky (Figura 2), um cientista cujo trabalho teve fundamental importância para amarrar as bases genéticas e a evolução. O ano de seu nascimento é também o ano de renascimento das hipóteses formuladas por Gregor Mendel (1822-1884) que explicaram alguns dos mecanismos da hereditariedade.

Desde a infância, Dobzhansky se interessou pelo estudo dos seres vivos, sendo ele um exímio caçador de borboletas. Em 1917, no despertar da Revolução Russa e da Primeira Guerra Mundial, iniciou sua graduação em Biologia na Universidade de Kiev e de lá seguiu para a recém nomeada Leningrado (hoje San

Petesburgo), a trabalhar no Laboratório do entomologista Yuri Filipchenko. Com 30 anos de idade Dobzhansky já havia publicado mais de 30 artigos que versavam principalmente sobre genética e entomologia. Alguns deles já direcionavam um olhar para as moscas do gênero *Drosophila*, que o acompanhou boa parte de sua carreira.

Dobzhansky publicou seu primeiro artigo com 18 anos e não mais parou até sua morte em 1975. Todavia, não desenvolveu sua carreira apenas na Europa. Em 1927 conseguiu uma bolsa da Fundação Rockefeller para trabalhar com Thomas Morgan no *California Institute of Technology* (Estados Unidos), onde estudou sobre a fisiologia e esterilidade híbrida de populações naturais de *Drosophila*. Tornou-se professor auxiliar no CALTECH em 1929. Em 1937, publicou sua principal obra, *Genetics and the origin of species*, livro que foi rapidamente traduzido para várias línguas, e que luzia a Teoria Sintética da Evolução, apresentando mecanismos genéticos como base para explicar a evolução dos seres vivos.

No início dos anos 1940, a Fundação Rockefeller, uma das principais instituições privadas de fomento a pesquisa americana, que financiava a ciência em diversas partes do mundo se vê obrigada a mudar a direção de seus recursos. Um dos seus representantes, Harry M. Miller Junior, esteve no Brasil em visita o Laboratório científico de André Dreyfus. Ele contou quais eram as pretensões da Fundação (financiamento e intercâmbio de pesquisadores) e ofereceu a Dreyfus a possibilidade de atuar em um laboratório de pesquisa nos Estados Unidos durante um ano, tudo financiado pela Fundação Rockefeller.

Pense 2: Muitas e muitos jovens cientistas brasileiros considerariam essa proposta irrecusável, sendo esse período, capaz de proporcionar diferentes aprendizados, autoconhecimento e reconhecimento de seus pares. Imagine-se nessa conversa com Harry Miller: o que você responderia a ele? Por quê?

Dreyfus não aceita a proposta. Diz a Miller que não pode abandonar sua cadeira no Departamento de Biologia Geral, com seus estagiários pouco experientes: Pavan e Rosina de Barros. Nesse momento, sábio e soberano de seu trabalho, ele é ponderado e considera não

apenas o seu desenvolvimento pessoal, mas o desenvolvimento científico no Departamento. Não satisfeito com a recusa de Dreyfus, Harry Miller oferece a possibilidade de um trazer um pesquisador estrangeiro para o Brasil. Disse que poderia ser, em princípio, o geneticista Theodosius Dobzhansky, a quem Dreyfus dedicava grande admiração. Ele se entusiasma e recomenda fortemente essa possibilidade.

Primeira visita de Dobzhansky ao Brasil: conferências

Nos primeiros quarenta anos do século XX, as pesquisas genéticas procuravam avaliar e compreender a diversidade cromossômica em populações naturais. Dobzhansky foi professor e pesquisador no *California Institute of Technology*, desenvolvendo pesquisas por lá desde 1928, ano em que recebeu sua primeira bolsa de estudos da Fundação Rockefeller, até 1940, quando foi contratado como professor de zoologia na Columbia University, em Nova York. Usando como modelo as moscas *Drosophila*, Dobzhansky realizou estudos sobre fisiologia e desenvolvimento, mapas cromossômicos, causas genéticas da esterilidade híbrida, determinação de sexo, mecanismos de isolamento geográfico, dedicando-se no último quinquênio ao estudo de populações naturais do oeste americano e da América Central. Queria compreender os mecanismos de diversificação dentro das populações naturais de moscas e, como consequência discutir o tema da evolução na perspectiva genética, algo que mais tarde viria ser conhecido como Teoria Sintética da Evolução. Em 1941 se tornou presidente da Genetics Society of America. Enfim, Dobzhansky era um pesquisador notável na área de genética e sua presença no Brasil era mais do que bem-vinda.

Pense 3: No alto de seu gabarito como pesquisador nos Estados Unidos, o que poderia contar a favor/ contra a decisão de Theodosius Dobzhansky em relação ao convite de visitar o Brasil?

Em 1943, Dobzhansky desembarca no Brasil para ministrar uma série de conferências sobre evolução no curso de História Natural da FFLC. Ele é um pesquisador

experiente e traz consigo uma bagagem de conhecimentos importantes aos pesquisadores brasileiros. Além disso, havia passado anos estudando as populações naturais de zonas temperadas e, com o intuito de compreender o papel do arranjo cromossômico na diversificação das espécies, era fundamental adicionar ao seu contexto pesquisas relacionadas a populações naturais de regiões tropicais, reconhecidamente mais biodiversas.

Em contrapartida às conferências, Dobzhansky pede para visitar a floresta amazônica e coletar espécies nativas brasileiras. No total são realizadas 18 conferências no auditório do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras. As aulas foram ministradas em português, com ajuda de Dreyfus e publicadas em seguida (Figura 4). Outros importantes personagens da Genética no Brasil foram convidados para os encontros, especialmente os professores Friedrich Gustav Brieger, precursor do estudo de genética na Esalq, e Carlos Arnaldo Krug, especialista em milho e café do Instituto Agrônomo de Campinas.

Os temas das palestras consistem basicamente na exposição das ideias contidas no livro *Genetics and the origin of species*, cuja segunda edição havia sido publicada em 1941: princípios da hereditariedade, da variabilidade, indução de mutações, mutantes homeóticos, controle de pragas e resistência a inseticidas, genes dominantes e recessivos, heterose, cruzamentos consanguíneos e plasticidade genotípica. Após essas aulas, os participantes tiveram um apanhado geral do desenvolvimento da genética de até então e puderam vislumbrar perguntas e objetos de pesquisa relevantes, principalmente aqueles que trabalhavam diretamente com Dreyfus e conviveram diariamente com Dobzhansky durante os quatro meses de sua primeira visita.

O primeiro período de imersão de Dobzhansky no Brasil é fundamental para o desenvolvimento de pesquisas em genética de populações no Brasil. As reflexões sobre os temas desenvolvidos nas conferências continham importantes questões de pesquisa relevantes naquele cenário, elencando fatores e técnicas que poderiam alavancar a pesquisa científica com genética no país.

Havia inúmeras possibilidades a serem seguidas diante de tamanho desconhecimento acerca da

biodiversidade brasileira. O próprio discurso realizado por Dobzhansky nas conferências contém pistas de questões de pesquisa latentes em genética (Figura 4).

Pense 4: Leia trechos das conferências de T. Dobzhansky (Figura 4) e elabore pelo menos uma pergunta de pesquisa sobre os temas discursados.

Outro fator relevante nesse cenário é a divulgação das pesquisas científicas com publicação de artigos em periódicos nacionais e internacionais (Figura 5), colocando pesquisadores brasileiros na crista da onda. Os três primeiros estudos realizados com colaboradores no Brasil, publicados no Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras (DOBZHANSKY; PAVAN, 1943) e no periódico *Procedures of National Academy of Sciences* (DOBZHANSKY; DREYFUS, 1943; DOBZHANSKY; Pavan, 1943).

O primeiro (à esquerda) contém descrições de 31 espécies de *Drosophila* encontradas em São Paulo e outros lugares do Brasil. A publicação é essencial, pois reconhece e dá nome à diversidade de moscas-de-fruta brasileiras, que servirão de modelo em estudos posteriores. Os outros dois (à direita) dão início a uma série de publicações internacionais em parceria com Dobzhansky nos anos vindouros de temas relacionados a alterações cromossômicas (inversões e translocações), isolamento sexual, mutações letais e grupos-irmãos de espécies brasileiras.

Ao final de quatro meses, Dobzhansky foi embora do Brasil, levando consigo amostras de moscas brasileiras para Nova York, continuando os estudos sobre essas variantes na Columbia University. Os que ficaram no Brasil, principalmente Pavan e Brito da Cunha, tocaram o projeto sobre genética de populações de *Drosophila*, que visava a responder a perguntas sobre variações genotípicas em regiões tropicais e temperadas. Com auxílio da Fundação Rockefeller, Pavan visitou os Estados Unidos por um ano e meio (1945-1946) e trabalhou com citogenética de *Drosophila nebulosa*.

Segunda Visita de Dobzhansky ao Brasil: Megaprojeto I

A vida continua. E os trabalhos também. A Fundação Rockefeller aumenta sua colaboração no Departamento de Biologia Geral, trazendo investimentos e novos pesquisadores para implementar o plano de trabalho proposto por Dobzhansky e Dreyfus. Em 1948, Dobzhansky volta ao Brasil para um novo período de imersão, desta vez, para ficar um ano. Ele está empolgado com os resultados obtidos desde a última viagem e ansioso para desenvolver mais pesquisas com as *Drosophila* tropicais. Ao chegar aqui, divide os pesquisadores em duas frentes de trabalho: uma delas para pesquisar a variabilidade genética existente entre *D. willistoni* e *D. prosaltans*, enquanto o outro grupo trabalha com a variação cromossômica entre espécies-irmãs de *Drosophila* tropicais.

Denominado Willistoni, o grupo existente na América tropical contém ao menos quatro espécies-irmãs de *Drosophila* que ocorrem, em boa parte de sua distribuição, simpatricamente. Essas quatro espécies são muito semelhantes em suas características morfológicas externas, o que dificulta significativamente sua distinção. Pequenas diferenças estão presentes em vários traços, mas a variabilidade é grande o suficiente para tornar a identificação de espécies em indivíduos isolados questionável. Observe na Figura 6 essas duas dessas espécies de *Drosophila*.

Pense 5: Quais os principais problemas associados à identificação dessas espécies no dia a dia do grupo de trabalho? De que maneira é possível garantir que se trata realmente de espécies distintas?

Trabalhos com seres vivos muito pequenos como moscas-de-frutas exigem muita concentração e dedicação. É preciso ter atenção na coleta de dados e na delimitação dos objetivos da pesquisa, além de definir claramente os motivos que levaram à diferenciação entre os espécimes estudados, antes de levantar qualquer hipótese evolutiva acerca desse grupo. Caso contrário, não haverá confiabilidade no seu trabalho.

Assim, um importante passo pode ser realizar muitas coletas, em diferentes regiões do país, que demonstrem a ocorrência simultânea das espécies, além de trazer um número amostral razoável, que elimine dúvidas em relação as diferenças entre os organismos. Ainda, é preciso desenvolver experimentos no laboratório, onde os organismos e fatores ambientais são supostamente controlados, permitindo distinguir as espécies por meio de observação ao microscópio óptico ou então através de experimentos de intercruzamento entre as espécies.

Nesse caso, é possível avaliar a separação entre elas a partir da observação do comportamento, isolamento sexual, detecção de híbridos estéreis, ou letalidade. Foi exatamente o que Dobzhansky e colaboradores fizeram. O mapa (Figura 7), extraído de um artigo publicado em 1949 demonstra como se distribuíam as coletas do grupo *Willistoni* na América Latina (DOBZHANSKY et al., 1949). Repare que alguns locais compartilham as quatro espécies, enquanto outros apenas uma delas. As regiões vazias não foram amostradas, o que põe em dúvida a ocorrência dessas espécies em tais locais.

As quatro espécies também podem ser reconhecidas pelos padrões dispostos nas porções distais do cromossomo III e do cromossomo X, obtidos de glândulas salivares das larvas das moscas (Figura 8). Os cromossomos politênicos, como são conhecidos, são característicos de insetos dípteros e facilmente observados em microscopia. Por conta disso, são amplamente utilizados na detecção de padrões de bandas transversais, que podem auxiliar na diferenciação entre espécies muito similares morfológicamente.

Outros importantes dados advindos da observação desse grupo são as numerosas inversões cromossômicas encontrados em alguns dos cromossomos observados de populações naturais, especialmente em *D. willistoni* e *D. paulistorum*. As inversões podem ser definidas como um tipo de alteração nos cromossomos na qual a ordem dos cromossomos é revertida. No exemplo a seguir (Figura 9), extraído do artigo, é possível verificar representações gráficas de como essas inversões são observadas pelos pesquisadores responsáveis. Compare com as imagens dos cromossomos anterior e veja como os autores identificaram essas inversões.

Pense 6: O que poderiam significar essas numerosas inversões cromossômicas para uma determinada espécie de *Drosophila*? Que experimentos poderiam ser delineados para compreender quais os principais efeitos relacionados a essas características?

De fato, a presença de numerosas inversões nessas espécies, principalmente quando comparadas a outras com menor quantidade, chamou a atenção dos pesquisadores. Muitos estudos foram delineados em seguida para tentar compreender os efeitos dessas características – alguns deles tentando correlacionar esses achados ao tipo de ambiente em que foram encontrados, mudança de temperatura, forma de alimentação, exposição a agentes externos, como raios X e raios ultravioletas, entre outros. Entre 1949 e 1951, trabalhando no laboratório da Columbia University, Brito da Cunha desenvolve experimentos em que variava a alimentação de espécies de *Drosophila*. As suas observações lhe permitem concluir que há uma correlação entre a frequência de inversões e o alimento administrado.

Podemos dizer que esses experimentos foram fundamentais para a consolidação de uma linha de pesquisa denominada ecologia-evolutiva. Buscavam, de certa maneira, desvendar os processos evolutivos de populações naturais de *Drosophila* a partir de sua relação com os aspectos ecológicos do ambiente em que vivem. Nesse caso, a variabilidade genotípica pôde ser correlacionada a capacidade de explorar diferentes ambientes, especialmente quando se tratavam de espécies-irmãs, simpátricas e competidoras.

Em 1951, um novo pesquisador chega ao Brasil e traz consigo novas técnicas de citogenética para análise dos cromossomos politênicos de *Drosophila*, era Hampton Carson. Ao lado de Pavan e Brito da Cunha, Carson participou de grandes viagens de coletas. Havia ainda na rotina do departamento pequenas viagens para centros estabelecidos de coletas que forneciam amostras das populações naturais de *Drosophila* semanalmente.

Os resultados das análises das moscas coletadas nessas viagens apontam para ambientes naturais com grande diversidade e mais inversões cromossômicas, comparados a outras populações marginais, geográfica

ou ecologicamente. Ainda em 1951, Pavan descreve uma nova mosca para as pesquisas genéticas, era a *Rhynchosciara angelae*.

As larvas desta mosca apresentam cromossomos politênicos maiores e de mais fácil acesso do que a *Drosophila*. As pesquisas demonstram que num mesmo tecido existe uma sequência no funcionamento dos genes, variável em relação a idade e diferenciação celular (BURLA et al., 1949). Esta descoberta iria mudar, aos poucos, a temática de pesquisa do grupo liderado por Pavan, sendo um dos desdobramentos da Escola de Genética Dreyfus-Dobzhansky.

Terceira visita de Dobzhansky ao Brasil: morte de Dreyfus

Em 1952, Dobzhansky retorna ao Brasil para mais coletas. Em três meses organizou três viagens de coletas e coletou moscas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.

O objetivo dessas viagens de coleta foi reunir mais dados sobre a variação cromossômica de espécies de *Drosophila*, suas relações com o meio e as preferências alimentares de cada espécie. Esse tema seria bastante estudado a partir daí e contaria com o financiamento das três instituições, a Fundação Rockefeller, os Fundos de Pesquisas da USP e o Conselho Nacional de Pesquisas, que aparecem unidas no financiamento à pesquisa nesta fase.

Em 1952, morre André Dreyfus, deixando sua cadeira vaga, posteriormente ocupada por Crodowaldo Pavan. Dobzhansky sente a morte de Dreyfus e percebe o grupo de pesquisadores dividindo as pesquisas entre a tradicional *Drosophila* e a mosca *Rhynchosciara*. No final desse ano Dobzhansky retorna aos Estados Unidos.

"Como provar que uma população natural está evoluindo geneticamente?" Essa dúvida assolava a cabeça de Dobzhansky há anos e ele já acumulava diversas pistas para respondê-la, mas ainda não de forma contundente. Se ele conseguisse realizar um experimento no qual pudesse manipular e acompanhar os genes de populações naturais isoladas...

Pense 7: Imagine como seria possível realizar um experimento que preenchesse todos esses requisitos.

Quarta visita de Dobzhansky ao Brasil: Megaprojeto II

Em 1955, Dobzhansky retorna ao Brasil e, enquanto sobrevoa o Rio de Janeiro a caminho de São Paulo, observa o arquipélago de Angra dos Reis. Ele pensa: se essas ilhas estiverem isoladas umas das outras a tal ponto que não haja migração de espécies entre elas e, conseqüentemente, não haja fluxo gênico entre as populações, elas serviriam perfeitamente para os seus propósitos.

Dobzhansky idealiza então um outro megaprojeto e convida uma série de pesquisadores brasileiros e estrangeiros para participarem. O projeto consiste em escolher um número de marcadores genéticos, como alelos letais e inversões cromossômicas, alguns deles, originários da própria população das ilhas e outros oriundos de populações naturais de outras regiões, introduzindo cada marcador em quantidades consideráveis em uma determinada ilha, observando a dinâmica dessas populações. A própria concepção do projeto, principalmente em relação aos tipos de marcadores que seriam usados gerou um certo desconforto entre os pesquisadores. Brito da Cunha apostava em introdução de inversões cromossômicas, enquanto Dobzhansky acreditava ser melhor a introdução de genes mutados visíveis.

O projeto não é aceito prontamente por todos os envolvidos e, em particular, as críticas do jovem pesquisador Ove Frydenberg incomodam muito a Dobzhansky. O projeto é grande demais para poder dar certo, argumenta Frydenberg. Ele constata que não estavam previstos testes de hipóteses e as que análises seriam estatisticamente inconsistentes, não havendo qualquer justificativa para executar o projeto. Seu posicionamento acaba desmotivando diversos pesquisadores que haviam sido convidados para esse megaprojeto.

Pense 8: Sabendo que você precisa do apoio de seus colegas pesquisadores e que você acredita que está muito perto de encontrar as respostas que há tanto tempo busca, como você tentaria convencer os demais pesquisadores a participarem do seu projeto?

Dobzhansky, que já havia percebido uma fragmentação nos interesses pesquisadores e uma dispersão dos focos de trabalho sabia uma quebra no grupo poderia inviabilizar seu megaprojeto no Brasil. Assim, contando com o apoio de seus aliados, Dobzhansky "convence", um a um, aqueles pesquisadores reticentes com o projeto, e rejeita os críticos. Um dos pesquisadores convidados é Luiz Edmundo Magalhães, que estava desenvolvendo seu doutorado na Esalq. Em um artigo de 2014, ele relata um encontro casual que teve com Pavan, em que este lhe diz:

Olha, Dobzhansky quer que você pare de trabalhar em Pirassununga e vá preparar o seu doutorado em Angra dos Reis. Verificar se existe migração de moscas entre as Ilhas e determinar o tamanho das populações locais. Ele disse que, se você não concordar com isso, vai abandonar o programa e voltar para os Estados Unidos, e escrever a todos os seus amigos dizendo que não é possível fazer trabalho científico no Brasil. Se isso acontecer, seremos incapazes de obter qualquer apoio financeiro. (MAGALHÃES; VILELA, 2014, p. 142)

Magalhães aceita abandonar sua pesquisa em Pirassununga e vai trabalhar com as populações de *Drosophila* em Angra dos Reis. De tempos em tempos, amostras de moscas são recolhidas e analisadas. Concomitantemente, moscas marcadas geneticamente foram liberadas na natureza, a fim de estimar o tamanho das populações e verificar se havia ocorrência ou não de migração entre as ilhas.

Espera-se que, dado a estabilidade das populações naturais, os marcadores genéticos demorem algum tempo para permear toda a população a ponto de aparecer nas coletas em altas frequências. Mas os resultados observados apontam para a direção oposta. E inesperadamente alguns marcadores aparecem em grandes quantidades num tempo relativamente curto. E mais: algumas marcações que supostamente não haviam sido introduzidas em algumas ilhas também aparecem em uma frequência alta.

Pense 9: Diante desses resultados, completamente inesperados, qual é a explicação que você daria para

essa alta frequência de marcadores que não foram introduzidos na ilha analisada?

Diante de várias explicações possíveis, Dobzhansky parece deixar-se levar pelas intrigas que permeavam o grupo e aponta para uma possível sabotagem no projeto. Luiz Edmundo Magalhães e Ove Frydenberg são os principais alvos Dobzhansky, os quais ele acusa de soltar linhagens de moscas do laboratório com o intuito de alterar as frequências observadas e, assim, inviabilizar os resultados, indicando, por exemplo, que poderia estar ocorrendo migração entre as ilhas.

Em 1956 (Figura 10), Dobzhansky volta para Columbia e, em 1964, escreve em um artigo o que viria a ser o título de um ensaio bastante famoso e um dos lemas do neodarwinismo: "Nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução".

Hoje, após analisar os registros pessoais de Dobzhansky, sabemos que ele já havia percebido a ocorrência das mutações na população natural de *Drosophila*, mas assumiu que elas não apareceriam em quantidade suficiente para atrapalhar o seu megaprojeto.

Segundo artigo do próprio Luiz Edmundo Magalhães acompanhado por Carlos Vilela, a reputação de Dobzhansky não melhorou nada, inclusive Magalhães disse encontrar, após terminar seu doutorado, em congressos pelo mundo, diversos cientistas que não simpatizavam nada com Dobzhansky (MAGALHÃES; VILELA, 2014).

Mesmo com a saída de Dobzhansky do Brasil sente-se o reflexo das suas visitas até hoje. Com os investimentos da Fundação Rockefeller, as bolsas de estudos que eram fornecidas e o desenvolvimento da genética humana (em contraste com a tradicional genética de populações), muitos outros alunos são atraídos e ela se torna, então uma das áreas de pesquisa mais promissoras do Instituto de Ciências Biológicas da então Universidade de São Paulo, servindo, inclusive, de sede para o prédio do Projeto Genoma Humano.

Dobzhansky, apesar do seu crítico estado de saúde – desenvolveu leucemia quando ainda era professor na Universidade Rockefeller (originada a partir da Fundação Rockefeller) – não parou de trabalhar um só momento antes de sua morte e contribuiu muito para as

principais mudanças que a genética implicou no paradigma evolucionista. Colaborou, com sua vida e obra, para o que hoje reconhecemos como a síntese moderna da teoria evolutiva.

Notas ao professor

Pretende-se abordar os seguintes aspectos da Natureza da Ciência:

- Observacionais: rol de evidências, concordância entre diferentes tipos de dados, modelos e organismos modelos.
- Conceituais: erros e incertezas, motivações para realização de ciência.
- Socioculturais: O papel das instituições e as fontes de financiamento, colaboração e competição entre pesquisadores, credibilidade, conflito de interesses pessoais e profissionais.

Pense 1: Ciência requer organização e experiência administrativa

Considerando que a faculdade acabara de ser criada, o que deveria ser feito para implantar uma linha de pesquisa? Que estruturas organizacionais deveriam ser criadas? Equipamentos e instrumentos necessários? Quais programas educacionais deveriam ser estabelecidos para treinar os estudantes? Todas essas questões e suas reflexões trazem elementos muito valiosos para a discussão de aspectos da natureza da ciência.

Pense 2 e 3: Motivações para viagens e ideias científicas são afetadas pelos contextos pessoais, sociais e históricos.

A tomada de decisão em relação a viagens de intercâmbio científico pode ser decisiva na carreira de um jovem pesquisador. É um momento difícil, que requer o levantamento de prós e contras. Você pode sugerir esse levantamento de forma individual pelos estudantes, seguido de um debate em que se apresentem argumentos sobre os limites e possibilidades que cerceavam essa decisão naquela época; e atualmente, para contrabalançar.

Além disso, pondere sobre as decisões tomadas pelos dois principais pesquisadores nesta história, que

já contavam com certa maturidade científica. Ambos haviam sido contratados a menos de cinco anos em suas cadeiras quando foram consultados sobre a viagem, entretanto um deles aceitou e o outro declinou. Ressalte os prós e contras de cada decisão a partir dos contextos pessoais, sociais e históricos.

Pense 4: Bons modelos podem esclarecer ajudar a esclarecer processos genéricos.

As moscas-das-frutas são bons modelos de pesquisa, pois requerem procedimentos de manutenção com poucos recursos e replicáveis em um curto período. Ademais, seus 4 grandes pares de cromossomos possibilitaram identificar problemas e responder questões genéticas e evolutivas. Contextualize esse e outros modelos, como *Arabidopsis*, *Caenorhabditis elegans* e *Escherichia coli*.

Pense 5: Ciência confia em dados empíricos para explicar fenômenos, requerendo muita observação e replicação dos dados para aferir confiabilidade nos resultados.

Uma pesquisa científica precisa abranger o máximo de fatores que podem influenciar os resultados e reconhecer os limites de sua abordagem ao tentar responder uma determinada questão. Todo conhecimento que for divulgado ou qualquer exposição de experimentos, conclusões parciais ou somente dos resultados devem ser realizados de maneira clara e objetiva para que os cientistas que estão ouvindo (ou lendo) sobre o trabalho de outro cientista não tenham dúvidas de como foram realizados os procedimentos e se sintam capazes e confortáveis em replicar o experimento.

Pense 6 e 7: Ciência requer observação leitura de referenciais teóricos e criatividade.

Um cientista precisa, muitas vezes, utilizar a sua criatividade para criar situações nas quais sua questão seja respondida com o mínimo de interferência de outros fatores. Para isso é preciso que o cientista consiga perceber quais são os fatores que podem estar influenciando os resultados e quais são os fatores que ele não quer que interfira tanto para poder analisar aquele outro fator que responde, ou ajuda a responder, a sua questão. A isso

damos o nome de "controle das variáveis" e muitas vezes exige criatividade para que situações possam ser criadas a ponto de controlar a maioria das variáveis possível.

Pense 8 e 9: Mudanças de perspectiva e planos – revisão de pares.

Sabendo que a ciência é uma construção coletiva que conta com a colaboração de diversas outras pessoas, é essencial que os pesquisadores estejam dispostos a ouvir as colaborações dos demais pesquisadores e, sobretudo, que estejam dispostos a receber críticas ou comentários que apontam para outra interpretação que não a dele. Essas críticas devem servir para enriquecer e fortalecer o trabalho. Mas infelizmente a ciência, por ser parte do humano, também está sujeita aos caprichos dos seus membros e do ego de quem quer o reconhecimento pelo que está sendo dito.

A revisão de pares deve servir não somente para elogiar os trabalhos que estão sendo feitos, mas também para apontar limites que passam despercebidos pelos pesquisadores ou para apontar interpretações que não são tão claras e que podem apontar parcialidade na leitura dos dados. Sabendo disso podemos concluir que a ciência – e o cientista – deve estar preparada para mudar os rumos de uma pesquisa ou de uma conclusão. Às vezes, é difícil aceitar que o seu trabalho de tantos anos não vai resultar naquilo que você esperava, ou acreditar que todas as suas conclusões foram tiradas sobre um erro na coleta ou no tratamento de dados, mas é assim que a ciência funciona.

Referências bibliográficas

- Criação da Universidade de São Paulo**, L. Pub. n. 6.283, DOSP (25 de janeiro 1934). Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=130436>. Acesso em: 10 jun 2018.
- BURLA H, da CUNHA, AB, CORDEIRO, AR, DOBZHANSKY TG, Malogolowkin C, Pavan C. The willistoni group of sibling species of *Drosophila*. **Evolution**, 1949, 3:300-314.
- DOBZHANSKY TG. **Evolução: conferências pronunciadas**. Columbia University. São Paulo: S.N., 1943.
- DOBZHANSKY TG, PAVAN C. Studies on brazilian species of *Drosophila*. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Biologia Geral. Separata**, 1943, 36(4):7-72.
- DOBZHANSKY TG, DREYFUS A. Chromosomal aberrations in Brazilian *Drosophila ananassae*. **Proc Natl Acad Sci USA**, 1943, 29:301-305.
- DOBZHANSKY TG, PAVAN C. Chromosome complements of some south-brazilian species of *drosophila*. **Proc Natl Acad Sci USA**, 1943, 29(110):368-375.
- MAGALHÃES LE, VILELA CR. The golden age of *Drosophila* research at the Universidade de São Paulo (USP): a testimonial on the decades 1940-1950. **Genet Mol Biol**, Ribeirão Preto, 2014, 37(1):135-145.
- MOTOYAMA S. O saber na sociedade. In: MOTOYAMA, S. **USP 70 anos: imagens de uma história vivida**. São Paulo: Edusp, 2006, p. 17-68.



Figura 1.
André Dreyfus (IB-USP). Fonte:
Wikimedia Commons. Disponível em:
[https://commons.wikimedia.org/wiki/
File:André_Dreyfus_001.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:André_Dreyfus_001.jpg).

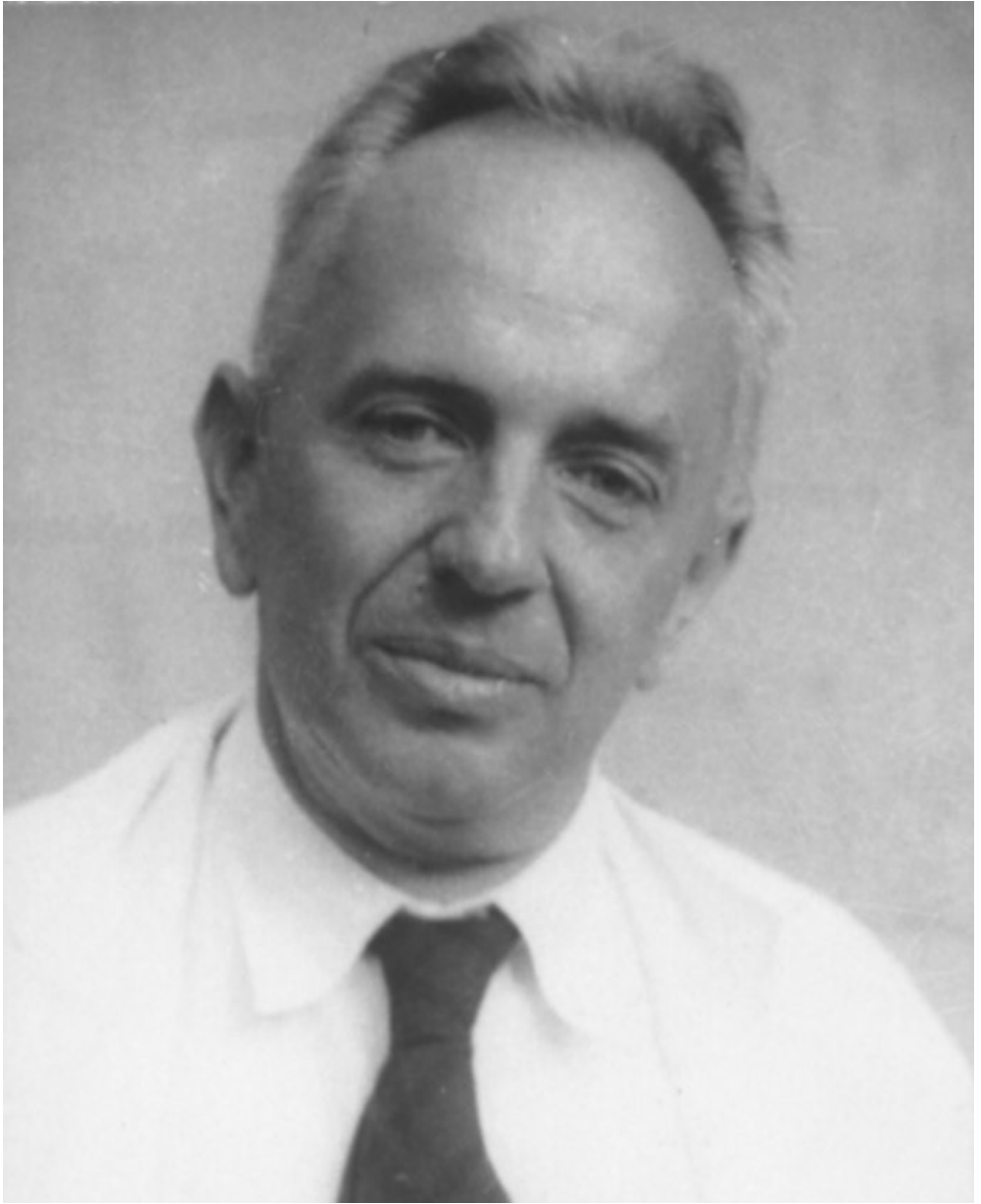


Figura 2.
T. Dobzhansky. Fonte: Wikimedia
Commons. Disponível em: [https://
commons.wikimedia.org/wiki/
File:Dobzhansky_no_Brasil_em_1943.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dobzhansky_no_Brasil_em_1943.jpg).

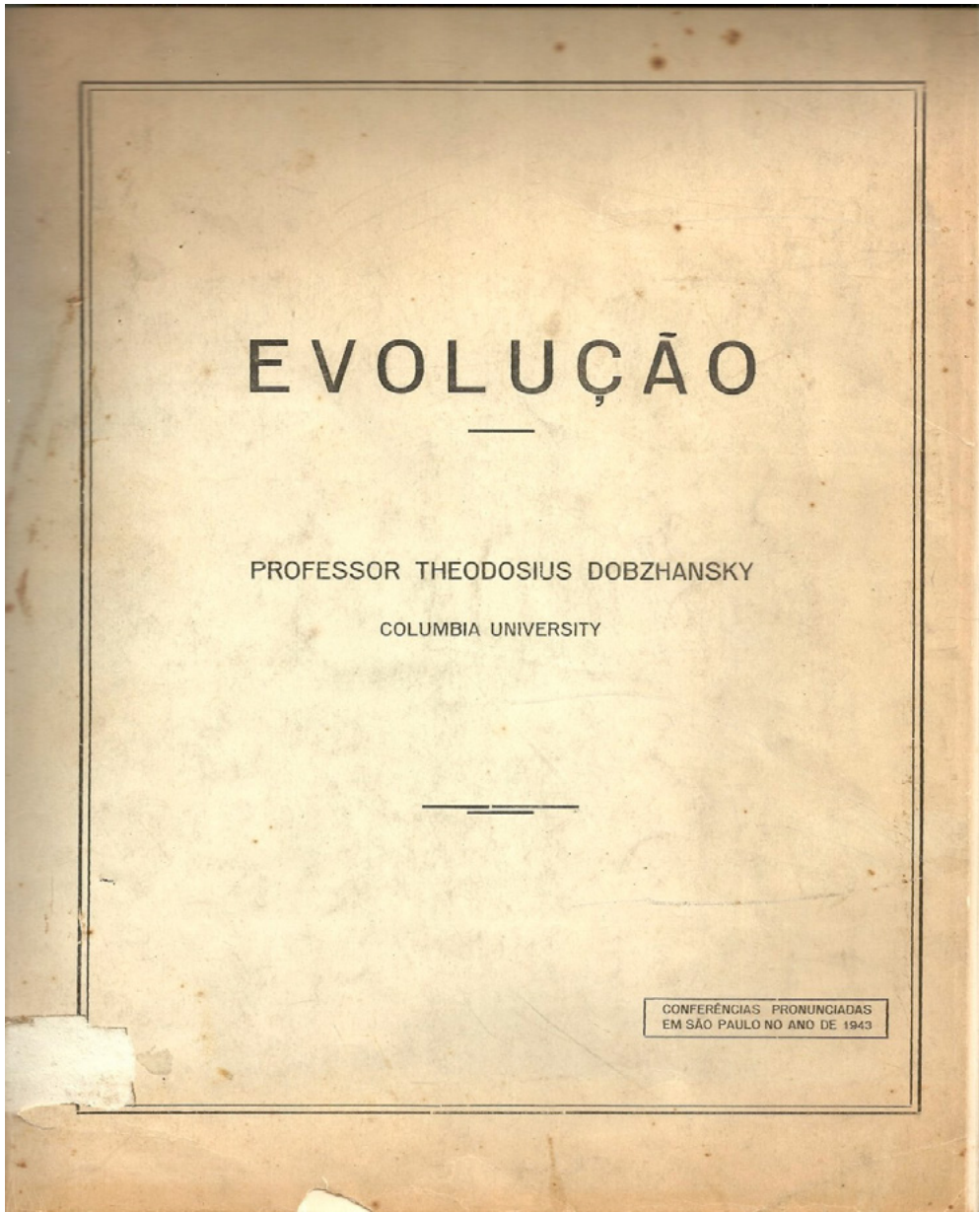


Figura 3.
Contracapa do livro que publicou as
conferências de Dobzhansky (1943).

Devemos, todavia, compreender, que quasi todos os trabalhos até hoje feitos sobre produção de mutações têm uma limitação muito importante: os raios X, os raios ultra-violetas, a temperatura, apenas aumentam a frequência de mutações idênticas às que ocorreram espontaneamente. Até hoje, não nos foi possível induzir uma só mutação específica em uma célula específica, o que mostra não termos ainda conseguido controlar o processo da mutação. A única exceção ao que acabamos de dizer, concerne o notável trabalho iniciado por Griffith e desenvolvido por Avery e Heidelberger sobre os pneumococos (os mi-

Figura 4.a
Trechos das conferências de T. Dobzhansky (1936). (DOBZHANSKY, 1943, p. 14).

resulta que praticamente todas elas assim procedem. Logo, enquanto não há muito tempo algumas pessoas duvidam da inteiridade da ocorrência de mutantes na natureza, chegamos à incrível conclusão de que quasi todas as moscas silvestres carregam mutantes. No entanto para detectar essas mutantes não basta apenas olhar para as moscas; métodos genéticos de análise são necessários.

Há provavelmente uma pergunta que vós estais fazendo: todas essas conclusões extraordinárias serão verdadeiras na *Drosophila*? Haverá, porém, evidências de que qualquer coisa semelhante seja observável em outros organismos? Por exemplo: será isso verdade para o homem? Seja-nos concedido analisar este problema, antes de mais, do ponto de vista teórico. Admitamos que numa população natural um mutante tenha ocorrido numa espécie qualquer, se reproduzindo sexualmente por fecundação cruzada, pouco nos importando que se trate de *Drosophila*, mi-

Figura 4.b
Trechos das conferências de T. Dobzhansky (1936). (DOBZHANSKY, 1943, p. 36)

tas partes do Brasil e outras zonas tropicais. Em cada caso, as mudanças climáticas requerem uma plasticidade da constituição genética do organismo e colocam o organismo num círculo vicioso, pois este não pode atingir uma adaptação ótima ao meio, pela razão simples que o próprio meio muda com demasiada rapidez e de um modo cíclico. É óbvio para vós que organismos vivendo em regiões tropicais nas quais as alterações do clima de acordo com as estações são reduzidas ao mínimo, como no vale do Amazonas ou ao longo da maioria das Costas brasileiras, estão em condições inteiramente diferentes: livraram-se desta necessidade de uma corrida fim e evidentemente fútil com o meio. Voltaremos, nas próximas conferências, várias vezes à discussão deste tópico. Desejo agora salientar apenas que há aqui um campo para pesquisas genéticas para as quais os geneticistas brasileiros estão colocados numa posição mais vantajosa do que quaisquer outros no mundo.

Figura 4.c
Trechos das conferências de T. Dobzhansky (1936). (DOBZHANSKY, 1943, p. 20)

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Th. Dobzhansky and C. Pavan (1943)

STUDIES ON BRAZILIAN SPECIES OF DROSOPHILA

Separata do Bol. Facul. Fil. Ciên. e Letr.
Univ. S. Paulo. N.º 36 - Biologia Geral N.º 4

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA GERAL

Caixa Postal, 105 B - São Paulo - Brasil

1943

*CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN BRAZILIAN DROSOPHILA
ANANASSAE*

BY TH. DOBZHANSKY* AND ANDRÉ DREYFUS

COLUMBIA UNIVERSITY, NEW YORK, AND UNIVERSITY OF SÃO PAULO, BRAZIL

Communicated September 27, 1943

368

GENETICS: DOBZHANSKY AND PAVAN

PROC. N. A. S.

*CHROMOSOME COMPLEMENTS OF SOME SOUTH-BRAZILIAN
SPECIES OF DROSOPHILA*

BY TH. DOBZHANSKY* AND C. PAVAN

COLUMBIA UNIVERSITY, NEW YORK, AND UNIVERSITY OF SÃO PAULO, BRAZIL

Communicated August 28, 1943

Figura 5.
Publicações de Dobzhansky em
colaboração com pesquisadores
brasileiros oriundas de sua primeira
passagem no Brasil.



D. willistoni (M)



Figura 6.
D. willistoni Sturtevant & *D. paulistorum* Dobzhansky & Pavan. Fontes: https://kyotofly.kit.jp/cgi-bin/ehime/photo_data.cgi?SPID=700 e <https://evrimagaci.org/bilim-turler-arasi-evrimi-kabul-etmiyor-mu-321>

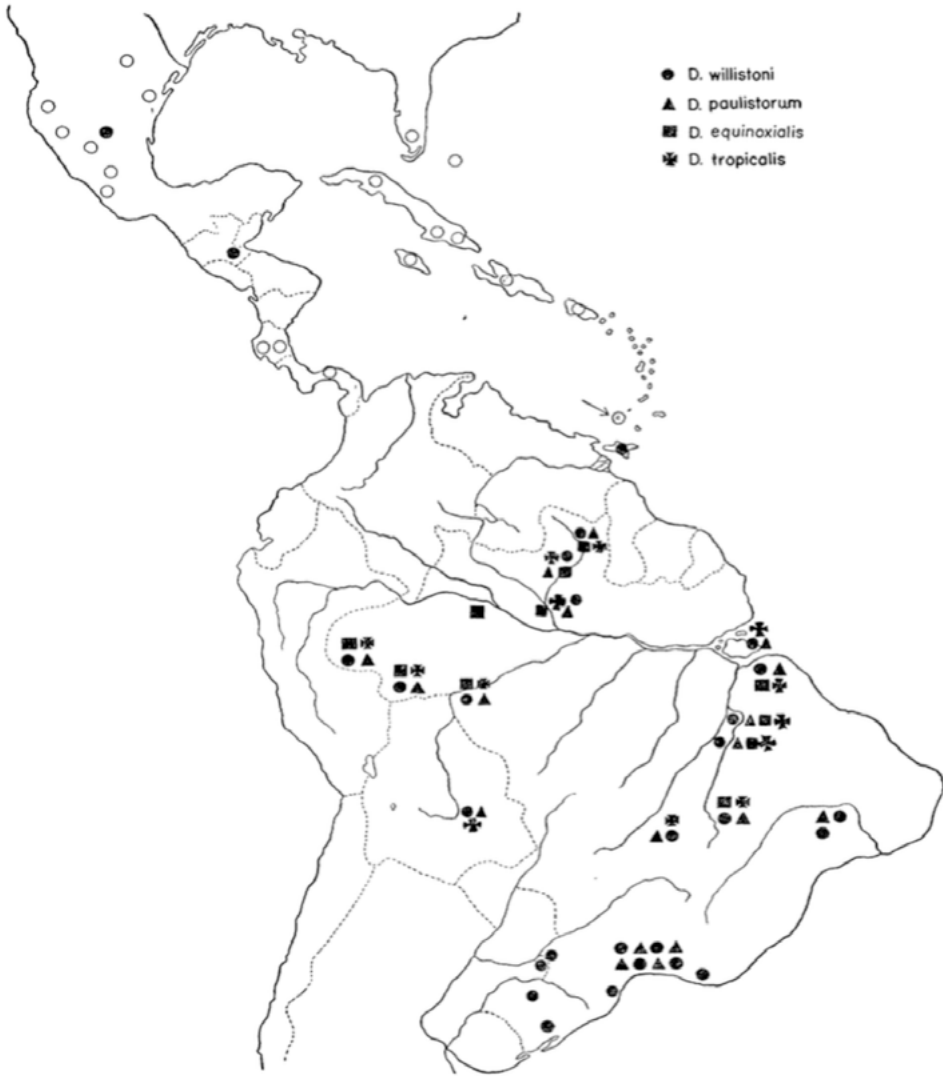


FIG. 1. Geographic distribution of *Drosophila willistoni* and its relatives. Localities in which the presence of *D. willistoni* has been ascertained by genetic or cytological tests are indicated by black circles, and the literature records of this species by open circles. The arrow points to the Isle of St. Vincent, the type locality of *D. willistoni*.

Figura 7.
Distribuição geográfica do grupo
Willistoni.

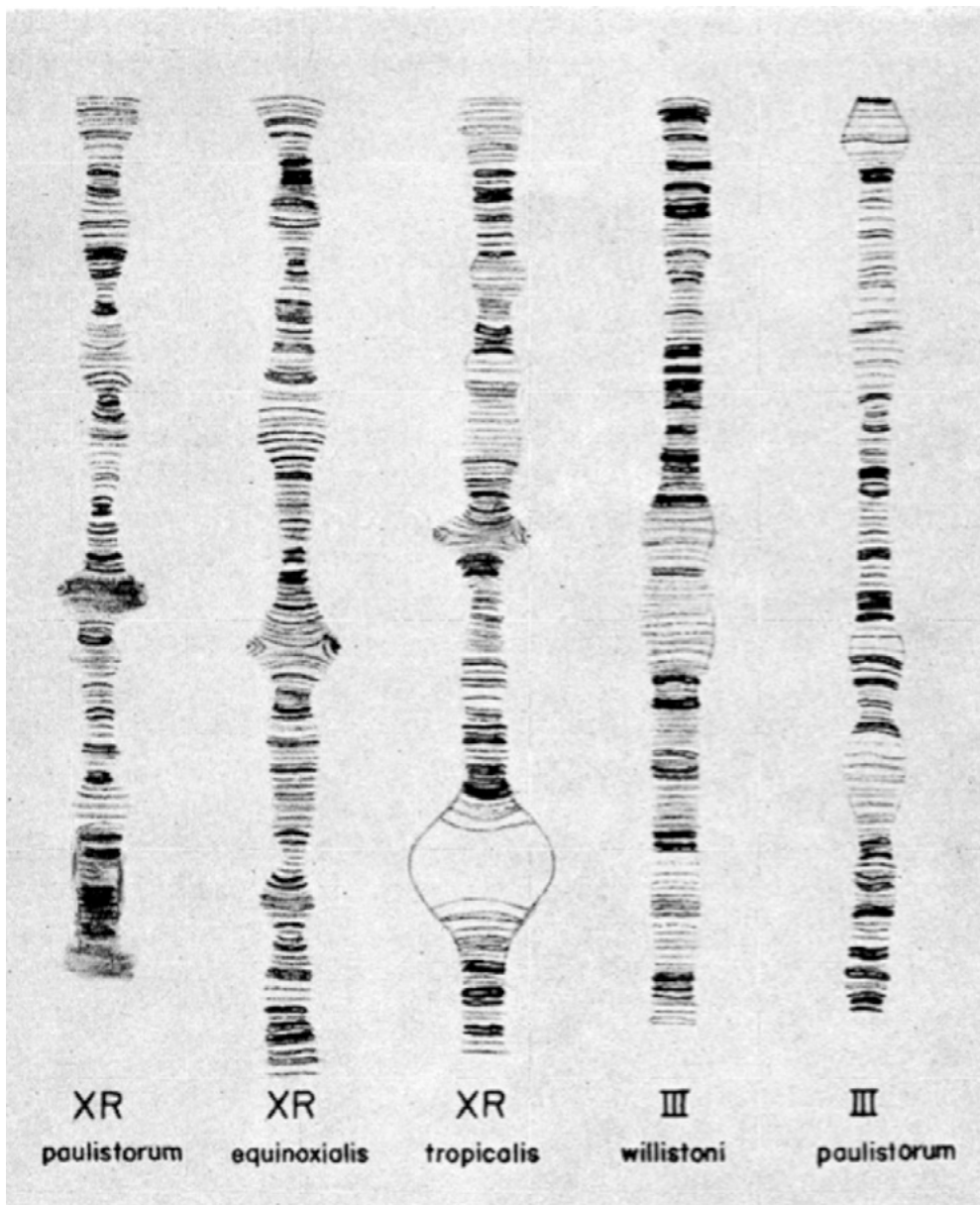


Figura 8.
Cromossomos de glândulas salivares
de *Drosophila*.

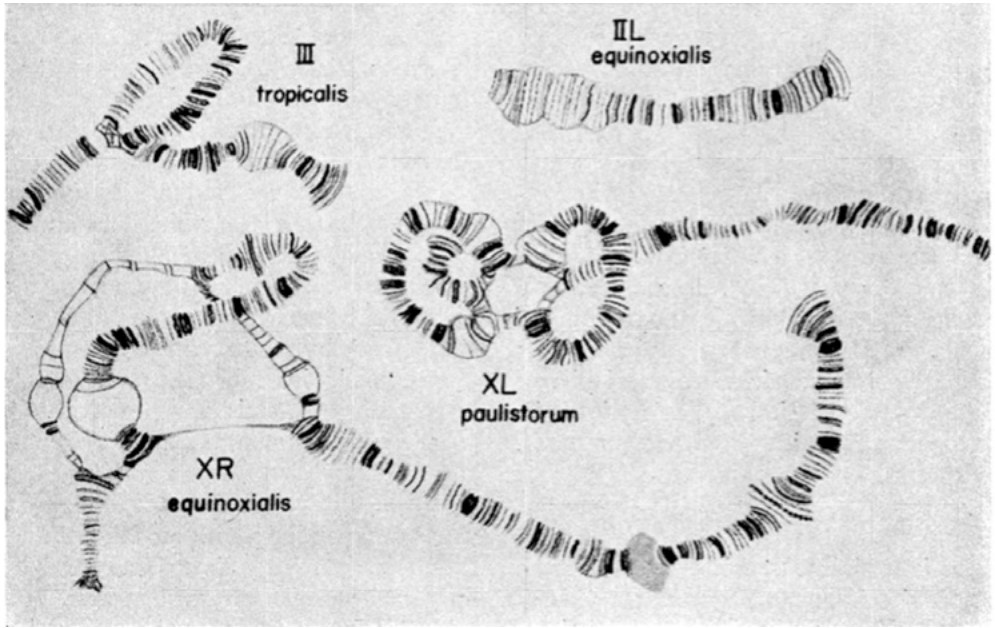


Figura 9.
Inversões cromossômicas observadas
em *Drosophila*.

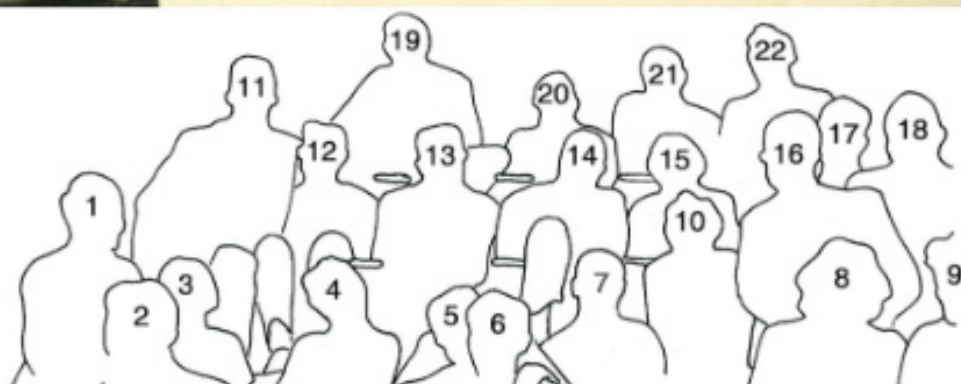


Figura 10.

Festa de despedida do for Prof. Theodosius Dobzhansky em julho 1956. 1. Inger Frydenberg, 2. Henrique Serafim de Oliveira, 3. Cora de Moura Pedreira, 4. Myrthes da Silveira Nilo Bispo, 5. Maria de Lourdes Vaz de Oliveira Pavan, 6. Crodowaldo Pavan, 7. Nícia Dulce Wendel Magalhães, 8. Jeanete Saraiva de Toledo, 9. Natalia Gabrusewycs, 10. Hebe Mirina Laghi de Souza, 11. Luiz Edmundo de Magalhães, 12. Louis Charles Birch, 13. Theodosius Grigorievich Dobzhansky, 14. Bruno Battaglia, 15. Therezinha de Moraes Ungaretti, 16. Willy Beçak, 17. Ove Frydenberg, 18. Antônio Brito da Cunha, 19. Geraldo Barnabé, 20. Pedro Monteiro, 21. Waldemar de Oliveira, 22. Gabriel do Prado Bueno. Fonte: Magalhães e Vilela, 2014.

Normas de Publicação

Escopo e política

Os *Cadernos de Historia da Ciência* tem como escopo publicar documentos, textos analíticos e descritivos, bem como coleções iconográficas relacionadas a temas das áreas de conhecimento da história da ciência e da saúde pública. Trata-se de publicação de periodicidade semestral, que visa incentivar o desenvolvimento da área, abrindo espaço também, para publicação de trabalhos produzidos por jovens pesquisadores.

Processo de revisão

Os trabalhos publicados em *CHC* passam por processo de revisão por especialistas no tema. Os editores fazem uma revisão inicial para avaliar se os autores atenderam aos padrões e as normas para o envio dos originais. Em seguida o artigo é encaminhado para dois revisores da área pertinente, sempre de instituições distintas daquela de origem do artigo, e cegos quanto à identidade e vínculo dos autores. Após receber os pareceres, o Conselho Editorial, que detém a decisão final sobre a publicação ou não do trabalho, avalia a aceitação do artigo sem modificações, a recusa ou a devolução ao autor com as sugestões apontadas pelo revisor.

Forma e preparação de manuscritos

Normas para Publicação

O trabalho submetido à publicação deve ser inédito, não sendo permitida a sua apresentação simultânea em outro periódico, conforme declaração a ser assinada pelos autores. Todas as opiniões e declarações contidas no trabalho são de responsabilidade exclusiva dos autores, não sendo necessariamente as mesmas do Corpo Editorial.

Seções da REVISTA

O CHC recebe colaborações oriundas das áreas da história da ciência e da saúde pública nas seguintes modalidades:

ARTIGO ORIGINAL - Ensaio ou texto analítico resultantes de estudos ou pesquisas de temas relevantes para a história da ciência e da saúde pública.

Devem conter preferencialmente os seguintes elementos: introdução, objetivos, metodologia, resultados, discussão, considerações finais ou conclusão e referências.

Segundo as características da pesquisa ou do trabalho, poderá conter apenas os seguintes elementos: introdução ou apresentação, corpo do texto, considerações finais ou conclusão, e referências.

ARTIGO DE ATUALIZAÇÃO - São trabalhos que relatam informações geralmente atuais sobre tema de interesse para a área de história da ciência e da saúde pública, e que têm características distintas de um artigo de revisão bibliográfica.

DEPOIMENTOS - Relatos ou entrevistas contendo impressões sobre experiências profissionais aplicadas ou sobre temas relacionados com a história da ciência ou da saúde pública.

DEBATES - Temas históricos ou de atualidades propostos pelo Editor e debatido por especialistas, que expõem seus pontos de vista por escrito ou ao vivo em seminários ou eventos, com a transcrição das gravações e sua edição.

ENSAIO/TEXTOS DIDÁTICOS - Ensaio ou texto didático sobre a história das ciências, difundindo fatos científicos e autores da história da ciência, filosofia da ciência e áreas afins.

ICONOGRAFIA - Ensaio elaborado a partir de imagens, desenhos, gravuras ou fotografias, acompanhadas de texto introdutório e explicativo, com as respectivas legendas.

DOCUMENTOS e FONTES - Destinam-se à divulgação de acervos ou coleções e ainda de documentos oficiais ou não, considerados importantes e relevantes para o momento ou que tenham um conteúdo de pertinência para o estudo da história da ciência e da saúde pública.

RESENHAS E REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS - São trabalhos que tem por objeto analisar, avaliar ou sintetizar,

livros, artigos, sítios da INTERNET, teses e monografias editadas no Brasil e no exterior e consideradas de interesse para o estudo da história das ciências e da saúde pública.

RESUMOS - Serão aceitos resumos de teses e dissertações até dois anos após a data de defesa. Devem conter os nomes do autor e do orientador, título do trabalho (em Português e Inglês), nome da instituição em que foi apresentado e ano de defesa. No máximo 300 palavras e pelo menos 3 palavras-chave.

RELATO DE ENCONTRO - Deve focar o conteúdo do evento e não detalhes de sua estrutura. Não mais do que 2.000 palavras; 10 referências (incluindo eventuais links para a íntegra do texto ou dos ANAIS); e sem ilustrações. Não incluem Resumo nem palavras-chave.

NOTÍCIAS - Notícias ou notas rápidas sobre questões referentes à história da ciência e da saúde pública, elaboradas por membros do corpo editorial do CHC. O texto deve ter até 500 palavras, sem ilustrações ou referências.

CARTAS AO EDITOR - Serão publicados comentários, críticas, sugestões e esclarecimentos referentes à temática ou observações referentes à própria revista, recebidos através de cartas ou e-mails.

Envio de manuscritos

Forma de apresentação dos originais

1. Os originais deverão ser encaminhados por e-mail para: lhciencia.ib@butantan.gov.br com cópia para chciencia.ib@butantan.gov.br; Devem ser digitados em programas de texto e enviados com a extensão .doc ou .docx.

Os trabalhos não deverão exceder 6000 palavras ou 20 páginas; fonte TIMES NEW ROMAN, tamanho 12, espaçamento de 1,5 centímetros. Citações e resumo devem ser apresentado: fonte TIMES NEW ROMAN, tamanho 10, espaçamento simples, margens esquerda e direita de 1 centímetro.

2. Os originais deverão apresentar as seguintes informações sobre o autor:

- Instituições a que está ligado;
- Cargos que ocupa;
- Formação acadêmica;
- Titulação; endereço profissional completo, CEP e e-mail.

3. Ilustrações – Gravuras, gráficos, tabelas e desenhos deverão ser apresentados em páginas separadas. Devem ser nítidos e legíveis, e quando em meio eletrônico, com alta resolução (mínimo 600 dpi).

Imagens digitalizadas em tamanho natural com resolução de pelo menos 400 dpi e salvas em arquivos padrão JPEG. Fotos e imagens devem ser digitalizadas em preto-e-branco, podendo ser encaminhadas as fotos originais em tamanho 9x12cm. Todas as ilustrações devem vir acompanhadas de títulos ou legendas e fontes. Caso já tenham sido publicadas, mencionar a fonte e anexar a permissão para reprodução.

4. Os Artigos Originais, Revisões, Atualização, Relatos de Caso e similares devem ser apresentados contendo resumos e palavras-chave em português (resumo; palavras-chave) e em inglês (abstract; key-words). Os resumos não deverão exceder 150 palavras em inglês e o campo palavras-chave (no máximo 5) em português e inglês. Para a seleção dos descritores (palavras-chave) sugere-se a utilização do DESC-Descritores em Ciências da Saúde conforme acesso INTERNET (<http://decs.bvs.br/>) ou descritor similar.

5. O título do artigo deve ser o mais conciso possível, porém suficientemente informativo e apresentado em português e em inglês. Deve trazer em maiúscula somente a inicial da primeira palavra.

6. Referências e Citações

6.1. As referências bibliográficas deverão ser listadas ao final do artigo, em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor e obedecendo à data de publicação. No caso de as referências serem de mais de dois autores, no corpo do texto deve ser citado apenas o nome do primeiro autor seguido da expressão et al.

6.2. As citações no decorrer do texto devem trazer o sobrenome do autor, o ano da publicação e no caso das citações literais a respectiva página. Ex. (Marx, 1848); (Marx, 1848, p.5).

6.3. As referências citadas devem ser listadas ao final do artigo, em ordem numérica, seguindo as Normas

Gerais dos Requisitos Uniformes para Manuscritos apresentados a periódicos biomédicos (<http://www.icmje.org>).

6.4. Os nomes das revistas podem ser abreviados de acordo com o estilo usado no Index Medicus (<http://www.nlm.nih.gov/>).

7. Orientações Gerais:

7.1 - A responsabilidade pelos conceitos emitidos e pelo conteúdo dos trabalhos cabe inteiramente aos autores que assinam o mesmo.

7.2 - Os autores deverão informar as fontes de financiamento ou de fomento do trabalho ou da pesquisa, caso exista, bem como declaração de ausência de conflito de interesses.

7.3 - Nos trabalhos de múltipla autoria, a partir de três autores, ao final do texto devem ser especificadas as contribuições individuais de cada um na elaboração do mesmo.

Cadernos de história da ciência

A história e o ensino da natureza da ciência