

Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa
(org.)

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS
CIÊNCIAS DA NATUREZA E
DA MATEMÁTICA: ENSINO,
PESQUISA E FORMAÇÃO DE
PROFESSORES**



Edições Hipótese

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

F745m	Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores / Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa; (org.). – São Paulo: Edições Hipótese, 2019. 338p.
	Bibliografia 978-65-80428-09-0
	1. Educação. I. Título.
	CDU - 370

EDIÇÕES HIPÓTESE é nome fictício da coleção de livros editados pelo Núcleo de Estudos Transdisciplinares: Ensino, Ciência, Cultura e Ambiente, o Nutecca.

<http://nutecca.webnode.com.br>

OS LIVROS PUBLICADOS SÃO AVALIADOS POR PARES.

CONSELHO EDITORIAL: Prof. Dr. Ivan Fortunato (Coordenador), Profa. Dra. Marta Catunda (UNISO), Prof. Dr. Claudio Penteado (UFABC), Dr. Cosimo Laneve (Società Italiana di Pedagogia), Prof. Dr. Luiz Afonso V. Figueiredo (CUFSA), Dr. Helen Lees (Newman University), Prof. Dr. Tiago Vieira Cavalcanti (Nutecca), Prof. Ms. Alexandre Shigunov Neto (Nutecca), Prof. Dr. Juan José Mena Marcos (Univ. de Salamanca), Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos (IFSP), Prof. Dr. Viktor Shigunov (UFSC), Prof. Dr. José Armando Valente (UNICAMP); Prof. Dr. Paulo Sérgio Calefi (IFSP), Prof. Dr. Pedro Demo (UnB), Prof. Ms. Marilei A. S. Bulow (Fac. CNEC/Campo Largo), Prof. Dr. Juarez do Nascimento (UFSC), Prof. Dr. Reinaldo Dias (Mackenzie), Prof. Dr. Marcos Neira (USP), Profa. Dra. Ana Iorio (UFC), Profa. Dra. Maria de Lourdes Pinto de Almeida (UNOESC), Profa. Dra. Patricia Shigunov (Fiocruz), Profa. Dra. Maria Teresa Ribeiro Pessoa (Univ. de Coimbra), Prof. Dr. Francesc Imbernon (Univ. de Barcelona), Prof. Dr. José Ignacio Rivas Flores (Univ. de Málaga), Prof. Dr. Luiz Seabra Junior (Cotuca/Unicamp), Profa. Ms. Hildegard Jung (Unilassale), Prof. Dr. Fernando Gil Villa (Univ. de Salamanca), Profa. Dra. Rosa Maria Esteban (Univ. Autónoma de Madrid), Prof. Dr. Agustín de la Herrán Gascón (Univ. Autónoma de Madrid), Profa. Dra. Maria Cristina Monteiro Pereira de Carvalho (PUC/Rio), Prof. Dr. José Tavares (Univ. Aveiro), Profa. Dra. Idália Sá-Chaves (Univ. Aveiro), Prof. Dr. António Cachapuz (Univ. Aveiro), Prof. Dr. Luis Miguel Villar Angulo (Univ. Sevilha), Prof. Dr. André Constantino da Silva (IFSP); Prof. Ms. João Lúcio de Barros (IFSP).

EBOOK DE DISTRIBUIÇÃO LIVRE E GRATUITA

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 06

PARTE I: SUBSÍDIOS E BALIZAS TEÓRICAS

CAPÍTULO 01 – MÁS ALLÁ DE LAS DOS CULTURAS Y LA CREATIVIDAD: UM ANÁLISIS DE LOS VÍCULOS HISTÓRICOS ENTRE ARTES Y CIÊNCIAS

Ángel Vázquez-Alonso, Margarita-Ana Vázquez-Manassero e MaríaAntonia
Manassero-Mas.....11

CAPÍTULO 02 – A INCLUSÃO DE ELEMENTOS FILOSÓFICOS E HISTÓRICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ENTRE NOS (NATURE OF SCIENCE) E FOS (FEATURES OF SCIENCE)..... 40

Ivy Judensnaider e Fernando S. dos Santos

CAPÍTULO 03 - O MÉTODO EXPERIMENTAL DE CLAUDE BERNARD EM TRÊS MOMENTOS: UM PARALELO COM ALGUMAS CONCEPÇÕES DE NATUREZA DA CIÊNCIA..... 58

Alan D. dos Santos Felisberto

CAPÍTULO 04 – NAS PÁGINAS ÍNTIMAS DE UM AUTOR MARANHENSE: VESTÍGIOS DO ENSINO DE MATEMÁTICA NO SÉCULO XIX..... 79

Waléria de Jesus Barbosa Soares

PARTE II: PRÁTICAS – CURRÍCULO, MATERIAIS E IDEIAS

CAPÍTULO 05 – A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS.....102

Daniela Furtado Campos e Jefferson de Lima Picanço

CAPÍTULO 06 – ALGUNS TÓPICOS CONTROVERSOS NO ENSINO DE BIOLOGIA E FÍSICA E SUAS REPRESENTAÇÕES EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO.....123

Marcelo D’Aquino Rosa, Carla Nayelli Terra e Juliana Silva Pedro Barbi

CAPÍTULO 07 – JOGO DE CARTAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA E SEU USO NO ENSINO..... 145

Bernardo Jefferson de Oliveira, Marina Assis Fonseca e Juliana Prochnow dos Anjos

CAPÍTULO 08 – A LUA NA SALA DE AULA: UMA PROPOSTA OBSERVACIONAL PARA OS ANOS INICIAIS ENVOLVENDO HISTÓRIA E A NATUREZA DA CIÊNCIAS..... 166

Paula Cristina da Silva Gonçalves Simon e Núria Araújo Marques

CAPÍTULO 09 – HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA A SALA DE AULA NOS CICLOS INICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA..... 185

Suseli de Paula Vissicaro e Márcia Helena Alvim

CAPÍTULO 10 – HISTÓRIA GLOBAL DA CIÊNCIA: UMA ESTRATÉGIA INTERCULTURAL PARA O ENSINO DE NATUREZA DA CIÊNCIA..... 199

Haira Gandolfi

CAPÍTULO 11 – OS ARES E AS PLANTAS NO SÉCULO XVIII: ASPECTOS FORMATIVOS DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA..... 226

Matheus Luciano Duarte Cardoso e Thaís Cyrino de Mello Forato

**CAPÍTULO 12 – DESENHOS CIENTÍFICOS E O SAMBA DE COCO:
ENSINANDO BOTÂNICA ATRAVÉS DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DA
CULTURA POPULAR..... 256**

Thailine Aparecida de Lima, Sílvia Figueirôa e Fernando Santiago dos Santos

**CAPÍTULO 13 – A SÍNTESE DA UREIA NO SÉCULO XIX: UMA PROPOSTA
DE ABORDAGEM HISTÓRICA CONTEXTUALIZADA PARA O ENSINO DE
QUÍMICA ORGÂNICA..... 277**

Ana Carla de Sousa Silva e Breno Arsioli Moura

**CAPÍTULO 14 – MÍDIA, AGROECOLOGIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA:
BREVE REFLEXÃO METODOLÓGICA A PARTIR DE UMA PRÁTICA
PEDAGÓGICA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORAS(ES) DO
CAMPO..... 298**

Marcelo Vaz Pupo e Tarcila Mantovan Atolini

**CAPÍTULO 15 – O LÍTIO: DAS CONTRIBUIÇÕES DE JOSÉ BONIFÁCIO AO
JOGO GEOPOLÍTICO DO SÉCULO XXI.....317**

João Henrique Cândido de Moura

OS AUTORES E AS AUTORAS 333

APRESENTAÇÃO

Silvia Figueirôa

A História e a Filosofia das Ciências têm longa tradição, secular mesmo. No Brasil, ainda que mais recente, sua produção já conta muitas décadas. Os entrelaçamentos com o ensino, por sua vez, também vêm de longe: Augusto Comte (1798-1857), formulador do Positivismo, no seu *Curso de Filosofia Positiva* (1830), defendia que o estudo de uma ciência se iniciasse pela abordagem histórica. Ainda, afirmava que não se conhece plenamente uma ciência se não se conhece a sua história – uma declaração que permanece atual, mesmo com as críticas e o abandono da doutrina positivista ao longo do tempo. Mais de um século depois, os educadores norte-americanos Neil Postman (1931-2003) e Charles Weingartner (1922-2007) preconizavam, para que a escola e a educação fizessem (novo) sentido, a necessidade de

“...uma educação que realce a história, o modo científico de pensamento, o uso disciplinado da linguagem, um conhecimento profundo das artes e da religião e a continuidade da empresa humana. Recomendo, pois, que se ensinem todas as matérias como história.” (Postman e Weingartner, 1979, p. 170) (tradução livre)

As propostas de articulação entre a História e a Filosofia das Ciências (HFC) e a Educação ocorreram mais sistematicamente no pós-Segunda Guerra (1939-1945), em boa medida como reação aos desdobramentos nefastos das aplicações da Ciência & Tecnologia, principalmente as pesquisas cujo ápice foi a produção da bomba atômica. Ao colocar em questão os efeitos trágicos do consórcio entre Ciência & Tecnologia (C&T), mais visíveis nas guerras, propugnava-se que a educação científica contribuísse para a formação de uma ‘consciência cidadã’ (Figueirôa, 2009). Uma proposta foram os *Harvard Case Histories*, implantados na década de 1950 pelo então reitor numa das reformas curriculares da Universidade de Harvard. James Bryant Connant (1893-1978) presidiu Harvard entre 1933 e 1953. Reverberando movimentos mais amplos em defesa da educação científica que vinham crescendo desde o início do

século XX, Connant defendeu em suas obras, a partir da década de 1940, que o cidadão comum, por ele denominado “leigo”, deveria adquirir pleno conhecimento da “tática e estratégia” da ciência (Connant, 1947; publicado no Brasil pela Editora Cultrix em 1964). E o caminho mais adequado era o “acesso histórico”. Alguns anos mais tarde, em 1952, voltou a publicar suas preocupações em torno da relação entre as ciências e os seres humanos, no livro *Modern science and modern man* (publicado no Brasil pela Editora Zahar em 1965). Na mesma época, em 1953, uma palestra do físico Bernhard I. Cohen para professores propunha a adoção de uma percepção histórica na Ciência (Cohen, 1993). Em 1964, à guisa de um balanço, Connant escreveu *Two modes of thought (My encounters with Science and Education)*, publicado pela Editora da Universidade de São Paulo (USP) em 1968 com tradução de ninguém menos do que Anísio Teixeira, educador de destaque e um dos pioneiros do movimento Escola Nova no Brasil.

Contemporaneamente a essa publicação, nas décadas de 1960-70 a USP incluiu nos currículos dos cursos de Física, Química, Biologia, História e Arquitetura o oferecimento de disciplinas de História das Ciências e da Tecnologia. Nos eventos organizados pela *Sociedade Brasileira de História da Ciência* (SBHC), assim como nos da *Sociedade Latino-americana de História das Ciências e da Tecnologia* (SLHCT, atualmente inativa), temas relativos à História das Ciências & Tecnologia e ensino têm estado presentes com regularidade desde os primeiros encontros nos anos 1980 (Figueirôa, 2003) e, em 2014, o dossiê *História das Ciências e Ensino de Ciências*, organizado pelos professores Thaís Forato, Andreia Guerra e Marco Braga, ocupou todo um número da *Revista Brasileira de História das Ciências* (RBHC, volume 7, número 2), com seus 15 artigos substanciosos. A partir de 2018, a RBHC passou a contar com uma seção temática específica, coordenada pelas professoras Ermelinda Pataca e Márcia Alvim.

Em 1989 foi fundado o *International History, Philosophy, and Science Teaching Group* (atualmente sob a presidência da professora brasileira Andreia Guerra), cujo órgão científico de publicação é a revista internacional *Science & Education*, editada pelo educador australiano Michael R. Matthews ao longo de duas décadas, quando foi substituído por colegas da área. Enfático defensor da HFC no ensino, Matthews publicou alguns artigos e livros que se tornaram

referência na área. Essa iniciativa de criação do IHPST representou um forte impulso que marcou uma nova fase, de crescimento consistente das reflexões e experiências articuladoras da HFC e do ensino, que hoje abarcam do nível fundamental ao ensino superior, embora de maneira não uniforme. Além disso, ensejaram a ampliação das reflexões em direção aos aspectos da chamada Natureza da Ciência - (Nature of Sciences, em inglês).

Assim como no âmbito internacional, do Norte-Nordeste ao Sul do Brasil também vêm crescendo de forma expressiva os grupos, linhas de pesquisa e programas de pós-graduação que atuam na área, a ponto de ser um risco tentar citá-los todos, sob pena de esquecimento e falha grave. No entanto, o que se percebe, aqui e no exterior, é que ainda persistem carências e obstáculos para que as propostas de HFC & ensino sejam apropriadas pelas professoras e pelos professores e cheguem concretamente à sala de aula, e isso vem sendo apontado há bastante tempo por diversos colegas. As dificuldades partem já da formação, em que raramente a HFC está incluída nos currículos, especialmente no Brasil – embora esta situação esteja muito lentamente a mudar.

O presente livro, *HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA E DA MATEMÁTICA: ENSINO, PESQUISA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES*, valeu-se da generosa abertura das Edições Hipótese para oferecer mais uma (pequena) contribuição no sentido da incorporação da HFC ao ensino escolar, facilitada por estar em acesso aberto e suporte eletrônico. Traz contribuições, basicamente, de dois tipos: reflexões teóricas, de viés filosófico e, ou histórico, para estabelecer uma primeira aproximação das professoras e dos professores com o tema, ou mesmo dar continuidade a contatos estabelecidos anteriormente; e textos mais aplicados, que não se pretendem “receitas”, mais bem visam a servir de inspiração e fonte de ideias para os colegas em sala de aula. Os temas e níveis educacionais são variados, a fim de cobrir um espectro mais amplo e ampliar as possibilidades de diálogo, já que todos são professores e falam, portanto, do “chão da sala de aula”, atuando diretamente com os alunos, ou na formação de professores.

Os organizadores da presente obra agradecem a dedicação, seriedade, profissionalismo e a paciência das autoras e autores dos capítulos, e todos

Figueirôa, Sílvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

esperamos, honestamente, que mais um passo, mesmo tímido, tenha sido dado em direção à melhoria da educação e do ensino de ciências.

Referências

Comte, A. (1894 [1830]). *Cours de philosophie positive [Première et Deuxième leçons]*. Paris: Société Positiviste. http://obvil.sorbonne-universite.fr/corpus/critique/comte_cours-philosophie-positive/. Acesso em 08/07/2019.

Figueirôa, S. F. M. (2009). História e Filosofia das Geociências: relevância para o ensino e formação profissional. *Terræ Didática*, v. 5, n. 1, p. 63-71. <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>

Conant, J. B. (1964 [1947]). **Como compreender a ciência – acesso histórico**. São Paulo: Cultrix. (Trad. Aldo Della Nina)

Postman, N.; Weingartner, Ch. (1979) **Teaching as a Conserving Activity**. New York: Dell Publishing Co.

Cohen, B. I. (1993). A sense of history in science. *Science & Education*, v. 2, n. 3, p. 251-277. (republicação do original de 1953)

PARTE I: SUBSÍDIOS E BALIZAS TEÓRICAS

CAPÍTULO 01 – MÁS ALLÁ DE LAS DOS CULTURAS Y LA CREATIVIDAD: UM ANÁLISIS DE LOS VÍCULOS HISTÓRICOS ENTRE ARTES Y CIÊNCIAS

Ángel Vázquez-Alonso, Margarita-Ana Vázquez-Manassero e MaríaAntonia Manassero-Mas

En los últimos lustros del siglo XX, los estudios sociales de la ciencia sustituyeron la visión positivista de la ciencia por un giro naturalista, que se caracteriza por su interdisciplinariedad, pues sus aportaciones surgen de múltiples disciplinas que estudian la ciencia, especialmente la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia, y otras (psicología, economía, política, antropología, etc.). Esta renovación de la visión sobre la ciencia ha tenido impacto y consecuencias en todos los niveles de la actividad científica, desde el diseño de las políticas científicas, nacionales y transnacionales, hasta la innovación de la educación científica, pasando por todos los niveles de la propia investigación científica (Ambrogi, 1999; Kuhn, 1962).

Dentro del giro naturalista, el movimiento ciencia, tecnología, sociedad (CTS) reivindicó la relevancia de las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad para el desarrollo de los tres elementos de este trinomio, y en particular, para el desarrollo social. La versión educativa de este movimiento CTS propugna una educación científica centrada en la enseñanza explícita de las interacciones CTS, cuyo concepto central es la alfabetización científica, entendida como competencia clave a lograr por un ciudadano actual, que vive en sociedades intensamente impregnadas por la ciencia y la tecnología (Vesterinen, Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2014).

En los últimos años el movimiento STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) tiene el objetivo de enseñar integradas esas disciplinas científicas para lograr una mayor calidad educativa, desarrollar en los estudiantes las habilidades del siglo XXI y atraer a los campos STEM más estudiantes, especialmente mujeres y minorías. La alfabetización interdisciplinar STEM combina los conceptos académicos rigurosos de las cuatro áreas con la escuela, la comunidad, el trabajo y la empresa, de modo

que los aprendizajes se beneficien de la integración global. El meta-análisis de Becker y Park (2011) mostró que la integración STEM tiene efectos positivos en el aprendizaje de los estudiantes, que son mayores en escuelas primarias que en universidades, y cuando se integran los cuatro campos, aunque concluyen que se necesita más investigación empírica sobre estos efectos.

En los primeros años del siglo XXI, el movimiento STEAM amplía STEM, añadiendo la "A", para incorporar a STEM habilidades relacionadas con artes y humanidades (música, diseño, literatura y bellas artes) con el mismo objetivo. STEAM va más allá de una mera adición de artes en STEM, pues promueve una visión de la educación más creativa e innovadora, orientada a problemas o proyectos del mundo real que desarrollan la curiosidad (hacer preguntas), la comunicación (crear respuestas, diseñar soluciones) y el uso del pensamiento de diseño, creatividad, comunicación y habilidades artísticas en todas las disciplinas. Las actividades STEAM no solo buscan hacer más interesantes los aprendizajes STEM, sino que también aportan mejoras relacionadas con las necesidades auténticas del mundo real, tales como el compromiso, la relevancia, la innovación y el aprendizaje (Galliot, Greens, Seddon, Wilson y Woodham, 2011).

La integración STEM y STEAM no se reduce a una mera yuxtaposición multidisciplinar de asignaturas, añadiendo a STEM un área nueva, artes y humanidades. STEAM crea una nueva y única realidad, una disciplina emergente trans-disciplinar que supera la suma de individualidades integradas, donde la "A" aporta creatividad e innovación (Guyotte, Sochacka, Costantino, Walther y Kellam, 2014).

Los editores del libro "STEAM Education" reconocen que mientras el movimiento STEM ha desarrollado literatura y un cuerpo de conocimientos educativos, que incluyen elaboraciones teóricas, actividades y buenas prácticas para STEM, en el caso STEAM, esta información es hoy escasa y dispersa (Khine y Areepattamannil, 2019).

Pues bien, esta aportación va dirigida a justificar la incorporación del arte y las humanidades en STEM, no solo reiterando la importancia de la creatividad y la innovación, sino además aportando razones adicionales porque existen otras razones y argumentos compartidos entre el arte y las áreas científicas STEM para justificar la propuesta STEAM. La pregunta de investigación es:

¿Qué aspectos comunes pueden compartir STEM y las artes que permitan dar más solidez a la integración interdisciplinar de artes y ciencias en STEAM?

Este trabajo busca explorar las respuestas a la pregunta anterior para mostrar que los pocos puntos comunes aducidos usualmente (preguntas, creatividad, diseño y comunicación) se pueden ampliar con nuevos aspectos. Este artículo justifica la innovación interdisciplinar de incluir el arte en la educación STEM y las coincidencias comunes concretas entre arte y STEM. Además, algunas obras de arte ejemplares se toman para explicar los aspectos coincidentes y resaltar el poder del arte para impactar plásticamente en los aprendizajes STEM.

El análisis se basa en las cualidades de la ciencia como una forma de conocimiento, conceptualizadas en el giro naturalista. Se toma como punto de partida una reelaboración del modelo de 3 mundos de Popper a través de una taxonomía graduada en líneas y temas sobre las características de la ciencia. Las características de la ciencia se clasifican en dos grandes líneas: epistémica-cognitiva y social-institucional. La línea epistémica y cognitiva abarca temas de definiciones y relaciones de ciencia y tecnología y los rasgos epistémicos del conocimiento. La línea socio-institucional comprende la sociología de la ciencia (externa e interna); la externa involucra las influencias ciencia-tecnología-sociedad y las influencias de la ciencia escolar en la sociedad; la interna incluye las características de los científicos y la construcción social del conocimiento (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018).

Globalmente, el arte aporta dos componentes fundamentales a STEAM, a saber, la dimensión histórica (estudiar arte es estudiar en contexto histórico) y la dimensión artística (el impacto cultural y comunicativo sobre el público) de las obras de arte (escritas, dibujadas, pintadas, esculpidas, diseñadas, musicadas, etc.). La dimensión histórica en el arte es incuestionable: historia y obras de arte van íntimamente ligadas, pues tienen una gran cantidad de contenidos educativos históricos y muchas asignaturas se denominan historia del arte. Obviamente, la dimensión histórica es un lugar de interés y coincidencia común inicial global de ambas partes, arte y ciencia; además, las obras de arte pueden contribuir específicamente a fijar aprendizajes de la ciencia gracias al impacto de las imágenes, los textos o los diseños. En

particular, puesto que la mayoría de los estudios que se citan se refieren a la ciencia, y la terminología STEM es muy reciente, se utilizará con carácter general la palabra ciencia, ya que muchas características que se exponen son ampliamente compartidas por tecnologías, ingenierías y matemáticas, integradas recientemente en el concepto de práctica (NGSS Lead States, 2013).

Taxonomía para enseñar Historia de la Ciencia

Por razones evolutivas, la historia de la ciencia (HdC) ha tenido en la educación STEM una importancia menor que la historia tiene en el arte y las humanidades. A partir del giro naturalista, los estudios sociales de la ciencia inician una revalorización del papel de la HdC en la enseñanza de la ciencia. El movimiento CTS, como traductor e intérprete de las investigaciones de los estudios sociales de la ciencia para la educación científica, permitió abrir la enseñanza científica a la participación de otras disciplinas no científicas, y en particular, la inclusión de la HdC en la educación STEM.

En los últimos años múltiples estudios han aplicado gran variedad de métodos y enfoques para incluir la HdC en la educación científica. McComas (2011) ha sintetizado esos enfoques en una taxonomía con las siguientes categorías:

1. Interacciones con textos de obras originales (o extractos de las mismas)
 - a. Trabajos originales completos (puede incluir comentarios adicionales)
 - b. Trabajos originales resumidos (puede incluir comentarios adicionales)
2. Estudios de caso, historias y otras ilustraciones similares de la HdC (incluyendo materiales escritos originales)
 - a. Estudios de casos (con contenido original)
 - b. Historias de Ciencias
 - c. Ilustraciones, viñetas y ejemplos cortos
3. Biografías y autobiografías de científicos y sus descubrimientos
 - a. Autobiografía de un científico
 - b. Biografía de científico (escrita)

- c. Biografía de científico (presentación dramática)
- 4. Presentaciones de tamaño libro de algún aspecto de la HdC
 - a. Descripción de una historia general de la ciencia
 - b. Historia de una disciplina científica en particular
 - c. Historia de un científico o sub-disciplina particular (como genética, evolución o física cuántica)
 - d. Historia de un hallazgo o un acontecimiento concreto (tales como un eclipse, el problema de la longitud, la aparición del cometa Halley, etc.)
 - e. Descripción de experimentos clásicos
- 5. Juegos y actividades de rol relacionados con personajes históricos
- 6. Inserciones en los libros de texto relacionadas con la HdC
- 7. Replicaciones de experimentos y otros enfoques "prácticos" para implicarse con los aspectos históricos de la ciencia

La inclusión de la historia del arte como instrumento en la enseñanza de la ciencia y la HdC está relacionada directamente con la categoría 2c (ilustraciones de la HdC), ya que utiliza las representaciones artísticas de elementos científicos como fuente histórica para mejorar la enseñanza de la ciencia. Además, se supone que cada categoría de la taxonomía tendrá efectos diferentes a las otras categorías, pero se reconoce que la evidencia empírica sobre eficacia e impacto en el aprendizaje de las distintas categorías no es suficiente (Allchin, 2000).

Ciencia y arte comparten historicidad

La misión de la historia es comprender correctamente el pasado para mejorar el futuro. La HdC constituye sin duda un extenso campo de estudio para especialistas, historiadores, sociólogos y filósofos, como expresan los libros y revistas especializados sobre estas cuestiones. Sin embargo, la enseñanza de la HdC no ha trascendido al gran público, pues ha estado ausente de la alfabetización científica de los ciudadanos (currículos, clases, libros de texto, etc.), y cuando ha estado presente, se ha limitado, frecuentemente, a meras anécdotas históricas, que contribuyen a crear mitos, distorsiones y explicaciones simplistas populares, que resultan más

deformadoras, que formadoras, de una correcta imagen de la ciencia. Tal es el caso de la frecuente inclusión de notas históricas en los libros de texto STEM, limitadas al retrato de un personaje o una escena histórica alusiva. Estas iniciativas simplistas han sido cuestionadas por ofrecer una HdC de baja calidad, superficial y ser obstáculos para una comprensión adecuada de la naturaleza de la ciencia (Milne, 2011).

Ciencia y arte comparten también historicidad, en el sentido de que la interpretación correcta y precisa de sus obras necesita recurrir a su historicidad, es decir, construir conocimientos basados en análisis del contexto histórico donde surgieron, para evitar caer en anacronismos y comprender en todas sus dimensiones. Otra amenaza para entender correctamente el pasado se deriva de las muchas formas de anacronismos, que tratan de interpretar el pasado desde el presente, prescindiendo de contextualizar cada hecho histórico en el ambiente social y cultural de la época (Lindberg, 2007).

En el caso del arte, no parece necesaria mucha argumentación para justificar la importancia de la historiografía; tal vez baste un ejemplo: la iconografía de la pintura renacentista, centrada en comunicar una visión religiosa, resulta incomprensible para la mayoría del público actual, que carece de la cultura religiosa requerida para entender adecuadamente los personajes y escenas que inundan el arte. Algo parecido, pero más sutil, sucede con la ciencia: un ciudadano actual, con buena alfabetización científica, sería incapaz de comprender, sin ayuda de un historiador, alguna página de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de Newton. Quizá uno de los ejemplos más frecuentes de manipulación anacrónica (porque se incluye en la mayoría de libros de texto) es el tránsito del geocentrismo al heliocentrismo (la revolución copernicana) que suele presentarse, superficialmente, como una cuestión auto-evidente (históricamente no lo es). El historiador debe evitar estos malentendidos distorsionadores de los hechos históricos y que conducen a una errónea comprensión del pasado, dificultando aún más los aprendizajes STEM (Kuhn, 1962).

El diálogo entre artes y ciencias y sus comunidades respectivas de practicantes ha evolucionado a lo largo de la historia y continúa evolucionando. La ciencia contribuye al arte de diversas maneras aportando materiales, análisis de las obras de arte a la luz de conceptos científicos (p. e. exploración

de estructuras geométricas en la composición o análisis del color desde la teoría sobre la interacción luz- materia, donde el químico francés Chevreul influyó en los pintores neo-impressionistas y abstractos), conservación de obras de arte, etc. Con mayor impacto, el dibujo y la imagen resultaron fundamentales en el desarrollo del conocimiento científico; como ejemplos, los grabados de Stephan von Calcar en el tratado “De humanis corporis fabrica” (publicado el mismo año que el tratado de Copérnico, 1543) del médico Andrea Vesalio, para explicar la anatomía humana, los dibujos de Galileo sobre la Luna observados por su telescopio o las células neuronales dibujadas desde su microscopio por Cajal (de Felipe, 2005).

En sentido inverso, también hay contribuciones desde el arte para la ciencia y para la difusión y comunicación de las ideas científicas mediante obras de arte, que se aborda después. Por ejemplo, la intensa aplicación de los métodos espectroscópicos al estudio de las obras de arte permitió, a su vez, una mejora de las técnicas de espectroscopía; la representación plástica de elementos de las ciencias naturales (ideas, conceptos, textos, vegetales y animales, instrumentos, etc.) contribuyen a su conocimiento y popularización. En esta línea, Colletti (2004) usa obras de arte para hacer más comprensibles a los estudiantes las áridas cuestiones epistemológicas sobre la ciencia, tales como planteamiento de preguntas, refutación de teorías, universalismo, abstracción, reduccionismo e instrumentalismo (figura 1).

Figura 1: Pieter Brueghel el Viejo, *La torre de Babel*, 1563, óleo sobre tabla, Kunsthistorisches Museum, Viena (Austria). La obra es un complejo contraejemplo sobre el universalismo de la ciencia.



El arte testimonia los conocimientos STEM

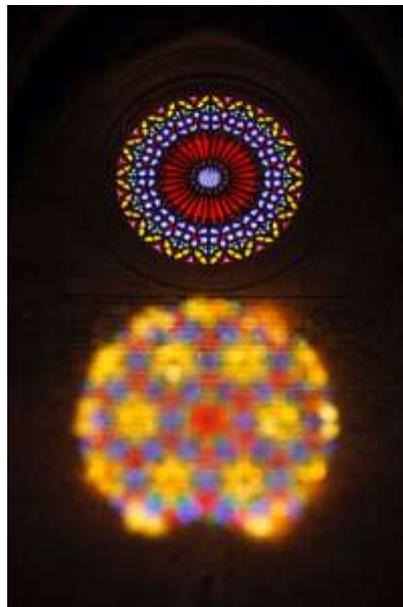
El principal punto de coincidencia entre la HdC y la historia del arte resulta obvio, pero importante: las obras de arte constituyen una prueba o evidencia del conocimiento científico y tecnológico existente en cada época, de modo que las obras de arte testimonian el desarrollo científico y tecnológico alcanzado.

La validez de esta idea para la educación es muy importante, y especialmente en épocas muy anteriores al nacimiento de la ciencia moderna, cuando la referencia a los conocimientos, documentos o autores son más escasas y precarias que en épocas recientes, caracterizadas ya por la abundancia de revistas de comunicación científica. La obviedad de la idea anterior permite concluir que, en general, las evidencias aportadas por el arte sobre la HdC y la tecnología constituyen andamios de la educación STEM.

Las pirámides construidas durante el Antiguo Imperio egipcio, hace miles de años, son un monumental testimonio de las técnicas de construcción dominadas por los constructores, y también, de otros complejos conocimientos, como geometría, materiales, etc. Otro ejemplo del testimonio artístico sobre conocimientos científicos serían algunas catedrales góticas, un caso que, además, contribuye a falsar la supuesta obscuridad científica y cultural que muchos atribuyen a la época medieval. Las catedrales prueban la existencia de grandes conocimientos de construcción e ingeniería en el medioevo, sin los cuales habría sido imposible construir las esbeltas torres de las catedrales, cuya altura no fue superada hasta el siglo XIX. Los conocimientos de los constructores de catedrales eran también muy amplios, y seguramente

abarcaban todos los conocimientos de la época. Por ejemplo, la Catedral de Palma de Mallorca (España) está construida con su nave central orientada de este a oeste, de modo que en dos días del año (el 2 del mes 2 y el 11 del mes 11), la luz del sol naciente ilumina el rosetón de Levante, cuya imagen luminosa se proyecta sobre la pared opuesta de la fachada principal de poniente, y en un instante concreto la círculo luminoso se alinea fugazmente debajo del rosetón principal, formando los dos círculos una artística composición multicolor que recuerda el número 8. Esta bella situación demuestra que los constructores dominaban sofisticados conocimientos astronómicos, geométricos y arquitectónicos (figura 2).

Figura 2: Silueta del número ocho en el interior de la catedral gótica de Palma de Mallorca (España).



El trabajo del historiador de la ciencia se centra principalmente en los productos y en las personas de la ciencia (científicos y tecnólogos), pero también en el contexto social que los rodea, donde son importantes las redes de maestros y discípulos, colegas y colaboradores, mecenas y promotores, los

trabajos por encargo, la interacción con otras disciplinas, etc. Algunos historiadores enfatizan la semejanza de los trabajos por encargo en la HdC, como algunos proyectos de la segunda guerra mundial (radar, sonar o Manhattan), con los encargos de obras de arte a los talleres de los maestros o la construcción social de las pirámides o las catedrales.

Otro aspecto las artes destacan para la HdC es la importancia de las relaciones entre diferentes disciplinas en el progreso del conocimiento (y que los historiadores a veces no enfatizan suficientemente), tales como el reconocimiento de la importancia de los avances matemáticos para el progreso de la física (y viceversa), el impacto del trabajo de químicos insignes en la recuperación y desarrollo de la teoría atómica, la importancia de la experiencia de los técnicos artesanos en el desarrollo de las leyes de la termodinámica, o la gran relación entre la geometría proyectiva y las artes visuales. Todos ellos son ejemplos que apoyan esta visión de semejanzas globales entre arte y ciencia.

Una función avanzada de la HdC es mejorar la comprensión del conocimiento científico aceptado en el presente y extraer enseñanzas acerca de los métodos científicos que lo hicieron posible, y acerca de la formación en la metodología científica como una parte importante de la formación de los científicos. Otras funciones complementarias de la HdC serían mejorar la conciencia crítica de los científicos, y recuperar y ampliar los horizontes conceptuales sobre conocimientos y métodos científicos (Colletti, 2004).

La comparación epistémica arte-ciencia

Las diferencias entre arte y ciencia son bien conocidas y admitidas, y, tal vez de menor interés, pero la lista de semejanzas es también amplia. Arte y ciencia se plantean grandes preguntas sobre el mundo, y el análisis epistémico de los procesos de búsqueda de respuestas válidas en ambos revela más semejanzas comunes.

Sin embargo, arte y ciencia parecen dos culturas opuestas, y este estereotipo se ha popularizado mucho tiempo (Snow, 1987). En un polo, la ciencia es la coordinación entre datos y explicaciones (Kuhn, 1993), que debería basarse en la argumentación lógica sobre los datos (excluyendo los sentimientos personales); en el otro, el arte es el reino del genio individual y las emociones, que desarrollan la innovación creadora. La creatividad y la

imaginación han sido siempre características tradicionales y fundamentales del arte, pero predicar estas cualidades de la actividad científica resultaba imposible, porque la visión positivista de la ciencia solo admitía los factores epistémicos (racionalidad lógica y la objetividad de los datos), incompatible con la presencia de creatividad e imaginación en la ciencia. La visión positivista de la ciencia contrasta duramente con la subjetividad y emocionalidad del arte, convirtiendo ciencia y arte en estereotipos opuestos e irreconciliables, que, aparentemente, excluye la posibilidad de coincidencias epistémicas entre ciencia y arte.

Sin embargo, el giro naturalista en el estudio de la práctica científica ha reconceptualizado la naturaleza de la ciencia más fielmente, abriéndola a nuevos factores epistémicos, sociales, psicológicos y tecnológicos, que superan el estereotipo positivista y reduccionista. Esta nueva visión considera la ciencia una empresa humana, realizada por personas profesionalizadas (científicas), sujetas a la influencia de múltiples factores, entre otros, creatividad e imaginación. La búsqueda de respuestas y soluciones en forma de interpretaciones, teorías e ideas sobre las cuestiones planteadas requieren en las mentes de artistas y científicos grandes dosis de creatividad e imaginación, factores decisivos y valiosos también para el progreso de la empresa científica. Ambos constituyen dos aspectos de evidente convergencia con el arte, que suscita el consenso de los autores.

La HdC aporta hoy infinidad de casos donde la presencia de la creatividad y la imaginación es patente, y, además, los estudios sociales de la ciencia indican que las ideas más creativas e imaginativas han determinado el éxito de las más importantes teorías científicas. Baste recordar como ejemplos incuestionables de creatividad los innumerables casos de serendipia en la ciencia (descubrimientos por accidente), cuya consolidación como conocimientos no hubiera sido posible sin la imaginativa y creativa interpretación de sus descubridores. La lista podría comprender desde el mítico ¡Eureka! de Arquímedes, cuando resolvió el problema planteado por el rey basado en las leyes de la flotación, hasta los descubrimientos en la edad moderna de los rayos X, la penicilina o la radiactividad natural, entre otros (figura 3).

Figura 3: Domenico Fetti, *Arquímedes pensativo*, 1620, óleo sobre lienzo, Gemäldegalerie Alte Meister, Dresde (Alemania).



La imaginación y creatividad de los científicos también están centralmente presentes en la resolución de las grandes controversias científicas entre teorías competitivas. La justificación del heliocentrismo se basa en la contra-intuitiva imaginación copernicana de visionar el sol en el centro y la tierra girando a su alrededor (1543); la refutación de la teoría de la generación espontánea de la vida imaginó experimentos que demostraran su imposibilidad (1668-1861); la estructura correcta de las moléculas de ADN se creó entre muchísimas otras posibles y compatibles con los datos disponibles en el momento (1953). Estos y otros muchos casos cruciales demuestran el rol de la imaginación en la práctica científica, pero los procedimientos ordinarios de la práctica están incuestionablemente impregnados de actos actividades continuados de creatividad, tales como la creación de hipótesis, la interpretación de resultados el diseño de experimentos para verificar hipótesis (por ejemplo, el experimento de Michelson y Morley refutador del éter, 1887).

Otra semejanza entre arte y ciencia, tal vez simple, es que las teorías y los avances de la ciencia a lo largo de los siglos han suministrado temas para los artistas, que los han representado en sus obras de arte. Esto comprende desde los retratos de científicos famosos hasta las representaciones de los instrumentos técnicos y científicos, libros y documentos en pinturas y esculturas, como es el caso de la pintura de gabinetes, de moda en el siglo

XVII, donde se representan espacios que acumulan la vanguardia cultural de la época, obras de arte, libros e instrumentos científicos y técnicos (figura 4).

Figura 4: Adriaen van Stalpent, *Las Ciencias y las Artes*, óleo sobre tabla, hacia 1650, Museo Nacional del Prado. El coleccionismo del saber (artes y ciencias) mostrado en una pintura de gabinete (sobre la mesa de la izquierda hay un instrumento que hacía furor en la época, el Perpetuum Mobile de Cornelius Drebel; en la mesa derecha, escuadras, brújulas, compases).



Algo análogo sucede con la tecnología, pues los artistas han representado con frecuencia diversos artefactos tecnológicos de la época (molinos, puentes, trenes, barcos, etc.) en sus obras, mediaciones pedagógicas de la cultura (figura 5).

Figura 5: Jacob Isaakszoon Van Ruisdael, *Dos molinos de agua y una compuerta abierta*, 1653, óleo sobre lienzo, colección privada. Testimonio de la tecnología de los molinos de agua de la época.



Arte y ciencia comparten también el enfoque experimental de sus actividades. En el caso de la ciencia, este aspecto no necesita mayor justificación pues el método experimental es el marchamo de la ciencia moderna; en el caso del arte, la experimentación se refleja en la elaboración, producción y práctica con los materiales que requiere el arte (colores, vidrios, cerámicos, lentes, espejos, piedras, etc.). Por ejemplo, para construir su telescopio, Galileo utilizó la pericia de los artistas vidrieros venecianos y florentinos, para construir las lentes necesarias para su telescopio (figura 6).

Figura 6: Ocular de un telescopio atribuido a Galileo, 1620, Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florencia.



La observación es otro rasgo importante y común a la ciencia y al arte, muy especialmente en el caso de la percepción visual. Campbell (2004) sugiere

que, esencialmente, tanto el arte como la ciencia son formas diferentes de mirar el mundo, de modo que, detrás de sus observaciones, siempre subyacen teorías sobre el mundo. En realidad, más allá de la observación, arte y ciencia surgen siempre de preguntas y comprobaciones sobre el mundo, que se hacen los científicos y los artistas, y cuyas respuestas y desarrollos permiten identificar nuevas interpretaciones y entidades.

La estética es un valor prioritario de la obra de arte, y aunque parezca una cuestión ajena a la ciencia, muchos han expresado sentimientos de elegancia y belleza ante las creaciones científicas y el diseño es hoy un tema esencial en tecnología (Farmelo, 2004). Cajal, el premio Nobel de fisiología (1906), expresó repetidamente sus sentimientos de belleza ante las preparaciones histológicas (de Felipe, 2005). Herklots (2004) discute el valor estético de fotografías de investigación en física, o los diagramas de Feynman que representan las interacciones entre partículas elementales. Por su parte Mehta, Keenan, Henriksen y Mishra (2019) proponen una retórica de la estética para integrarla como factor educativo en STEAM. La estética y el diseño son también cuestiones donde ciencia y arte pueden dialogar, aunque, obviamente los cánones de belleza difieren entre ambos (figura 7).

Figura 7: Simulación por ordenador de la producción de partículas en una colisión protón-protón.



(Fuente: CMS-CERN).

Las relaciones sociales en el arte y la ciencia

Otro rasgo común y compartido por la ciencia y el arte es su manifiesta relación con la sociedad, referida especialmente al impacto sobre múltiples aspectos de la sociedad en una interacción mutua de doble sentido: la influencia de estas disciplinas sobre la sociedad, y en sentido inverso, la influencia de la sociedad sobre estas disciplinas.

La ciencia y el arte influyen específicamente sobre la sociedad, porque son empresas humanas cuyos objetivos implican comunicar y trasladar sus resultados a la sociedad, y así, contribuyen a cambiar el mundo. La comunicación produce siempre un impacto social que afecta a aspectos tales como la resolución (o agravamiento) de los problemas sociales (hambre, pobreza, tecnologías), la responsabilidad social por el impacto (política, democracia, dictaduras, guerras), la influencia sobre las decisiones individuales y sociales (energía, transportes, comunicaciones, ambiente), la producción de bienestar o malestar (energía, salud pública, convivencia, recursos), el cambio de la cultura, la mentalidad social y la vida diaria de los individuos (ocio, alimentación, vivienda, cultura, electrodomésticos, educación, etc.).

La sociedad influye sobre la ciencia y el arte produciendo y gestionando continuamente demandas específicas sobre ciencia y arte, desde las instituciones sociales, encabezadas por el gobierno y la política (financian y determinan la ciencia y el arte), las instituciones culturales (promocionan y demandan ciencia y arte), las instituciones educativas (proveen la formación y educación de artistas y científicos), los grupos sociales de interés especial (ecologistas, voluntariado, divulgadores), las instituciones laborales (empresas, industrias, ejército, etc.) y demandas de la vida diaria.

Desde esta perspectiva social, una analogía entre la ciencia y el arte no suficientemente resaltada se refiere a la dimensión de construcción social del conocimiento, tanto en la ciencia como en el arte. La ciencia y el arte son empresas humanas realizadas socialmente, es decir, los conocimientos se construyen con la colaboración de muchas personas, aunque también las individualidades se preservan y reconocen.

La presencia de individualidades influyentes, tanto en la ciencia como en el arte, es obvia. La atribución de las obras a sus autores o descubridores (eponimia), que deja sus nombres asociados a su obra para siempre, y los sistemas de premios y recompensas, son practicados tanto en ciencia como en

arte. Así, los museos presentan las obras de arte siempre con el nombre del autor y el título de la obra y los libros de ciencia etiquetan muchos de sus conocimientos con un epígrafe que contiene el nombre de su descubridor (leyes de Newton, hipótesis de Avogadro, leyes de Mendel, escala de Richter, etc.).

Algunos estudios van más allá, sosteniendo que la semejanza arte-ciencia se refleja también en la semejanza entre las individualidades de grandes científicos y artistas. Desde el renacimiento, realeza y nobleza, y, por supuesto, burguesía, coleccionaban la cultura material (libros, obras de arte y aparatos científicos y técnicos), abarcando artes y ciencias, que almacenaban en espacios palaciegos y que los pintores del siglo XVII recrearon con asiduidad en la denominada pintura de gabinetes (figura 4). En esta cultura integradora, surgieron personas cuyas capacidades intelectivas cultivaron ciencia y arte, y forjaron el arquetipo del artista-científico, caracterizado por destrezas de pensamiento, innovación, construcción, invención y visión universales que les permitieron desarrollar creaciones en múltiples campos del arte y la ciencia. Aunque el creativo dualismo de Leonardo da Vinci encarna tal vez el ejemplo más universal del artista-científico, el cultivo del ingenio en la corte española de los Austrias (ss. XVI-XVII) produjo diversas figuras de artistas-científicos (Vázquez-Manassero, 2018).

La historia reciente también ofrece otros ejemplos, como la obsesión de Dalí por la ciencia y los científicos, con quienes siempre mantuvo contacto hasta su muerte (López, 2006) y que inspiraron algunas de sus obras (figura 8). La influencia de las ideas de Einstein sobre la pintura de Picasso fue estudiada por Miller (2001), quien compara las contribuciones de ambos para concluir que la imaginación y creatividad de ambos talentos son más iguales que diferentes, añadiendo más argumentos a las semejanzas arte-ciencia.

Figura 8: Salvador Dalí, *La persistencia de la memoria*, también conocido como Los relojes blandos, óleo sobre lienzo, MoMA, Nueva York; algunas interpretaciones creen que representa la relatividad del tiempo, inspirado por la teoría de la relatividad de Einstein.



Además de la individualidad, inherente al trabajo científico y artístico, la sociología destaca hoy también la capacidad de ambas disciplinas para crear organizaciones sociales, que agrupan practicantes en instituciones (academias, colegios, escuelas, talleres, equipos, etc.). Esta organización social desarrolla diversas funciones esenciales para consolidar y reconocer la profesionalidad, como eje importante de la dimensión social de las prácticas, instituye las normas y valores que gobiernan las prácticas, otorga reconocimiento colectivo y personal a sus miembros y vehicula la comunicación profesional entre los practicantes, a través de reuniones de grupos, comunicaciones personales y las publicaciones oficiales de la institución. Estas funciones sociales, comunes a ciencia y arte, se traducen en el reconocimiento de la competencia profesional, la cohesión y el fortalecimiento social del grupo o institución, la regulación y el arbitraje de los valores y normas aplicables a las prácticas, la validación del conocimiento a través de la crítica profesional, la asignación de recompensas, reconocimientos y méritos, etc. (Lomas, 2006).

La tecnología es otro punto de convergencia entre ciencia y arte, que tal vez no ha sido suficientemente explorado y resaltado. Una primera cuestión a tener en cuenta es que la tecnología, en un sentido amplio, existe desde la más remota antigüedad, desde la invención de herramientas de piedra, el fuego o la rueda, y es anterior a lo que hoy conocemos específicamente como ciencia, cuyos orígenes se datan en el siglo XVI. Sin embargo, en los últimos siglos, las aplicaciones tecnológicas basadas en conocimientos científicos se han multiplicado tan exponencialmente que, en el mundo actual, tan profundamente empapado en ciencia y tecnología, los límites entre ambas son cada vez más borrosos. Pues bien, desde la más remota antigüedad el arte ha usado la

tecnología en su provecho (p.e. compases, escuadras, colorantes, cerámicas) y la tecnología ha progresado gracias al arte (p.e. construcción de pirámides y catedrales). Desde el Renacimiento, sobre todo, el arte se ha basado en la geometría euclidiana y su praxis se ha apoyado en unos instrumentos de medición similares a los utilizados por los científicos de la época (Vázquez-Manassero, 2018)

Análogamente, se puede sostener que la ciencia, desde su nacimiento, ha utilizado la tecnología (microscopio, telescopio) en su provecho y que la tecnología (transportes, electricidad, tecnologías de la información y comunicación, etc.) progresa gracias a la ciencia. En todos los casos, el arte da fe de los conocimientos y logros alcanzados: una catedral edificada, un telescopio construido, la Tierra girando alrededor del Sol, etc. (figura 9).

Figura 9: Andrea Sacchi, *La Divina Sabiduría*, 1629-1631, fresco, 13 x 14 m. Roma, Galleria Nazionale di Arte Antica, Palazzo Barberini. El Sol ocupa ya el centro y la Tierra el exterior.



El trabajo colectivo de científicos y artistas, compatible con la existencia de grandes genios individuales, es otro rasgo adicional y compartido entre ciencia y arte, y, además, la evolución histórica de este rasgo en el arte y la ciencia es bastante paralela. En los primeros tiempos de ambas destacaron más las individualidades, mientras últimamente, las grandes figuras del arte y la ciencia están rodeadas siempre de grandes equipos humanos colaborativos (los talleres artísticos y los equipos de investigación). Por ejemplo, algunos pintores del Siglo de Oro español sostenían grandes talleres, con muchas personas trabajando en las obras que elaboraban. Análogamente, y salvando las distancias, los equipos científicos investigan y publican sus descubrimientos en revistas especializadas, sancionadas por el grupo de investigadores que realizaron contribuciones significativas, donde figura también el investigador principal, pero el análisis de la obra publicada no permite distinguir las contribuciones individuales de cada uno de los investigadores. Los míticos talleres de los inventores Edison o Tesla son ejemplos de cooperación para la innovación y la invención (figura 10).

Figura 10: Edificio del laboratorio de Nikola Tesla en Colorado Springs (USA) hacia 1900.



Algunas diferencias entre arte y ciencia

Ya se mencionó que una idea ingenua extendida al comparar arte y ciencia es que la ciencia es una disciplina esencialmente objetiva e impersonal, mientras el arte es principalmente subjetivo y emocional. Dicho de otra manera, el conocimiento científico surge directamente del razonamiento lógico con los datos y evidencias de la observación (los factores epistémicos de la visión positivista de la ciencia), mientras las obras de arte se consideran, principalmente, una expresión personalizada de la emoción y sensibilidad humanas. La visión del mundo en la Edad Moderna que se deriva del conocimiento científico, aliado con la tecnología, es una visión racionalista, mecánica, matematizada y reduccionista, que se concentra en la razón y las evidencias; estos valores fueron asumidos por la Ilustración, tratando de inspirar a otras disciplinas e incluso el orden social.

Esta oposición entre ciencia y humanidades se ha mantenido hasta nuestros días, hasta el punto de oscurecer lo mucho que arte y ciencia tienen en común, desde su raíz compartida de ser ambas empresas humanas. Hoy es manifiesta la separación entre humanidades y ciencias (Snow, 1987), que hace difícil relacionar arte y ciencia, a pesar de que la conceptualización actual de la cultura es tan amplia y compleja, que virtualmente, podría incluir cualquier actividad humana. Arte es cualquier actividad creadora o producto plástico, lingüístico, sonoro, corporal o mixto (obras de arte) que comunica ideas, emociones y valores con una finalidad estética y/o expresiva; el arte se considera un componente estético de la cultura humana, porque transmite

visiones del mundo y cumple funciones ornamentales, sociales, pedagógicas o mercantiles. Parodiando esta definición, para subrayar los muchos aspectos comunes, a pesar de las diferencias, se podría también afirmar que la ciencia es una actividad creadora reglada, que produce conocimientos que expresan ideas, razones, emociones y valores explicativos del mundo natural, con una finalidad de validez; la ciencia es un componente explicativo de la cultura humana, que transmite visiones del mundo y cumple funciones filosóficas, sociales, psicológicas, pedagógicas o económicas. No obstante, las diferencias son también patentes: la ciencia es reglada y explicativa y aunque el arte también tiene reglas y explica, el nivel de exigencia normativa (p.e. control por pares) y epistemológica (metodologías científicas) es diferente entre ambas.

Aparte de mayor historicidad, las obras de arte aún poseen una cierta ventaja diferencial sobre las obras de la ciencia: las imágenes, formas y colores de aquellas causan un impacto visual o afectivo directo en el espectador, aún en ausencia de su comprensión, mientras que las obras de la ciencia difícilmente podrían llegar siquiera a impactar emocionalmente a las personas carentes de cultura científica, e incluso, que sin cierta cultura científica no se experimenta comprensión y atracción por la ciencia. Esta capacidad diferencial de impacto y atracción del arte es la base que permite justificar el uso de las obras de arte, como instrumentos pedagógicos al servicio de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia y también, de la HdC, que se argumenta en este artículo. Las obras de arte aportan valor añadido propio para producir en el espectador una atracción e interés naturales respecto a las obras de la ciencia, a partir de la percepción visual del arte que representa ciencia (figura 9).

Finalmente, la historia del arte y la HdC son dos disciplinas que a lo largo de la historia han sufrido cambios. La historia del arte ofrece una sucesión continua de diferentes estilos y escuelas, que se manifiestan en las obras de las distintas épocas. La HdC también ofrece un perfil de evolución de los conocimientos científicos marcado por el cambio o sustitución de las teorías científicas que han estado vigentes a lo largo de la historia. A pesar de esta coincidencia global (arte y ciencia cambian sus ideas y visiones sobre el mundo), debe anotarse una diferencia interesante para la educación y enseñanza. Así, mientras los libros de texto para la educación en arte hacen explícita y notoria la historia de evolución y cambio de las diferentes visiones

artísticas, los libros para la enseñanza científica no exhiben tan explícitamente esta idea de que el conocimiento científico también ha evolucionado y cambiado a lo largo de la historia. En parte, esto ocurre porque la HdC suele estar ausente de los currículos y libros de texto, de modo que este vacío de historicidad, implícitamente, traslada a los educandos una visión estática y dogmática de la ciencia, que no parece cambiar, y que resulta radicalmente desinformada y falsa. En parte, también ocurre porque la educación científica también falla en enfatizar las relaciones entre ciencia y tecnología y el papel de los nuevos instrumentos y técnicas científicas en la innovación de la investigación científica, que han generado saltos creativos importantes en el conocimiento o revoluciones científicas (Kuhn, 1962).

Las relaciones arte-ciencia en las dimensiones didácticas

Puesto que las versiones educativas de la ciencia (educación científica) y el arte (educación artística) añaden un nuevo denominador común que es la educación, parece lógico esperar que ambas se parezcan más que sus matrices disciplinarias originales (ciencia y arte), ya que ambas son, ante todo, educación, y esta es la tesis que se desarrolla aquí.

Educación científica y educación artística comparten objetivos educativos y competencias correspondientes a los aprendizajes esperados en las etapas y niveles educativos donde se insertan ambas asignaturas, que, por sí mismos, ya constituyen un gran espacio común. Ambas asignaturas escolares contribuyen a desarrollar, desde perspectivas propias, la observación, el pensamiento y la resolución de problemas. Ambas disciplinas también coinciden en que la innovación y búsqueda de nuevos conocimientos están orientadas también por experiencias artísticas y científicas anteriores. Sin embargo, cabe anotar que la experimentación educativa tiene un papel un poco diferente en el marco de la ciencia (experimentación fundada en modelos científicos) que en el marco del arte (experimentación para crear nuevas formas y evitar el estancamiento).

La distinción entre la disciplina escolar y su disciplina de conocimiento es básica y debe tenerse en cuenta. Las disciplinas escolares son diseñadas para enseñar con eficacia a los estudiantes conocimientos (p. e. óptica o impresionismo) de la disciplina de conocimiento matriz (ciencia o arte) de modo

que ambas disciplinas (conocimiento matriz y escolar) constituyen entes epistemológicamente diferentes. La disciplina de conocimiento provee los contenidos básicos que conforman la disciplina escolar, pero sus currículos y enseñanzas son determinados por principios tomados de otras disciplinas educativas intervinientes (psicología, pedagogía, etc.), en un proceso que Chevallard (1985) denomina transposición didáctica, y cuya aplicación transforma tan profundamente la disciplina de conocimiento, que la disciplina escolar resultante es epistémicamente diferente a la matriz (Izquierdo-Aymerich y Aduriz-Bravo, 2003).

Por otro lado, las disciplinas escolares tienen un alto grado de autonomía propia para tomar decisiones didácticas innovadoras, tales como las integraciones de asignaturas o la inclusión en ellas de contenidos interdisciplinares. Por ejemplo, la definición universal de práctica en el diseño educativo científico de NGSS (2013) supone una visión STEM, que integra ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

En consecuencia, muchas de las consideraciones anteriores acerca de las relaciones entre ciencia y arte pueden seguir siendo válidas para las disciplinas escolares, y además, la mayor independencia de las materias escolares respecto a sus disciplinas de conocimiento matrices permiten a las disciplinas escolares un campo propicio para su mayor autonomía educativa para la interdisciplinariedad. No obstante, las integraciones educativas STEAM deben tener en cuenta los principios educativos intervinientes, como justificarse y contextualizarse en cada disciplina escolar en función de sus resultados.

Por otro lado, la existencia de semejanzas universales entre arte y ciencia, mostrada anteriormente, tiene consecuencias para la educación: planificar currículos escolares comunes para artes y ciencias es más sencillo a partir de sus semejanzas (Wenham, 1998).

Aunque algunos especialistas han enfatizado la relevancia del arte para la educación científica, relativamente pocos estudios empíricos de aula han investigado la relación entre el arte y la enseñanza de la ciencia. Algunos estudios pioneros aportaron algunas conclusiones básicas, tales como que las formas de investigación del arte y la ciencia se equilibran y mejoran mutuamente, y que las actividades artísticas mejoran las destrezas de observación de los estudiantes. En esta línea, Jakobson y Wickman (2016)

estudiaron actividades de dibujar peces que implicaban observaciones e intercambio de comunicaciones en estudiantes de primaria, concluyendo que la ciencia y el arte interaccionan en las actividades, de modo que los estudiantes realizan continuamente aprendizajes científicos sobre los peces en un marco de comunicación de juicios y decisiones estéticos (arte) y observaciones cognitivas (ciencia) que se mezclan y dan sentido a los aprendizajes globales realizados durante la actividad. Esos autores concluyen que las actividades de arte son satisfactorias, humanizan el aprendizaje de la ciencia, y, a largo plazo, inducen positivamente una futura participación de los estudiantes en estudios de ciencias y artes.

En el contexto de la educación, la integración se refiere ampliamente a las experiencias educativas con fusión de contenidos y/o pedagogías de varias disciplinas para ayudar a los estudiantes a integrar o considerar juntamente ideas procedentes de diferentes disciplinas. Las conexiones interdisciplinarias entre los dominios de ciencia y humanidades promueven positivamente el interés de los estudiantes hacia el aprendizaje y ha hecho que muchos educadores incluyan las artes en la educación STEM, creando el acrónimo STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) para describir esta innovación educativa que integra el arte en el marco de las distintas disciplinas científicas y podría contribuir a mostrar a los estudiantes STEM las relaciones con la sociedad y las implicaciones personales, sociales, económicas y políticas del desarrollo científico y tecnológico (Khine y Areepattamannil, 2019).

La integración STEAM puede tomar múltiples formas, que dependen del nivel educativo (elemental, secundario o superior) y pueden ir desde una inclusión superficial (multidisciplinar) a una integración media (interdisciplinar) o profunda de las disciplinas (transdisciplinar). La multidisciplinariedad enseña con más de una disciplina desde sus bases disciplinarias específicas para resolver un problema común, aplicando simultánea o secuencialmente ideas de las disciplinas al problema. Los enfoques interdisciplinarios trabajan un problema común conjunta y simultáneamente desde las diferentes disciplinas. Las estrategias transdisciplinarias requieren la conjunción de aportaciones específicas de cada disciplina para generar nuevos marcos conceptuales (hipótesis, teorías, modelos y aplicaciones metodológicas), que trascienden sus

orígenes disciplinares, con el objetivo de acelerar la innovación y los avances en el conocimiento (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018).

Ejemplos educativos relevantes donde ciencia y arte han desarrollado un amplio diálogo son el programa educativo "Ciencia, Arte y Tecnología" del Instituto de Arte de Chicago (<http://www.artic.edu>), el número especial "Física y Arte" en la revista de Physics Education (2004) y diversos estudios educativos sobre análisis de obras de arte (Braga, Guerra y Reis, 2013; Galili, 2013; Galili y Zinn, 2007).

Conclusiones

Este estudio ha explorado y justificado las relaciones entre arte y STEM en las dimensiones historia, epistemología, sociología y educación, con el horizonte de fundamentar mejor la integración de las artes en la educación STEM. Además de los factores usuales en la mayor parte de la literatura para justificar esa integración (cuestionamientos, creatividad, diseño y comunicación), este estudio propone factores comunes adicionales entre ciencia y arte y también comenta algunas diferencias.

Los aspectos convergentes entre la ciencia y el arte destacables en la dimensión epistémica comprenden los siguientes: plantear grandes preguntas sobre el mundo, comunicar conocimiento científico y tecnológico, compartir la tecnología, enfocar experimentalmente las actividades, observar (especialmente percepción visual), imaginación y creatividad y cambiar a lo largo del tiempo.

En la dimensión social institucional, ciencia y arte comparten los siguientes aspectos: importancia del trabajo comisionado, ciencia y tecnología proporcionan temas para los artistas, interacción e influencias mutuas con la sociedad, empresas humanas, el rol de los genios individuales, cooperación y trabajo en equipo, creación de instituciones, normas y valores profesionales y la construcción social.

La HdC y la historia del arte comparten los problemas ligados a la historicidad de ambas, aunque la HdC, no ha alcanzado el gran desarrollo de la historia del arte. Desde la perspectiva educativa y pedagógica, STEM y arte, como asignaturas de estudio y aprendizaje constituyen disciplinas diferentes a

--- --
sus matrices de conocimiento, y, además, comparten los elementos comunes del diseño educativo (objetivos, competencias, metodologías, evaluación, etc.), de modo que las disciplinas escolares del arte y STEM tienen más puntos en común aún que sus respectivas disciplinas matrices de conocimiento.

Estos resultados del análisis exploratorio y comparativo entre ciencia y arte permiten clarificar y profundizar. La relación entre artes y ciencias no de confusión o confrontación, sino más bien de encuentro, aunque ambas continúan manteniendo su autonomía y su coexistencia puede generar controversias o conflictos. Los resultados de este estudio, más que la separación o la confrontación, sugieren el encuentro y la complementariedad entre ambas disciplinas, y avalan con mayor intensidad la integración educativa del arte en STEM como STEAM (Arapaki y Koliopoulos, 2011).

La visión alternativa (artes y ciencias son diferentes porque se desarrollan autónoma y diferenciadamente, tienen objetivos y resultados diferentes, aunque desarrollen aspectos de la creatividad humana) no está avalada por tantas pruebas. Desde la perspectiva educativa esta visión resulta disfuncional, pues impediría proyectos colaborativos integrados, auspiciados por el desarrollo curricular.

La historia de la humanidad es una historia de creatividad, innovación y progreso, que resulta especialmente relevante en la ciencia y en el arte, de modo que parece justo acabar este artículo con una referencia al concepto de gran historia, una visión interdisciplinar y globalizada de la historia del universo, la vida y la humanidad, desde el inicio cosmológico en el big-bang hasta hoy (antropoceno), en línea con la integración educativa STEAM argumentada aquí. La gran historia es un instrumento original, provocador y funcional para la educación en general, porque provee una base teórica común para las dimensiones históricas de la educación, y en particular, para la enseñanza de la HdC (y tecnología, ingeniería y matemáticas) en el marco de la educación científica. Además, provee un argumento adicional para la integración arte-ciencia a través de la historia del arte y la HdC, pues estaría también en sintonía con el proyecto de gran historia (Christian, 2004).

En suma, estas reflexiones proponen una imagen de mayor proximidad entre arte y STEM, que no solo justifica la integración educativa interdisciplinar del arte dentro de STEAM, sino que, además, aporta una vía alternativa

funcional para superar el estereotipo tradicional de separación entre ciencias y humanidades.

Referencias

Allchin, D. (2000). How *Not* to Teach Historical Case Studies in Science. **Journal of College Science Teaching**, v. 30, p. 33-37.

Arapaki, X; Koliopoulos, D. (2011). Popularization and Teaching of the Relationship Between Visual Arts and Natural Sciences: Historical, Philosophical and Didactical Dimensions of the Problem. **Science & Education**, v. 20, p. 797–803.

Becker, K.; Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. **Journal of STEM Education: Innovations and Research**, v. 12, n. 5, p. 23–37.

Braga, M.; Guerra, A; Reis J. C. (2013). History of science, physics, and art: a complex approach in Brazilian syllabuses. **Cultural Studies of Science Education**, v. 8, p. 725–736.

Campbell, P. (2004). Seeing and seeing: visual perception in art and science. **Physics Education**, v. 39, p. 473-479.

Chevallard, Y. (1985). **La transposition didactique**: du savoir savant au savoir enseigné. Paris: La Pensée Sauvage.

Christian, D. (2004). **Maps of Time: An Introduction to Big History**. Berkeley: University of California Press,

Colletti, L. (2018). Teaching the nature of physics through art: a new art of teaching. **Physics Education**, v. 53, p. 1-5.

De Felipe, J. *Cajal y sus dibujos: ciencia y arte*. En: Martín Araguz, A. (Ed), **Arte y Neurología**, (2005). Madrid: Editorial Saned. p. 213-230.

Galili, I. (2013). On the Power of Fine Arts Pictorial Imagery in Science Education. **Science & Education**, v. 22, p. 1911–1938.

Galili, I; Zinn, B. (2007). Physics and Art – A Cultural Symbiosis in Physics Education. **Science & Education**, v. 16, p. 441–460.

Galliot, A.; Greens, R.; Seddon, P.; Wilson, M.; Woodham, J. (2011). Bridging STEM to STEAM: Trans-disciplinary research. **Centre for Research y Development, Research News**, v. 28, p. 20–23.

Guyotte, K. W.; Sochacka, N. W.; Costantino, T. E.; Walther, J.; Kellam, N. N. (2014). STEAM as social practice: Cultivating creativity in transdisciplinary spaces. **Art Education**, v. 67, n. 6, p. 12–19.

Herklots, L. (2004). Using visual arts in A-level Physics. **Physics Education**, v. 39, p. 480-483.

Izquierdo-Aymerich, M.; Aduriz-Bravo, A. (2003) Epistemological foundations of school science. **Science & Education**, v. 12, p. 27–43.

Jakobson, B; Wickman, P-O. (2008). Art in science class vs science in art class: a Study in Elementary School. **Éducation et didactique**, v. 2(3), p. 141-157.

Khine M; Areepattamannil S. (eds.) (2019). **STEAM Education**. Cham: Springer.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. **Science Education**, v. 77, p. 319-337.

Kuhn, T. S. (1962). **The structure of scientific revolutions**. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Lindberg, D. C. (2007). **The Beginnings of Western Science**. Chicago: University of Chicago Press.

Lomas, R. (2006). **El colegio invisible**. Madrid: Ediciones Martínez Roca.

López Ferrado, M. (2006). La obsesión de Salvador Dalí por la ciencia. **História, Ciências, Saúde**, v. 13, p. 125-131.

McComas, W.F. The History of Science and the Future of Science Education: A Typology of Approaches to History of Science in Science Instruction. En: V. Kokkotas, K. S. Malamitsa and A. A. Rizaki (Ed.), **Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom** (2011). Sense Publishers: Rotterdam. p. 37-54.

Mehta, R.; Keenan, S.; Henriksen, D.; Mishra, P. Developing a Rhetoric of Aesthetics: The (Often) Forgotten Link Between Art and STEM. En: M. Khine y S. Areepattamannil (ed.), **STEAM Education**, (2019). Cham: Springer. p. 117-141.

Miller, A. (2001). **Einstein, Picasso: Space, time and the beauty that causes havoc**. New York: Basic Books.

Milne, C. (2011). **The Invention of Science: Why History of Science Matters for the Classroom**. Rotterdam: Sense Publishers.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2018). **The Integration of the Humanities and Arts with Sciences, Engineering, and**

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Medicine in Higher Education: Branches from the Same Tree. Washington: The National Academies Press.

NGSS Lead States (2013). **Next Generation Science Standards: For States, By States.** Washington, DC: The National Academies Press.

Snow, C. P. (1987). **Las dos culturas y un segundo enfoque.** Madrid: Alianza Editorial.

Vázquez-Alonso, A; Manassero-Mas, M. A. A new alternative conceptualization of nature of science for science and technology literacy. En: O.E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran; P. Childs (Eds.), **Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference.** Part 6/Strand 6 (2018). Dublin: Dublin City University. p. 867- 878.

Vázquez-Manassero, M. A. (2018). **El «yngenio» en palacio: arte y ciencia en la corte de los Austrias** (ca. 1585-1640). Madrid: Fundación Juanelo Turriano-Ediciones del Umbral.

Vesterinen, V-M.; Manassero-Mas, M-A; Vázquez-Alonso. Á. History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. En: M. R. Matthews (ed.), **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching** (2014). Dordrecht: Springer. p. 1895-1925.

Wenham, M. (1998). Art and science in education: The Common ground. **International Journal of Art and Design Education**, v. 17, p. 61–70.

Williams, K. What can the Historian of Science Learn from the Historian of the Fine Arts? En: K. Williams (Ed.), **Crossroads: History of Science, History of Art: Essays by David Speiser**, vol. II, (2011). Basel: Springer Basel AG. p. 41-52.

CAPÍTULO 02 – A INCLUSÃO DE ELEMENTOS FILOSÓFICOS E HISTÓRICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ENTRE NOS (NATURE OF SCIENCE) E FOS (FEATURES OF SCIENCE)

Ivy Judensnaider e Fernando S. dos Santos

Indução ou dedução, certeza ou probabilidade, ordem ou desordem, razão ou fé, transitoriedade ou permanência, idealismo ou realismo, reprodução ou representação da realidade: todos esses elementos estimularam as reflexões de pensadores desde o nascimento da Filosofia, e continuam, ainda, centrais nos debates a respeito do processo de construção do conhecimento e nas discussões sobre as narrativas históricas com base nos discursos produzidos pelos cientistas. Este texto traz uma breve revisão desses debates a fim de introduzir o tema para os profissionais envolvidos com Educação, na medida em que há várias décadas os aspectos teóricos e, ou filosóficos têm sido destacados como essenciais ao Ensino de Ciências.

De acordo com Rossi (2000), a ciência é construída sobre as tábuas que conseguiram sobreviver aos naufrágios; as demais, provavelmente mais pesadas, teriam sucumbido e quedado, adormecidas, nas profundezas do mar, assim como os tesouros, sempre mais densos do que a madeira das tábuas. A concordar com esta metáfora, somos levados a concluir que aquilo que entendemos por ciência, hoje, nada mais é do que o conjunto de tábuas que, por sua leveza, lograram manter-se à tona. Para que possamos conhecer as outras, as que afundaram, faz-se necessário, então, um lento e especializado esforço no sentido de restaurá-las, identificando quais eram suas formas originais e quais os elementos que a elas foram adicionados ao longo do tempo em que permaneceram submersas.

Filosofia da Ciência: uma breve revisão

Muito do que, hoje, acreditamos ser ciência tem as marcas do que se convencionou chamar de positivismo lógico. A escola do positivismo lógico buscou discutir as condições propostas, ao final do século XIX, pelo positivismo

de Auguste Comte (1798-1857), em especial quanto à identificação de critérios que permitiriam a demarcação do terreno da ciência e a legitimação dos métodos apropriados para o fazer científico.

Para os positivistas lógicos, o conhecimento deveria ser alcançado por meio da observação. Nesses termos, as sentenças impossíveis de verificação empírica – ou seja, impossíveis de atenderem aos critérios de verificabilidade – deveriam ser excluídas do campo da investigação científica (Gewansznajder e Alver-Mazzotti, 1998). Mais: as mesmas regras deveriam valer para o contexto da descoberta e o da justificação¹; daí resultava a crença de que uma boa teoria não poderia ter origem em qualquer processo alheio às regras formais adotadas pelos cientistas.

Posteriormente, outras correntes, menos apegadas à rigidez metodológica do positivismo lógico procuraram refletir a respeito do papel da imaginação e da criatividade no processo de formulação hipotética. Para isso, já haviam colaborado a reformulação do empirismo realizada por Hume (1711-1776) e Locke (1632-1704)² e a retomada da metafísica pelo pensamento racionalista kantiano³. Da mesma forma, ao final do século XIX e início do século XX, os estudos de Sigmund Freud (1856-1939) e Carl Gustav Jung (1875-1961) também haviam acrescentado novas formas de compreender o homem e a mente humana: qual era, afinal, o papel do inconsciente na apreensão da realidade e na elaboração de explicações para os fenômenos da natureza? O contato entre a Filosofia e a Psicologia havia colaborado para o surgimento de uma proposta que conferia ao sujeito do conhecimento a capacidade de constituir a realidade por meio da intuição e da imaginação (Lima, 2014). A fenomenologia, em especial a de Edmund Husserl (1859-1938)

¹ O contexto da descoberta diz respeito ao modo de o pensador encontrar seu problema, à gênese da descoberta e da criação da teoria. O contexto da descoberta, assim, revela como uma teoria foi concebida. Em contrapartida, o contexto da justificação está relacionado às formas a partir das quais uma teoria é apresentada ao público, ou seja, explicita as razões pelas quais uma teoria deve ser considerada verdadeira (MIGUEL; VIDEIRA, 2011).

² John Locke e David Hume (séculos XVII e XVIII) buscaram defender o empirismo sem, entretanto, abrir mão da crítica aos seus limites no tocante à conquista da verdade da certeza. Para os filósofos empíricos, nossas ideias são desenvolvidas por meio dos sentidos e da experiência; no entanto, essas experiências fornecem informações que constroem relações causais que, por sua vez, são fruto do nosso hábito psicológico de associar ideias; em consequência, é necessário reconhecer que nossos costumes e hábitos (de natureza subjetiva) auxiliam-nos na tarefa de encontrar explicações plausíveis para o que nos cerca.

³ Immanuel Kant (1724-1804) formulou a ideia de que nossas experiências são precedidas por conhecimentos apriorísticos, tais como as noções de tempo e espaço. Sem estas, não haveria como realizar aquelas.

e Maurice Merleau-Ponty (1908-1961), propunha outra maneira de compreender o mundo e o que nos cercava: para entender o mundo que *já estava ali*, era necessário que o conhecimento buscasse captar o que era *pensado como real*, processo esse que só seria possível caso o inconsciente emergisse sob a forma de uma “consciência pura”. As teorias poderiam ser elaboradas no campo da imaginação, *apesar* dos sentidos e da experiência empírica, *apesar* das probabilidades ou possibilidades (Paty, 2001). Conhecer a realidade era intuir a essência dos objetos e dos fenômenos; na verdade, o mundo *não era*, os objetos e os fenômenos *não eram*: construíamos o mundo por meio de um processo de atribuição de significações e sentidos, constituindo racionalidade no que era subjetivamente elaborado pelo pensamento. Quase como uma extensão do *cogito* cartesiano⁴, as coisas existiam porque eram pensadas. O pensamento antecedia a realidade e, caso não fosse pensado, o real não existiria. Se antes o pensamento era condição necessária para a existência humana, agora ele era condição necessária para a existência do mundo. A fenomenologia não apenas sugeria uma nova maneira de fazer ciência; ela tinha como base uma ontologia distinta daquela considerada por Comte e pelos positivistas lógicos.

Ainda assim, a fenomenologia havia mantido a separação entre os terrenos do material (a experiência e a empiria) e do imaterial (o pensamento e a razão): existiam *coisas* e *ideias*, havia o *mundo* e as *representações* que dele poderíamos fazer. Coube ao materialismo dialético histórico romper com essa dicotomia: “visto que a verdade absoluta é[ra] independente do tempo, do espaço e do desenvolvimento histórico humano, o momento e o lugar de sua descoberta é[ra] puramente casual” (Engels, 2015, p. 48). Para Engels (2015), a dialética era o único método capaz de apreender uma realidade que se transformava a cada momento por meio de processos encadeados e, não raras vezes, contraditórios e de oposição: na natureza, as coisas aconteciam de forma dialética. Mais: não havia oposição entre o ato de pensar (a consciência) e a natureza, e tampouco existiam diferenças entre o campo da abstração (fruto da razão) e o campo da experiência (feita a partir dos dados da realidade). Para o materialismo dialético, até mesmo a matemática tinha como

⁴ *Cogito ergo sum*, ou seja, “penso, logo existo”.

origem a realidade, e não a abstração mental: todos os conceitos matemáticos eram tirados do mundo real. Figuras geométricas eram pensadas porque estavam presentes no mundo real. O fato de a matemática constituir-se por meio da abstração apenas encobria, e parcialmente, suas origens no mundo concreto e real (Engels, 2015). A razão e o pensamento haviam sido forjados em função das condições materiais e da ação do homem como parte desta natureza, não fazendo sentido, portanto, entendê-los como elementos contrapostos a esta. A respeito do pensamento e da consciência,

(...) descobre-se que são produtos do cérebro humano e que o próprio ser humano é um produto da natureza que se desenvolveu no seu entorno e com ele; sendo assim, é óbvio que as produções do cérebro humano, que em última instância também são produtos da natureza, não contradizem o restante do contexto natural, mas correspondem a ele (Engels, 2015, p. 67).

A crítica mais contundente ao positivismo lógico foi desferida por Karl Popper (1902-1994): para o filósofo austríaco, era científico o que se situava no terreno da falseabilidade. Para Popper, a astrologia, a psicanálise e o próprio marxismo poderiam ser exemplos de conhecimento não científico, já que não seriam passíveis de serem falseadas por meio da observação.

Dentre as críticas ao positivismo, Popper considerou que não havia observação pura; por isso, para Popper, a única forma de assegurar o caráter científico de uma hipótese ou teoria era a sua possibilidade de refutação. Em outras palavras: teorias que pudessem explicar e prever eventos observáveis eram refutáveis; se o evento não ocorresse, a teoria seria falsa. Às teorias irrefutáveis não se podia atribuir qualquer caráter científico, já que não faziam previsões, tampouco podiam ser testadas de forma experimental (Gewansznajder e Alver-Mazzotti, 1998). Nas palavras de Popper, deveria ser tomado como critério de demarcação a falseabilidade de um sistema, não a sua verificabilidade. "Assim, o enunciado 'Choverá ou não choverá aqui, amanhã', não será considerado empírico, simplesmente porque não admite refutação, ao passo que será considerado empírico o enunciado "Choverá aqui, amanhã" (Popper, 1974, p. 42). Nesses termos, a ciência construir-se-ia a partir de sucessivos movimentos de aproximação, sendo impossível afirmar com total

segurança a veracidade de uma teoria. Ainda, era necessário diferenciar o contexto da descoberta do contexto da justificação: para Popper, o processo de formulação de hipóteses e teorias situava-se num domínio metafísico, enquanto o processo de justificação e validação das teorias deveria, necessariamente, ser fruto de rigor nos procedimentos metodológicos (Atlan, 1994).

Essa perspectiva foi, posteriormente, criticada por Imre Lakatos (1922-1974), que propôs um novo critério de demarcação entre o que seria ciência e não ciência. O indutivismo defendia ser ciência tudo aquilo que pudesse ser comprovado empiricamente; em contrapartida, o positivismo lógico propunha que a ciência abarcasse apenas o que pudesse ser refutável. A razão estava sujeita a erros lógicos e a contradições; por sua vez, era necessário reconhecer que os processos de observação eram precedidos por esforços teóricos, por ideias pré-estabelecidas. Em outras palavras: nossa observação era realizada a partir de concepções anteriores que definiam e determinavam o que seria observado. Não havia observação isenta de subjetividade, e a compreensão dos fenômenos da natureza se fazia mediante escolhas do observador, em geral determinadas pela sua experiência prévia, suas crenças, seus objetivos e suas convicções (Chibeni, 2004). Lakatos buscou resolver esta equação tangenciando a questão epistemológica: deveria ser considerado científico o que fizesse parte de um programa de pesquisa progressivo. Nas palavras de Lakatos, era necessário adotar um novo critério de demarcação: existia a “ciência madura”, representada pelos programas de pesquisa, portadores de um poder heurístico, e a “ciência imatura”, uma colcha de retalhos que tão somente buscava juntar tentativas e erros (Chibeni, 2004).

Esses percursos e conflitos marcaram o fortalecimento de uma perspectiva hegemônica, pós-positivista, na qual critérios racionais passaram a orientar a escolha entre teorias rivais. O conceito de observação “neutra”, isenta de subjetividade, ficou para trás. Admitiu-se a existência de uma realidade externa ao sujeito, mas foram reconhecidos os limites para a compreensão desta realidade em função da precariedade dos nossos mecanismos sensoriais e cognitivos (Gewansznajder e Alver-Mazzotti, 1998). Era uma questão de tempo que, em certa altura, acabássemos tendo de aceitar a inexistência de formas seguras de alcançar um conhecimento certo e infalível

sobre o mundo exterior: a própria História da Ciência corroborava essa perspectiva, trazendo à lembrança teorias que haviam sido elaboradas – e aceitas – sem as devidas comprovações empíricas (Chibeni, 2004). Ainda, era necessário reconhecer que, dada a impossibilidade de lograr a reprodução exata dos fenômenos da natureza, cabia à ciência tão somente elaborar modelos explicativos; em outros termos, a ciência operava no campo da representação da realidade. Conforme Woodcock (2014, p. 2082), o nosso esquema conceitual assemelhava-se a "uma rede de crenças interconectadas que inclui[a] algumas fortemente empíricas e outras altamente teóricas, tais como nossas crenças sobre a racionalidade lógica e os constituintes básicos da realidade (ontológicos)" (tradução livre).

Contemporaneamente a Lakatos, Thomas Kuhn (1922-1996), pela via das Histórias das Ciências, veio reforçar a crítica. Na obra, hoje clássica, "A estrutura das revoluções científicas" (1962), Kuhn apresenta o conhecimento científico como **construção** elaborada na perspectiva do paradigma⁵ em vigor, propondo que a substituição de um paradigma por outro não implica critérios de verdade ou de falsibilidade quando da confrontação do mesmo com a Natureza. Kuhn apontou a relação inextricável de fatores científicos e extra-científicos na formulação e validação do conhecimento científico, abrindo uma linha de investigação bastante profícua, que desembocou nos "estudos sociais da ciência". A ciência, então, como há muito tempo já disse Mendelsohn (1977, p. 3-4), pode ser concebida enquanto "uma atividade exercida por seres humanos agindo e interagindo; portanto uma atividade social. Seu conhecimento, suas afirmações, suas técnicas, foram criados por seres humanos e desenvolvidos, implementados e compartilhados por grupos de seres humanos. Conhecimento científico é, fundamentalmente, portanto, conhecimento social" (Mendelsohn, 1977, p. 3-4).

Esse movimento é compreensível. Afinal, o século XX trouxera consigo novos desafios: o aumento de complexidade do mundo, a crescente fragmentação e especialização do conhecimento, a degradação ambiental e a emergência de novas questões éticas haviam provocado uma crise

⁵ Para Kuhn, *paradigmas* são "as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência." (Kuhn, 1975. p. 13).

paradigmática da qual resultara o reconhecimento da necessidade de um novo modelo de ciência em substituição ao pós-positivismo. O modelo antigo havia sido formulado tendo em vista a suposição de uma realidade ordenada e estável e a crença em um dualismo que contrapunha natural/artificial, vivo/inanimado, observador/observado etc. De forma contrária, o novo modelo defendia a pluralidade metodológica, bem como atribuía importância ao senso comum no processo de formulação de hipóteses e, posteriormente, na legitimação do conhecimento científico. Assim, a pós-modernidade da ciência reabilitou o senso comum, reconhecendo nele possibilidades de enriquecer a nossa compreensão do mundo (Santos, 2008), e assumiu a impraticabilidade (e até mesmo a ineficácia) de identificar um único método científico que fosse capaz de elaborar explicações para o mundo que nos cercava.

A Ciência e o fazer histórico da Ciência

Na pós-modernidade, o discurso produzido pelos cientistas buscou acolher as vozes polissêmicas e polifônicas que emergiam do debate a respeito das diferentes formas de apreender e explicar os fenômenos da natureza. As marcas eram visíveis: duas grandes guerras, a descoberta do poder destrutivo da ciência, a descoberta dos rastros que a ação humana deixava no planeta – tudo isso colaborava para a configuração de um cenário errático e caótico em que bombas atômicas, pandemias e desastres ambientais assumiam protagonismo. Neste contexto, como distinguir ciência de não ciência? Como atribuir legitimidade aos diferentes métodos de pesquisa, ou, então, como conviver com a incerteza e a falibilidade do conhecimento?

Provisoriamente, podemos propor que a ciência seja compreendida como um conjunto de saberes que se distingue dos demais em função do elevado grau de certeza que pretende e supõe ser capaz de alcançar (Chibeni, 2004). No entanto, esta é uma definição ambígua: segundo esse critério, um astrólogo estaria produzindo ciência da mesma forma que um químico em seu laboratório ou um educador em trabalho de campo. Na verdade, quando uma definição abarca tudo, quando tudo pode ser nela acomodado, é razoável supor que ela não define coisa alguma. Assim, parece-nos ser essa uma definição que pouca contribuição tem a dar quando da difícil tarefa de legitimar o nosso trabalho no tempo presente.

Ao contrário da ingênua simplicidade, há uma enorme complexidade na compreensão do significado de ciência, e tamanha é essa complexidade que Martins (1999) chega a propor três formas distintas de formular a questão sobre o significado da ciência. Assim, a resposta sobre o que é ciência dependeria de qual pergunta fosse feita:

- a) "O que é a ciência?" pode ser uma pergunta sobre uma questão de fato (questão empírica), equivalente a perguntarmos: "O que tem sido a ciência?";
- b) "O que é a ciência?" pode ser uma pergunta de natureza normativa (questão axiológica), equivalente a perguntarmos: "O que deveria ser a ciência?";
- c) "O que é a ciência?" pode ser uma pergunta sobre o modo como se define um termo (questão analítica), equivalente a perguntarmos: "O que poderia ser a ciência? O que não poderia ser a ciência?" (Martins, 1999, p. 6-7).

Para Martins (1999, p. 10), uma boa resposta partiria do pressuposto que "sucessivos fracassos levam ao estabelecimento de sólidos princípios de impotência". Esses princípios defendem não ser possível reconhecer a verdade (seja por meio da intuição ou da dedução), tampouco justificar uma proposição indutiva de forma lógica. Portanto, acreditar na ciência como instrumento capaz de alcançar a certeza traduziria mais uma declaração de vontade do que a constatação de uma possibilidade real. Ainda, a busca por critérios de demarcação entre ciência e não ciência acabaria por excluir fenômenos supostamente não científicos ou incluir no campo da ciência todo e qualquer fenômeno, constituindo, então, o anarquismo epistemológico, tal como proposto por Paul Feyerabend (1924-1994)⁶.

De acordo com Martins (1999, p. 15), uma forma de escapar dessa armadilha seria conceber a ciência não por meio de critérios de demarcação, mas a partir de critérios para avaliação e comparação de valor científico. Tal procedimento incluiria admitir ser ciência aquilo que se desejasse chamar de ciência, porém buscaria estabelecer critérios para orientar a pesquisa; nesses termos, aceitar-se-ia que a astrologia fosse ciência, mas com valor científico diferente do conhecimento que resultasse da empiria ou da racionalização

⁶ Segundo Woodcock (2014, p. 2073), "nos anos 1970, o filósofo da ciência Paul Feyerabend defendeu o anarquismo metodológico, a rejeição de que existiriam regras universais que descrevessem e regulassem o bom trabalho científico" (tradução livre).

dedutiva. Para Martins (1999), a discussão sobre ciência e não ciência cederia espaço para o debate a respeito de como aumentar o valor científico de um dado conhecimento, ou por meio da quantificação, ou por meio da harmonização desse saber com outros saberes. Dado ser a ciência uma construção humana, social e historicamente determinada, tal perspectiva, inclusive, permitiria acolher a diversidade e a multiplicidade de saberes de outras culturas, colocando-os para dialogar com o conhecimento hegemonicamente aceito.

Nesse contexto, quais seriam as maneiras *certas* de se fazer ciência? Segundo Woodcock (2014), citando o professor e reitor da Universidade de Harvard (1933-1953) James B. Conant, que a reformou profundamente e introduziu os “Harvard Case Histories”, a maioria dos modernos historiadores da ciência já se conformou com a inexistência de um assim chamado *Método Científico* (aqui em itálico, e iniciais em letras maiúsculas, como forma de reforçar a ideia de uma única e eficaz maneira de se fazer ciência). Historicamente, temos evidências que associam o fazer científico à obtenção de provas empíricas e à formulação lógica de hipóteses (Woodcock, 2014); no entanto, esses sinais são insuficientes para determinar os modos de trabalho dos cientistas, tampouco levam em consideração inúmeras outras tarefas que mantêm cientistas ocupados, tais como preparar relatórios, lidar com conflitos em equipe, convencer os detentores dos recursos para financiamento de projetos, publicar artigos, orientar alunos etc. Mais: a identificação destes traços supostamente característicos do fazer científico (a empiria e o esforço hipotético-dedutivo) acabariam por reduzir, ou engessar, inclusive do ponto de vista normativo, o que é ou deveria ser considerado trabalho científico.

Como já vimos, desde que a filosofia grega instaurou uma nova maneira de interpretar o mundo, historiadores, filósofos e cientistas elaboraram críticas aos métodos hipotético-dedutivo e indutivo, tanto tomados individualmente quanto considerados em conjunto. Não apenas tem sido discutida a ordem que norteia o trabalho científico (em geral, o método hipotético-dedutivo antecedendo o trabalho empírico), mas os próprios métodos têm sido alvo de objeções, em especial quanto às suas limitações e fragilidades (Woodcock, 2014). Assim, retomando as discussões anteriores a respeito do contexto da descoberta e da justificação, perguntas em relação aos métodos associados a

cada um desses contextos continuam a ser feitas. São – ou devem ser – semelhantes os métodos adotados nos dois casos?⁷ Afinal, há ou não um *Método Científico*? A concepção de um *Método Científico* sob a forma de mito⁸ deve ser combatida e substituída por outra?⁹ O combate ao mito do *Método Científico* deve incluir a desconstrução do discurso apologético da empiria? Fazendo referência à obra de Bauer, *Scientific Literacy and the Myth of the Scientific Method* e às posições do autor em relação à (ir)relevância da evidência empírica na construção do conhecimento, Woodcock (2014) reflete sobre a proposta de Bauer, qual seja, a substituição do mito pelo ideal. Para Woodcock (2014, p. 2090), esta solução não resolve o problema:

“ao contrário de outras posições epistêmicas que recorrem à autoridade, à razão pura ou à revelação, a empiria afirma a importância da evidência e da experiência na formação de crenças e na construção de consenso na comunidade científica. [...] Os ideais de objetividade e racionalidade, juntamente com a empiria, podem e devem ser disseminados, desde que excluídos os elementos que o mito traz consigo. É isso que Bauer deveria ter concluído. O que Bauer *deveria concluir* é que não adianta descartar o mito do "Método Científico" se continuarmos a promover os ideais que estão associados a ele" (tradução livre).

⁷ Dado o fato de os processos de descoberta e de justificação terem origens distintas e envolverem diferentes processos, outras áreas vêm buscando oferecer elementos que permitam a compreensão desses dois momentos da atividade científica. Podemos trabalhar com a hipótese de que a dificuldade em tratar os dois contextos a partir dos mesmos referenciais teóricos tenha feito surgir outras metaciências, tais como a Psicologia da Ciência, a Sociologia da Ciência, a Etnografia da Ciência etc. A questão, entretanto, permanece: quão dessemelhantes são os contextos da descoberta e da justificação?

⁸ Woodcock (2014) afirma que o termo mito, neste caso, é utilizado de forma negativa. O mito é uma narrativa ficcional, construída para dar conta de explicar fenômenos incompreensíveis, e que ganha força de verdade em função da autoridade de quem o produz ou o relata. Nesses termos, atribuir à ciência o estatuto de mito equivale a afirmar que há, na ciência, *menos* verdade do que é imaginado existir.

⁹ Mitos devem ser descartados? Afinal, eles servem para atribuir significado ao que não conseguimos explicar. Fazendo referência à obra de Bauer, *Scientific Literacy and the Myth of the Scientific Method* e às posições do autor em relação à relevância da evidência empírica na construção do conhecimento, Woodcock (2014) reflete sobre a adequação de substituir o mito pelo ideal. Para Woodcock (2014, p. 2090), esta solução não resolve o problema: "ao contrário de outras posições epistêmicas que recorrem à autoridade, à razão pura ou à revelação, a empiria afirma a importância da evidência e da experiência na formação de crenças e na construção de consenso na comunidade científica. [...] Os ideais de objetividade e racionalidade, juntamente com a empiria, podem e devem ser disseminados, desde que excluídos os elementos que o mito traz consigo. É isso que Bauer deveria ter concluído. O que Bauer *deveria concluir* é que não adianta descartar o mito do "Método Científico" se continuarmos a promover os ideais que estão associados a ele" (tradução livre).

Esse debate permanece vivo também em arenas paralelas, como a da reflexão sobre o sucesso das teorias científicas e sua relação com o “método”. O que faz com que uma teoria seja substituída por outra considerada melhor, pergunta-se Devitt (2011), para quem a melhor explicação para o sucesso de teorias atuais, e para o fato de que são tidas como superiores às teorias que elas substituíram, é que foram desenvolvidas e testadas com o auxílio de métodos melhores do que os métodos usados para desenvolver e testar as muitas teorias que foram descartadas no início da história da ciência. Em resposta, Wray (2016) apresenta o argumento a que chama de "Argumento de Métodos Inconcebidos" (*Argument from Unconceived Methods*). Nas palavras do autor, este argumento poderia ser assim resumido:

“A história da ciência está repleta de exemplos de desenvolvimentos em metodologia, e esses não são, muitas vezes, previstos pelas gerações anteriores de cientistas. Os novos métodos quase inevitavelmente introduzem novos dados e, às vezes, os novos dados não podem ser reconciliados com as teorias aceitas. É importante ressaltar que os novos dados não são apenas mais dados do mesmo tipo que os cientistas vêm coletando. Em vez disso, os novos dados às vezes são qualitativamente distintos dos dados até agora considerados. As descobertas telescópicas de Galileu são desse tipo: as luas de Júpiter e as fases de Vênus, por exemplo. E alguns desenvolvimentos na metodologia levarão os cientistas a descartar suas teorias atualmente aceitas. E, com o tempo, isto é, após uma série de mudanças de teoria em um campo, é provável que haja descontinuidades significativas entre as teorias anteriores e as teorias mais recentes.” (tradução livre)

Assim, considerando-se a história da ciência, parece provável que os cientistas continuem a desenvolver novos métodos no futuro. E alguns destes métodos permitirão gerar dados que não poderão ser conciliados com as teorias aceitas atualmente. Em decorrência, as melhores teorias atuais não estão imunes de serem substituídas, no futuro, por teorias radicalmente diferentes.

Aproximando o tema do ensino

Mito ou ideal, indução ou dedução, reprodução ou representação: dessa forma, retomamos nossas palavras quando do início do texto. Evidentemente, não há como responder plenamente a todas as questões que formulamos até

aqui. O que podemos fazer é sugerir eixos de discussão que, por sua vez, estimulariam e norteariam o debate a respeito do que seria ou não ciência, do que deveria ou não ser considerado método científico. No entanto, algumas respostas devem ser dadas de imediato, em especial quando do momento de decidir quais elementos e quais aspectos devem ser priorizados na educação científica. Se a inclusão de elementos históricos e filosóficos no ensino de ciências é defendida de forma unânime pelos educadores e pesquisadores, o mesmo não acontece em relação aos temas que devem ser priorizados e abordados. Em resumo: dada a complexidade do tema, como selecionar os elementos que devem ser discutidos em sala de aula? Considerando a falta de consenso entre cientistas e historiadores da ciência a respeito do significado da ciência e dos atributos e das características de métodos científicos, qual perspectiva utilizar?

Concordamos com Segal (1997, p. 289) quando defende que a ciência escolar – ou seja, a ciência que se transpõe para o ensino –, requer que as visões indutivistas ingênuas, que permeiam os métodos de investigação científica da escola, sejam modificadas a fim de que se reconheça que: a) conhecimentos e valores prévios guiam as observações e a investigação; b) esse novo conhecimento é tentativo; c) que alguns conhecimentos têm *status* elevado, pois foram construídos consensualmente por longo período – mas mesmo um conhecimento de elevado *status* pode ser desafiado e questionado, por exemplo, por meio de uma quebra do paradigma vigente.

De forma resumida, duas abordagens vêm sendo propostas em relação aos elementos históricos e filosóficos da ciência a serem incluídos na educação científica: a que privilegia a questão da natureza da ciência (NOS, *Nature of Science*) e a que privilegia os atributos da ciência (FOS, *Features of Science*). Como relata Mathews (2015, p.765), desde o final dos anos 1980 e de modo crescente ao longo do tempo, “o tema “Natureza da Ciência” apareceu em vários relatos de “alfabetização científica”, foi inscrito nos documentos oficiais curriculares nacionais de muitos países e é um item constante em periódicos de educação em ciências e matemática”.

Lederman (2013) propõe que NOS privilegie a discussão da ciência como corpo, método e forma de conhecimento. Assim, o autor defende que a inclusão de NOS privilegie questões epistemológicas relacionadas ao

conhecimento científico, o que justifica sua inclusão na educação científica por conta de cinco fatores: a) permitiria compreender a ciência e os processos tecnológicos presentes no nosso dia a dia; b) possibilitaria e ampliaria as possibilidades relacionadas a tomadas de decisão em questões que envolvem ciência; c) permitiria compreender a ciência como parte de nossa cultura; d) permitiria aprender as normas adotadas pela comunidade científica; e, e) facilitaria o aprendizado de conteúdos científicos.

Para Lederman (2013), os estudantes devem ser capazes de distinguir observação (diretamente relacionada aos sentidos) de inferência (que ultrapassa o que os sentidos apreendem), de diferenciar leis científicas de teorias, de perceber a importância da invenção e da criatividade no fazer científico, compreender que o conhecimento é subjetivo (já que está apoiado em teorias formuladas sob a influência de fatores tais como crenças, experiências pessoais prévias e compromissos pessoais dos cientistas) e, por fim, compreender que a ciência é um empreendimento humano que ocorre em um determinado contexto cultural, não existindo conhecimento científico absoluto ou isento de erros; pelo contrário, ele é inferencial, criativo e social e culturalmente determinado.

Matthews (2012), em contrapartida, considera que Lederman inclui no estudo da natureza da ciência alguns elementos da sociologia do conhecimento que envolvem aspectos tidos por ele como estranhos ao contexto da epistemologia e da filosofia da ciência, tais como interesses políticos e comerciais do fazer científico, e outras questões relacionadas ao impacto do conhecimento das relações sociais e na organização social. Para Matthews (2012), essa situação poderia ser evitada caso o foco em NOS fosse substituído por FOS. Assim, “a investigação da NOS concentrou-se na natureza do conhecimento científico; O FOS inclui isso, mas também se preocupa com os processos, instituições e contextos culturais e sociais nos quais esse conhecimento é produzido” (Matthews, 2012, p.10)¹⁰. De acordo com Matthews (2012), Lederman e seu grupo teriam estabelecido alguns elementos merecedores de destaque quando do ensino da natureza da

¹⁰ “ NOS research has concentrated on the nature of scientific knowledge; FOS includes this, but is also concerned with the processes, institutions and cultural and social contexts in which this knowledge is produced”.

ciência¹¹, mas, como resultado, teriam acabado por impor à educação científica alguns princípios isentos de quaisquer críticas ou contextualização filosófica e histórica à concepção de natureza da ciência. Como exemplo, Matthews (2012) cita a questão do caráter empírico da ciência: a perspectiva de Lederman teria, nesse caso, passado ao largo das discussões sobre o papel da abstração no fazer científico, e sobre as possibilidades concretas de as construções teóricas darem conta de explicar a realidade¹². Assim, Matthews propõe a inclusão de outros elementos à lista de Lederman: o caráter experimental da ciência, o papel da idealização no trabalho científico (por meio da qual a natureza ofereceria as condições ideais para a experimentação e, a partir daí, para a elaboração teórica), a função dos modelos para a compreensão da realidade (incluídas aí as limitações dos próprios modelos e da impossibilidade de correspondência total entre o modelo e a realidade), os valores e as questões sociocientíficas, a matematização, a tecnologia, a influência das visões de mundo e das religiões nas concepções científicas, o feminismo e a racionalidade.

Díaz e Carmona (2016) buscam explicar as razões pelas quais Matthews teria incluído novos elementos à lista de Lederman: a investigação sobre NOS exige reflexões interdisciplinares envolvendo a filosofia, a história e a sociologia da ciência. Assim, de forma contrária à de Lederman, que elaborou uma concepção de NOS centrada nas questões epistemológicas (isto é, concernentes ao processo de construção do conhecimento científico), Matthews teria adicionado elementos da sociologia da ciência. Para Matthews (2012), a mudança de foco – de NOS para FOS – teria como objetivo, principalmente, demarcar os limites do objeto de investigação da natureza do conhecimento científico, estabelecendo critérios para a inclusão de elementos

¹¹ Esses sete elementos nortearam uma série de pesquisas sobre VNOS (*views of nature of science*) com o objetivo de medir a eficácia do ensino e de compreensão de NOS por parte de alunos e professores (Matthews, 2012).

¹² Lederman (2013) apresenta outros argumentos em defesa da sua perspectiva de NOS: essas controvérsias seriam irrelevantes no tocante à educação científica no ensino fundamental e no nível médio. Qual a importância de diferenciar, por exemplo, a realidade objetiva e a realidade fenomenológica nesses primeiros anos de formação escolar? Finalmente, Lederman (2013) conclui: as noções relacionadas à natureza da ciência estão sujeitas a mudanças ao longo do tempo; portanto, nada mais razoável do que os elementos constituintes de NOS sejam modificados ou substituídos.

da epistemologia, da psicologia, da ética, da filosofia e, em especial, da sociologia.

Buscando uma solução para o problema FOS versus NOS: algumas considerações finais

Kelly, Carlsen e Cunningham (1993) sugeriram cinco maneiras de alcançar uma nova compreensão da ciência enquanto na escola, exemplificando cada sugestão. Eles propõem que:

1. "O conhecimento científico deve ser entendido como contingente às condições sociais que governam sua construção e ensinado de acordo" (p. 215). Por exemplo, para descobrir o instante em que a água começa a ferver, os alunos precisam concordar com o significado de ebulição.
2. "A educação científica precisará equilibrar essa nova atenção para com a deliberação social, insistindo continuamente na garantia empírica" (p. 215). Por exemplo, os alunos precisam perceber que a atenção à água e ao termômetro é uma parte essencial de sua tomada de decisão. Atingir o acordo não significa, simplesmente, que o consenso pode ser alcançado pelo voto sem referência ao contexto científico.
3. "Os valores socioculturais influenciam fundamentalmente o processo, o conteúdo e a aplicação do conhecimento científico" (p. 215). Por exemplo, textos científicos que informam os alunos sobre a teoria evolutiva de Darwin raramente os informam da cultura de evolução não biológica que permeava a ciência naquela época.
4. "Os sociólogos da ciência tiveram sucesso em explicar que os mundos social e científico relativizam a autoridade da ciência como o melhor árbitro na tomada de decisões tecnológicas" (p. 215). Por exemplo, os livros de ciências são parte importante no estabelecimento de uma hierarquia epistemológica que retrata falsamente a ciência como reveladora da verdade objetiva e como isenta de valores.
5. "Os educadores da ciência precisam abandonar a ideia de que, ao aprender ciência, os cidadãos estarão automaticamente equipados para tomar boas decisões públicas" (p. 216). Os cidadãos só podem

tomar decisões públicas e bem informadas quando se perguntam questões como: quais as questões econômicas, sociais e políticas que estão envolvidas nessas decisões? quais interesses – e de quem – estão sendo ignorados?

Outra perspectiva a respeito dos conteúdos de NOS e FOS é a de Allchin (2013), para quem a importância de entender a natureza da ciência (NOS) é cada vez maior: nossa cultura está imersa em ciência, e os alunos precisam refletir sobre as condições em que esta é realizada, quais os limites de sua validade, qual o papel do julgamento de valor no fazer científico, em quais fontes confiar e qual o papel dos modelos elaborados pelos cientistas para a compreensão da realidade. Assim, mais relevante do que elaborar listas de conteúdos, dever-se-ia buscar a discussão de elementos que permitissem a formação de uma atitude crítica em relação à ciência (Allchin, 2014). Em concordância, Forato, Bagdonas e Testoni (2017) sugerem que o trabalho docente não seja engessado pela obrigatoriedade em relação a elementos selecionados, devendo ser privilegiada a reflexão sobre a pluralidade metodológica a partir de diferentes narrativas históricas da ciência.

Portanto, nessa perspectiva unem-se dois campos disciplinares – filosofia e história – que têm muito a dizer sobre a ciência, a fim de questionar visões ingênuas sobre o fazer científico. Tais reflexões são particularmente relevantes na formação de professores, de onde ainda estão muito ausentes. Afinal, é quase um truísmo afirmarmos, presentemente, que vivemos imersos num mundo de ciência e tecnologia, que nos mantêm conectados apesar de, muitas vezes, nossa própria vontade. Compreender o que isso significa, como assim se constituiu e como se produz/reproduz é um passo obrigatório, pré-requisito para uma formação plena visando à almejada cidadania.

Referências

Allchin, D. (2013) **Teaching the nature of science**: Perspectives and resources. St. Paul, MN: SHiPS Education Press. Disponível em: <<https://doc.uments.com/download/s-teaching-the-nature-of-science.pdf>>; acesso em: 04 jul 2018.

Allchin, D. (2014) From science studies to scientific literacy: A view from the classroom. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1911-1932. Disponível em:

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

<<http://douglasallchin.net/papers/Allchin-Science%20Studies%20to%20Scientific%20Literacy.pdf>>; acesso em: 16 jul. 2018

Atlan, H. (1994) **Com Razão ou Sem Ela**: Intercrítica da Ciência e do Mito. Lisboa: Piaget.

Chibeni, S. S. (2004) **O que é ciência?** Campinas: Unicamp. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/ciencia.pdf>>; acesso em: 29 jul. 2018.

Devitt, M. (2011) Are unconceived alternatives a problem for scientific realism? **Journal for General Philosophy of Science**, v. 42, p. 285–293.

Díaz, J. A. A.; Carmona, A. G. (2016) “Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado” Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. **Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias**, v. 13, n. 1, p. 3-19. Disponível em: <<http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/18010/01-823-Acevedo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>>; acesso em: 17 jul. 2018.

Engels, F. (2015) **Anti-Düring**: a revolução da ciência segundo o senhor Eugen Dühring. Tradução de Nélio Schneider. São Paulo: Boitempo.

Forato, T. C. de M.; Bagdonas, A.; Testoni, L. (2017) Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 3511-3516. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/183875>>; acesso em: 16 jul. 2018.

Gewandsnajder, F.; Alves-Mazzotti, A. J. (1988) **O método nas Ciências Naturais e Sociais**. São Paulo: Pioneira.

Granger, G. G. (1998) Imaginação poética, imaginação científica. **Discurso**, v. 29, p. 7-14. Disponível em: <<http://www.periodicos.usp.br/discurso/article/view/62635/65439>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

Kelly, G. J.; Carlsen, W. S.; Cunningham, C. M. (1993) Science education in sociocultural context: Perspectives from the sociology of science. **Science Education**, v. 77, n. 2, p. 207-220.

Kuhn, T. (1975) **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo, Ed. Perspectiva.

Lederman, N. G. (2013) Nature of science: Past, present, and future. In: **Handbook of research on science education**. Routledge.

Lima, A. B. M. (Org.) (2014) **Ensaio sobre fenomenologia**: Husserl, Heidegger e Merleau-Ponty. Ilhéus: Editus.

Martins, R. de A. (1999) O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? **Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa**, n. 9, p. 5-20. Disponível em: <<https://philpapers.org/rec/MAR-130>>; acesso em: 29 jul. 2018.

Matthews, M. R. (2015) Reflections on 25 Years of Journal Editorship. **Science & Education**, v. 24, n. 5-6, p. 749–805. Disponível em: <<http://www.bu.edu/hps-scied/files/2012/10/Matthews-HPS-Changing-the-Focus-From-Nature-of-Science-to-Features-of-Science.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2018.

Mendelsohn, E. (1977) The social construction of scientific knowledge. In: Mendelsohn, E.; Weingart, P.; Whitley, R. (Eds.). **The social production of scientific knowledge**. Dordrecht, D. Reidel Publ. Co.

Miguel, L. R.; Videira, A. A. P. (2011) A distinção entre os “contextos” da descoberta e da justificativa à luz da interação entre a unidade da ciência e a integridade do cientista: o exemplo de William Whewell. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 33-48. Disponível em: <https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=20>; acesso em: 01 ago. 2018.

Paty, M. (2001) A criação científica segundo Poincaré e Einstein. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 41, p. 157-192. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v15n41/v15n41a13.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

Popper, K. R. (1974) **A lógica da pesquisa científica**. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Editora Cultrix.

Rossi, P. (2000) **Naufrágios sem espectador**: a ideia de progresso. Trad. Álvaro Lorencini. São Paulo: Ed. UNESP.

Santos, B. de S. (2008) **Um discurso sobre as ciências**. 5.ed. São Paulo: Cortez.

Segal, G. (1997) Towards a pragmatic science in schools. **Research in Science Education**, v. 27, n. 2, p. 289-307.

Woodcock, B. A. (2014) “The scientific method” as myth and ideal. **Science & Education**, v. 23, n. 10, p. 2069-2093. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-014-9704-z>>; acesso em: 31 mar. 2019.

Wray, K. B. (2016) Method and Continuity in Science. **Journal for General Philosophy of Science**, v. 47, n. 2, p. 363-375.

CAPÍTULO 03 - O MÉTODO EXPERIMENTAL DE CLAUDE BERNARD EM TRÊS MOMENTOS: UM PARALELO COM ALGUMAS CONCEPÇÕES DE NATUREZA DA CIÊNCIA

Alan D. dos Santos Felisberto

Durante o século XIX, publicações que ainda hoje são bem conhecidas entre o público tiveram destaque, um dos anos de referência é o de 1865, quando Karl Marx (1818-1883) estava redigindo o livro *O capital*, Jules Verne (1828-1905) publicou o livro *Da Terra à Lua*, Lewis Carroll (1832-1898) publicou *Alice no país das maravilhas* e, alguns anos antes, Mary Shelley (1797-1851) havia publicado *Frankenstein*.

Ainda no século XIX, diversas publicações na área das ciências tiveram destaque, sobretudo entre os anos de 1859 e 1865. Em 1859, Charles Darwin (1809-1882) publicou o *A origem das espécies*; entre 1860 e 1865, o químico francês Louis Pasteur (1822-1895) conduziu uma série de experimentos para fornecer evidências contrárias à teoria da geração espontânea da vida; em 1865, Johan Gregor Mendel (1822-1884) detectou algumas regularidades da transmissão de características hereditárias que lançariam, mais tarde, as bases da Genética. No mesmo ano, o médico e fisiologista Claude Bernard (1813-1878) (figura 1) publicou o livro *Introduction à l'étude de la médecine*

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

expérimentale (Introdução ao estudo da Medicina Experimental) (Cziko, 2000, p. 51), um livro que mais tarde seria de grande impacto para as ciências experimentais do século XIX.

As figuras de Darwin, Pasteur e Mendel são bem conhecidas, mesmo entre não cientistas. No entanto, o nome de Claude Bernard (figura 1) é bem menos familiar, apesar de possuir numerosas e importantes contribuições para a nossa compreensão do funcionamento dos organismos no campo da Fisiologia (Cziko, 2000, p. 52). Tão ou mais importante que suas contribuições conceituais em Fisiologia, está a contribuição de Bernard ao desenvolvimento do método experimental em Fisiologia e Medicina. Este aspecto é o tema central do seu livro *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*¹³, que

¹³ Além dos aspectos metodológicos, nessa obra Bernard também propõe um conceito importante da fisiologia, o de “*meio interno*”. Não se tratava de um conceito novo, pois apareceu em um manual de Química Fisiológica, publicado em 1853, por Charles Robin (1821-1855). Robin foi fundador da Sociedade de Biologia e primeiro professor de Histologia na Faculdade de Medicina de Paris. Bernard o conhecia e ambos se encontravam regularmente nas sessões da Sociedade de Biologia, na qual Claude Bernard também participava da fundação. Segundo Mirko Grmek, é possível que Bernard tenha lido Robin e se servido da mesma expressão de maneira inconsciente, sem mencionar a fonte (Grmek, 1997, p.134). Uma retomada geral do conceito de meio interno foi feita por Walter Bradford Cannon (1871-1945), levando ao conceito de *homeostase*. Sua proposta foi formalizada em artigo “Organization for physiological *homeostasis*”, de 1929 (Cannon, 1929).

Figura 1. Claude Bernard, fotografado por Pierre Petit



Fonte: Marduel, 2006, p. 20

é, em meio às numerosas publicações de Claude Bernard, uma das mais reconhecidas e discutidas entre historiadores da ciência e também por pesquisadores de outras áreas, tais como filósofos e fisiologistas. Os exemplos de Claude Bernard em seu livro têm um potencial de aplicação significativo quando se discute a questão da utilização da história da ciência como metodologia auxiliar no ensino de ciências. Seus textos, discussões e exemplos de subsídios são de grande valor por possibilitarem que se utilize a história da ciência para ensinar ciência, explorando as formas de se explicar as diferentes abordagens do método experimental com os seres vivos, como, por exemplo, a pesquisa experimental tendo uma hipótese, teoria ou observação como ponto de partida.

Mesmo considerando seu relevante papel na sistematização do método experimental com seres vivos, há de se afirmar que Claude Bernard não foi o primeiro pesquisador a atuar nos referidos domínios. Basta citar alguns estudos

mais conhecidos, como os trabalhos de William Harvey (1578-1657), de Lazzaro Spallanzani (1729-1799), de Antoine de Laurent Lavoisier (1743-1794) e do mentor de Bernard, François Magendie (1783-1855), que precedem os seus (Caponi, 2001, p. 376). Também devem ser mencionados os inúmeros pesquisadores contemporâneos de Claude Bernard que faziam pesquisas experimentais em outras áreas do conhecimento, dentre os quais se destacaram Justus von Liebig (1803-1873), Emil du Bois-Reymond (1818-1896) e Hermann von Helmholtz (1821-1894) (Caponi, 2001, p. 376).

Além disso, a reflexão explícita sobre o método utilizado no estudo dos seres vivos também não é novidade do século XIX. Ela pode ser encontrada em escritos de René Descartes (1596-1650) e Francis Bacon (1561-1626), por exemplo, bem como em publicações diversas dos membros da *Royal Society*, desde os séculos XVI e XVII. Na segunda metade do século XVIII, a discussão específica sobre o método de estudo dos seres vivos, via observação e experimentos, foi objeto de publicações. Três obras voltadas especificamente ao que se chamava, no período, de “arte de observar e fazer experiências” podem ser mencionados três autores: o médico George Zimmermann (1728-1795), Benjamin Samuel Georges Carrard (1740-?) e o naturalista Jean Senebier (1742-1809) (Prestes, 2006, p. 227).

As três obras supracitadas têm sua importância por estarem em meio às primeiras iniciativas para sistematizar os métodos de observação e de experimentação com seres vivos, originadas de suas próprias atividades de pesquisa, bem como de outros naturalistas do início do século XVIII, como Reaumur, Trembley, Bonnet, Haller e Spallanzani (Prestes, 2006, p. 228).

Segundo o historiador da ciência John V. Pickstone (1996), a Fisiologia pode ser caracterizada em dois níveis: um conjunto de afirmações sobre um aspecto da natureza ou como um conjunto de pessoas e instituições que produzem e reproduzem tais afirmações. A partir do século XX, ‘Fisiologia’ era entendida como uma série de proposições sobre o funcionamento do corpo humano e dos outros animais, estabelecido por meio de experimentos. No senso comum, “Fisiologia” é sinônimo de “Fisiologia experimental” — um significado atribuído em meados do século XX, utilizado pelas academias alemãs que se distanciavam da Anatomia ou Zoologia e viam a Química e a Histologia como métodos auxiliares no estabelecimento experimental das

funções do corpo. A Fisiologia em si era um paradigma para investigação de sistemas complexos. Situava-se, como a nova física experimental, na fronteira da ciência no fim do século XIX (Pickstone, 1996, p.728).

A historiografia da Fisiologia apresenta um notável contraste quando se compara seu desenvolvimento na Inglaterra e na França, tendo a última sido considerada crucial por ter um repertório documental mais extenso. A maioria dos registros apresenta François Magendie como um dos pioneiros da disciplina e Claude Bernard como um dos seus alunos de maior destaque. Os fisiologistas alemães tinham como a maior influência no pensamento da área Carl Friedrich Wilhelm Ludwig (1816-1895). Enquanto os britânicos se remetiam a William Harvey (1578-1657) como um dos primeiros fisiologistas experimentais (Pickstone, 1996, p.732).

Nota-se então, que a sistematização de uma metodologia experimental com seres vivos não teve seu início no século XIX, tampouco foi exclusividade de Claude Bernard. É importante rever a interpretação historiográfica recorrente que considera Claude Bernard o “pai” ou “fundador” de algo chamado “Fisiologia experimental” utilizando seres vivos. Como citado, por exemplo, em Charles Gross, 1998, p. 380; Renato Sabbatini, 1998; Hugh Laffolette et al., 1994, p. 195; e Jerome Tarshis, 1968, esse último com um livro intitulado: *Claude Bernard: father of the experimental medicine*. Muitas dessas atribuições de título a Claude Bernard devem-se, provavelmente, à interpretação dada ao seu livro *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*.

Georges Canguilhem faz uma breve comparação de Claude Bernard com René Descartes, no contexto de citações e menções aos dois pesquisadores de duas diferentes áreas do saber, que revela o *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, de Bernard, e o *Discurso do método*, de Descartes, como sendo, na maioria das vezes, citados por cientistas ou outros profissionais que desconhecem o contexto científico da época e o significado dos termos por eles citados. Canguilhem também ressalta a importância do conhecimento do contexto histórico e acadêmico no qual os pesquisadores estavam inseridos para que não sejam cometidos equívocos historiográficos (Canguilhem, [1965] 2009, p.19).

Desse modo, o presente estudo tem como objetivo analisar as ideias de Claude Bernard em três publicações relacionadas entre si. A partir de tal análise pretende-se tomá-las como base para reflexão sobre dois aspectos: a contribuição de Claude Bernard para a área de fisiologia experimental e a contribuição que os trabalhos do fisiologista possuem para aplicação da História da Ciência no Ensino de Ciências na contemporaneidade. Serão apresentadas e discutidas as seguintes publicações: a) o livro *Introduction ao estudo da Medicina experimental*, de 1865; b) *De l'origine du sucre dans l'économie animale* (A origem do açúcar na economia animal), de 1848; c) *Sur le mécanisme de la formation du sucre dans le foie* (Sobre o mecanismo da formação do açúcar no fígado), de 1855. As publicações de 1848 e 1855 foram integralmente traduzidas para língua portuguesa para servir como objeto de análise e subsidiar reflexões, apontamentos sobre o uso da História da Ciência como potencial ferramenta no Ensino de Ciências (Felisberto, 2017).

Intorduction à l'étude de la médecine expérimentale

No *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Claude Bernard expõe os princípios da Medicina experimental em três vertentes: a Fisiologia, a patologia e a terapêutica, fazendo algumas considerações gerais e descrições especiais sobre os procedimentos operatórios próprios de cada uma das divisões. O autor faz também comparações entre a pesquisa com seres vivos e não vivos e ressalta que a experimentação é “incontestavelmente mais difícil na Medicina do que em qualquer outra área da ciência” (Bernard, [1865] 1984, p. 26), provavelmente pelo fato de se trabalhar com seres vivos e com diversas variáveis a serem consideradas e de controle, que nem sempre é possível.

A estrutura da obra de Claude Bernard é dividida em três partes: 1) *Du raisonnement expérimental* (Do raciocínio experimental); 2) *De l'expérimentation chez les êtres vivants* (Da experimentação nos seres vivos); 3) *Applications de la méthode expérimentale a l'étude des phénomènes de la vie* (Aplicações do método experimental ao estudo dos fenômenos da vida).

Na primeira parte, existem dois capítulos que discutem a observação e a experiência e suas metodologias. No livro, o autor pondera que durante a experiência com seres vivos o pesquisador não pode observar todos os fenômenos que o cercam, mesmo dentro dos limites mais restritos, mas se ele

pretende fazê-lo há necessidade do uso de aparelhos especiais (Claude Bernard, [1865] 1984, p. 33). A primeira distinção que Claude Bernard faz a respeito das definições de observação e experiência é sobre a necessidade do ser humano de dar significado ao que ele observou e que tal distinção seria o ponto de partida para examinar as práticas experimentais (Bernard, [1865] 1984, p. 34).

A segunda parte (Da experimentação nos seres vivos) é pautada em diversas considerações sobre a experimentação com seres vivos. O autor faz uma longa discussão sobre a experimentação nos seres vivos e nos corpos brutos (ou inanimados) e levanta uma das principais objeções feitas por experimentadores nos estudos biológicos que é a espontaneidade da vida, ou seja, uma força interior que proporciona certo grau de autonomia para os seres vivos com relação às influências e variações do ambiente externo. Essa autonomia aumenta na medida em que o organismo se torna mais complexo, assim ele descreve o método experimental como semelhante nos corpos brutos e nos corpos vivos, mas a prática experimental não pode ser a mesma, isso é de certa forma perceptível por conta da organização considerada por ele como especial que os seres vivos possuem. A partir desse ponto ele sugere algumas orientações com o objetivo de prevenir os fisiologistas contra os erros mais corriqueiros na prática experimental. Tais orientações se referem não às propriedades comuns entre os corpos vivos e os brutos, mas no dinamismo das propriedades vitais e a complexidade de tais fenômenos (Bernard, [1865] 1984, p. 141-142). Essas orientações são também a sistematização do método experimental com seres vivos que ganhou destaque no meio científico.

Na terceira parte do livro, que trata de *Aplicações do método experimental ao estudo dos fenômenos da vida* há uma série de exemplos que buscam propiciar ao leitor uma melhor compreensão acerca da experimentação em Fisiologia. Em todos os exemplos o autor aspira explicitar o raciocínio e os procedimentos intelectuais. Ele deixa claro que a ideia não é de exemplificar modelos a serem seguidos, mas de melhor exprimir as suas ideias e modo de pensar (Bernard, [1865] 1984, p. 215). Vale ressaltar a importância desse pensamento de Claude Bernard no contexto do ensino, pois o que se pretende nas discussões sobre método(s) científico(s) é apresentar uma das diferentes formas de representar ideias.

Sobre os exemplos de observação e experiência da primeira parte, Jean-Gaël Barbara (2013) endossa as mesmas indicações de Henri Bergson e Georges Canguilhem quando sugerem que para uma melhor compreensão das discussões metodológicas da primeira parte do livro de Claude Bernard é necessária, antes, uma leitura da terceira parte do mesmo, onde se encontra o relato das pesquisas de Bernard em Fisiologia experimental (Barbara, 2013, p. 85).

Observação e Experiência

No *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Claude Bernard sistematizava o que ele conhecia como experimentação e discutia a aplicação do conceito, bem como trazia uma nova proposta para a utilização do termo. Na introdução de sua obra, o fisiologista menciona as definições de Francis Bacon (1561-1626), George Zimmermann (1728-1795) e Georges Cuvier (1769-1832). Segundo Claude Bernard, Francis Bacon parecia reunir os dois conceitos quando afirmava que a observação e a experiência serviam para acumular dados, enquanto a indução e a dedução serviam para interpretá-los, assim ele tomava observação e experiência como “duas boas máquinas do intelecto”. Claude Bernard ainda fazia a comparação entre as interpretações de Zimmerman e Cuvier a respeito de tais conceitos, em Zimmerman uma observação era algo que proporcionava conhecimento e a experiências seria resultado de qualquer intervenção na tentativa de explicar algo. Em Cuvier “o observador ouve a natureza; o experimentador interroga-a, e força-a a se revelar” (Bernard, [1865], 1984, p. 34).

Essas definições de observação e experiência representavam uma opinião geralmente aceita, em que a *observação* seria a constatação das coisas ou fenômenos da forma que a natureza oferece, enquanto a *experiência* seria a constatação de fenômenos criados ou determinados pelo experimentador. Claude Bernard descreve a visão desses pesquisadores em relação aos conceitos supracitados: “a *observação* como atividade *passiva* na criação dos fenômenos e a *experiência* como parte direta e *ativa* para a mesma.” (Bernard, [1865], 1984, p. 34).

O fisiologista estabelece ainda outro critério para a definição dos dois termos, para ele a tanto a *observação* quanto a *experiência* podem ser

classificadas como atividades passiva e ativa: se a observação for originada de ideias preconcebidas, é uma *observação ativa*; uma observação sem conhecimentos prévios dos fenômenos que podem ocorrer é uma *observação passiva* (Bernard, [1865], 1984, p. 34). Bernard exemplifica estes conceitos utilizando-se da observação astronômica: de um modo geral, se durante a observação de estrelas for verificada a passagem de um cometa, sem ter o conhecimento prévio de sua passagem naquele período, isso implica na *observação passiva* de um fenômeno. Já uma observação de um cometa quando há estudos que indicam que ele cruzará o céu em determinado período, é um tipo de observação em que há ideias preconcebidas, um conhecimento antecipado sobre a ocorrência do fenômeno. A este tipo de observação ele dava o nome de *observação ativa* (Bernard, [1865], 1984, p. 35).

O mesmo ocorre com a experiência, pois a mesma implica uma intervenção na ordem natural das coisas tendo efeito direto sobre o organismo. Ainda assim, para Bernard seria possível fazer algumas considerações a respeito da experimentação: quando existe a necessidade de se estudar o efeito do tubo digestório ou a ação do suco gástrico no estômago, por exemplo, pode ser realizada uma fístula gástrica com o objetivo de agir diretamente em outro meio. Considera-se então que a fístula realizada é a *experiência passiva*, de modo que ela é um meio para se chegar e interferir, ou não, no seu objeto de estudo definido. Por outro lado, e com outro exemplo, verifica-se a realização de uma *experiência ativa*: a mesma se desenvolve baseada em comparações entre o estado normal e o estado alterado do suco gástrico no estômago (Bernard, [1865], 1984, p. 36-37).

Claude Bernard afirma que as circunstâncias mais diversas podem servir de ponto de partida aos pesquisadores para investigações científicas. Mas considera que todas podem ser reduzidas a dois casos: a pesquisa experimental, tendo a observação como ponto de partida; a pesquisa experimental tendo uma hipótese ou teoria como ponto de partida (Claude Bernard, [1865] 1984, p. 216).

A origem do açúcar na economia animal: experimento de 1848

Segundo o historiador da ciência Mirko Drazen Grmek, Claude Bernard tinha interesse em estudar três componentes orgânicos: açúcares, lipídios e proteínas, mas sua vida inteira não parece ter sido suficiente para estudar os açúcares (Grmek, 1997, p. 207). Em algum grau, Bernard aparentava ter consciência da extensão da área de pesquisa e do quão promissora ela poderia ser para a Fisiologia, suas pesquisas sobre metabolismo de carboidratos possuem importância ora no domínio instrutivo para o conhecimento e tratamento de doenças relacionadas (ex.: diabetes), ora da história das ideias e processos de construção de determinado conhecimento (Grmek, 1997, p. 208).

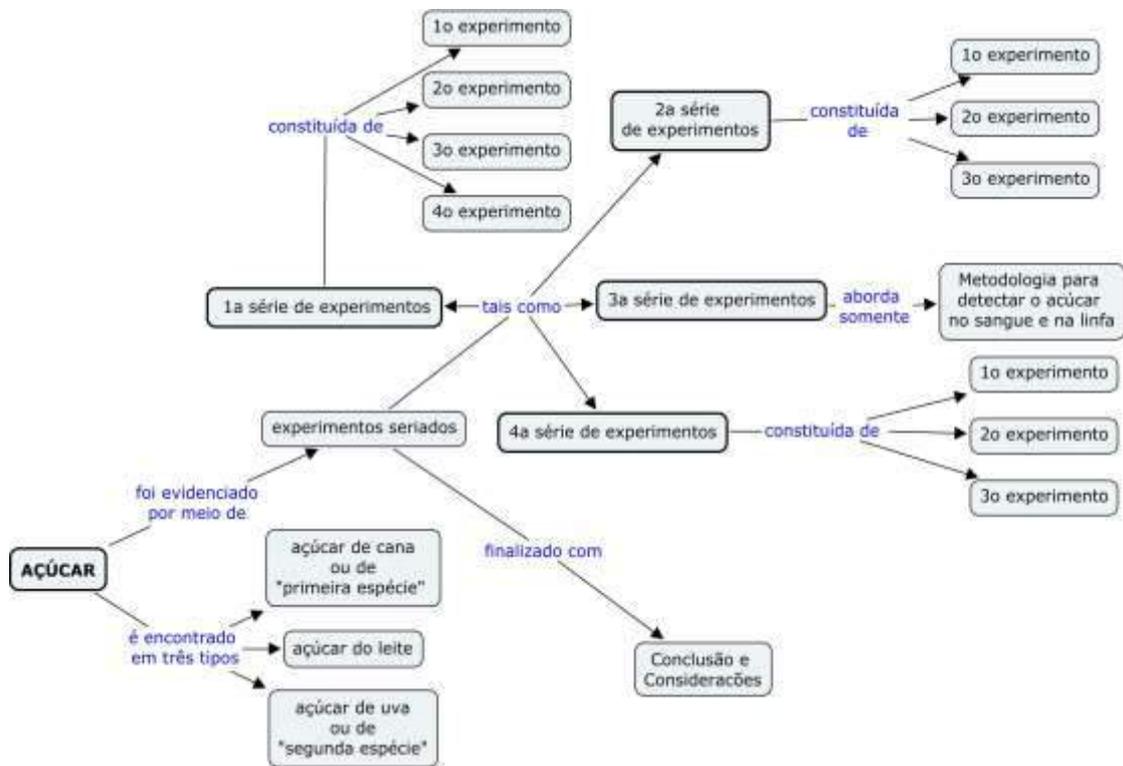
Um formato que nos permite analisar de modo mais detalhado e ao mesmo tempo detectar a relação entre o discurso da *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* e a prática exercida por Claude Bernard em seus experimentos é uma comunicação de 1848: *De l'origine du sucre dans l'économie animale* (A origem do açúcar na economia animal), apresentada na *Société de Biologie* (Sociedade de Biologia) em Paris.

Claude Bernard iniciou a comunicação com os seguintes questionamentos:

Os vegetais são incapazes de encontrar tudo preparado na Terra, e é evidente que eles produzem [alimentos] em seus próprios órgãos. Com animais, acontece o mesmo? Ou o açúcar que é encontrado em seus corpos é fornecido exclusivamente pelos vegetais com açúcar e amido que lhes servem como alimento? (Bernard, 1848, p. 303).

Esse questionamento é importante por fazer Claude Bernard observar que antes de tais afirmações não havia registros de experimentos que corroborassem ou contradissem a origem do açúcar nos animais. Isso o levou a elaborar quatro séries de experimentos, nas quais, dentro de cada uma delas, existiam cerca de três ou quatro experimentos, cada um com pequenas variações quando comparados entre si (figura 2). Tal série de experimentos nos permite analisar em cada ponto a metodologia e as indicações feitas por ele na segunda parte do *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Um esboço geral do desenho experimental de Bernard é ilustrado na figura 2.

Figura 2. Séries de experimentos de Claude Bernard de 1848 para investigar a origem do açúcar no sangue.



A primeira série de experimentos tinha origem na ideia de que o açúcar existente nos animais era proveniente de alimentos com amido em sua constituição. Nos quatro experimentos da primeira série encontram-se os animais utilizados, o tipo de alimentação que dos animais, o tempo aguardado para a digestão de cada um, o material que foi coletado, o material que foi analisado, bem como os diversos resultados que foram encontrados na análise desses materiais. Nessa primeira série de experimentos, de modo geral o fisiologista realizou os experimentos com mamíferos, ele providenciou uma alimentação variada: alguns animais com amido, outros com dieta proteica e um grupo de animais com restrição total de alimentos. O tempo de digestão para cada um dos animais apresentou pouca variação, um intervalo de diferença de aproximadamente duas horas, salvo o animal que teve restrição total de alimentos, pois Claude Bernard não considerava que esse animal precisava de tempo para digerir matéria orgânica. O material coletado foi o sangue das cavidades cardíacas que foi separado para que ocorresse a

coagulação sanguínea. O soro foi separado e analisado, o que mais chamou a atenção nos experimentos foi a presença de açúcar no soro coletado de todos os animais. Claude Bernard concluiu então que a presença de açúcar nos animais não está diretamente relacionada ao tipo de alimento que o animal ingere, pois tanto substâncias com amido, proteína ou mesmo na abstinência total de alimentos o sangue dos animais apresentou quantidades significativas de açúcar (Bernard, 1848).

A dieta livre de amido e a total abstinência geraram mais dúvidas em Bernard sobre a origem do açúcar e ele resolveu realizar uma segunda série de experimentos com animais submetidos a uma dieta proteica, uma dieta livre de açúcar e jejum absoluto. O material a ser coletado e analisado seria basicamente o sangue do tronco da veia porta, o sangue das cavidades do coração e alguns alimentos encontrados no estômago e intestino delgado (Bernard, 1848).

Na segunda série de experimentos Claude Bernard declarou que era evidente que o açúcar não era produzido no coração e que havia a necessidade de ele encontrar algum órgão com textura granular para realizar algum experimento em que ele pudesse encontrar quantidades significativas de açúcar. Depois de tatear os órgãos dos animais, Bernard encontrou no fígado algum indício de que ali poderia ser uma fonte de açúcar. Realizada a coleta do sangue do tronco da veia porta, e feita a análise do soro proveniente da coagulação, foi detectada a presença de grande quantidade de açúcar no sangue dos vasos sanguíneos próximos ao fígado (Bernard, 1848).

Na terceira série de experimentos, Claude Bernard buscou detalhar as técnicas e reagentes químicos por ele utilizados para detectar o açúcar no sangue ou em outros tecidos animais, Bernard afirmou que tal descrição era importante para que o experimento pudesse ser reproduzido por seus pares: “Nós devemos indicar, portanto, os procedimentos que foram utilizados para a investigação do açúcar, de modo que todos devem estar em posição de repetir os experimentos.” (Bernard, 1848, p. 310-311). Ao final da terceira série de experimentos Claude Bernard concluiu que, por uma série de reações químicas testadas por ele, o açúcar que foi encontrado nos tecidos animais é a glicose.

Claude Bernard constatou que havia uma grande concentração de açúcar no fígado, mas ainda questionava a origem dessa substância. Havia

duas hipóteses a serem testadas: I) o açúcar era o produto de alguma transformação ocorrida dentro do fígado; II) o açúcar era resultado de um acúmulo oriundo da alimentação. Uma observação de Claude Bernard estava relacionada ao tipo de alimentação:

Os animais alimentados com carne ou colocados em abstinência talvez tenham comido, podemos dizer, nos dias anteriores, pão ou açúcar, e como essas substâncias absorvidas especialmente pela veia porta, tiveram a necessidade de atravessar o tecido do fígado, podemos admitir que o fígado retém uma parte desse açúcar (Bernard, 1848, p.314).

Partindo desse ponto de vista, o pesquisador adotou duas novas medidas para instituir uma quarta série de experimentos: aumentar o tempo de digestão nos animais e também a realizar a secção dos nervos pneumogástricos.

O material coletado para análise foi o sangue e o fígado, mas o açúcar foi encontrado somente no animal do primeiro experimento, tanto no sangue quanto no fígado. O que levou Claude Bernard a concluir que a formação de açúcar ocorre no fígado, sofre influência do sistema nervoso e é independente de uma alimentação que tenha amido ou açúcares em seus constituintes.

Como o órgão central em seus estudos era o fígado, se fazia necessário conhecer bem sua anatomia e fisiologia. Pensando no Ensino de Ciências e aspirando compreender os experimentos de Claude Bernard, podemos pensar nas aulas de fisiologia animal para contextualizar a compreensão dos sistemas digestório e endócrino por exemplo.

Apesar dessas séries de experimentos fornecerem fortes indícios de que o fígado possuía função glicogênica, muitos pesquisadores de diferentes instituições apresentaram experimentos que conflitavam com a visão e as conclusões de Claude Bernard. Os que mais chamaram a atenção da comunidade científica do período faziam parte de uma comunicação de 1855, na qual Claude Bernard também publicou um de seus experimentos que hoje é conhecido como o 'Experimento do Fígado Lavado', no qual ele contesta os argumentos de alguns pesquisadores e descreve seu experimento. Esse

episódio trouxe uma contribuição relevante para compreensão da questão a respeito da função glicogênica do fígado.

O experimento do fígado lavado, de 1855

Um dos marcantes experimentos de Claude Bernard consistia em determinar ou demonstrar experimentalmente a formação do açúcar pelo fígado. Em uma de suas comunicações dirigidas apresentadas à *Académie des Sciences* (Academia de Ciências), em setembro de 1855, Bernard afirmava ter argumentos ‘incontestáveis’ sobre os seus experimentos (Bernard, 1855, p. 461).

A primeira afirmação tem referência em sua Memória de 1848 na qual ele realizou quatro séries de experimentos e afirmou que os animais tem, em seu organismo, a capacidade de produzir açúcar independente da ingestão ou da fonte de nutrientes externos (Bernard, 1855, p. 462). Em suas observações existe o registro de que o fígado possui função glicogênica, sua base está na observação de que o sangue que penetra no fígado pela veia porta não possui traços de açúcar, já o sangue que sai do fígado pela veia hepática contém proporções consideráveis de glicose¹⁴.

Segundo Claude Bernard, alguns dos experimentos analisados por ele naquele período que pretendiam contradizer seus escritos não foram frutíferos na época. Três comunicações foram apresentadas pelo médico e farmacêutico Louis Figuier (1819-1894) no mesmo *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Relatório da Academia de Ciências)* de 1855 (Bernard, 1855, p. 462). Ao longo da publicação, o fisiologista contesta cada um dos experimentos apresentados por Figuier, bem como suas críticas e técnicas. Posteriormente, Claude Bernard faz uma breve síntese a respeito de três pesquisadores e seus respectivos trabalhos sobre o tema: o químico Carl Schmidt (1822-1894), o médico e fisiologista Karl Gotthelf Lehmann (1812-1863) e o patologista Friedrich Theodor von Frerichs (1819-1885). De um modo geral, ele traz exemplos de concordância e convergência desses pesquisadores com relação ao tema estudado (Bernard, 1855, p. 464-465). Ainda no sentido de reforçar a

¹⁴ A trajetória simplificada descrita pelo sangue pobre em oxigênio na circulação pelo fígado é: veia porta - fígado - veia hepática

técnica utilizada para expor suas conclusões, fora realizada a descrição detalhada do que passou a ser conhecido como 'experimento do fígado lavado':

Eu escolhi um cão adulto, vigoroso e de bom porte, que por muitos dias foi alimentado exclusivamente com carne, e eu o sacrifiquei pela secção do bulbo raquidiano, sete horas após uma refeição abundante de tripas. Imediatamente o abdome foi aberto; o fígado foi removido para evitar a contaminação de seu tecido, e este órgão ainda quente e antes que o sangue tivesse tempo de se coagular [466] dentro de seus vasos, foi submetido a uma lavagem com água fria pela veia porta. Para tal, eu tomei um tubo de guta-percha¹⁵ com aproximadamente um metro e portando em suas duas extremidades pequenos bocais de cobre. O tubo sendo previamente preenchido com água. Uma de suas extremidades foi solidamente fixada no o tronco da veia porta até sua entrada no fígado, e a outra foi ajustada à torneira da fonte do laboratório de Medicina do Collège de France. Ao abrir a torneira, a água atravessou o fígado com uma grande rapidez, porque a força corrente da água foi capaz, assim que ela foi mensurada, de levantar uma coluna de mercúrio à 127 centímetros de altura. Sob a influência desta lavagem enérgica, o fígado se dilatou, a cor de seu tecido empalideceu e o sangue foi expulso com água que escapava em jato forte e contínuo pelas veias hepáticas. Após o fim de um quarto de hora o tecido do fígado estava aos poucos sem sangue e a água que saía da veia hepática estava inteiramente incolor. Eu deixei esse fígado submetido à lavagem contínua durante quarenta minutos sem interrupção. Constatei no início da experiência que a água colorida em vermelho jorrando pelas veias hepáticas estava açucarada e abundantemente precipitada pelo calor, e eu constatei que ao fim da experiência a água perfeitamente incolor que saía pelas veias hepáticas não possuía qualquer traço de matéria albuminosa nem de açúcar.

Então o fígado foi lavado e subtraído da ação do corante da água; e eu me assegurei, fervendo uma parte dele com um pouco de água, para garantir que seu o tecido estivesse bem lavado e não apresentasse mais traços de matéria açucarada. Seu cozimento não dava qualquer sinal de redução do líquido cupro-potássico, nem qualquer traço de fermentação com a levedura da cerveja. Saía do corte do tecido hepático e dos vasos rompidos uma pequena quantidade de líquido de aspecto turvo que não continha qualquer traço de matéria açucarada. Eu então deixei esse fígado em um vaso à temperatura ambiente e vinte e quatro horas passadas, eu constatei que esse órgão bem lavado de seu sangue, que eu havia deixado ontem completamente privado de açúcar, e durante meu exame se encontrava abundantemente provido de matéria açucarada. Foi suficiente para eu me convencer de

¹⁵ Tubo de látex <http://www.cnrtl.fr/definition/gutta-percha>

examinar um pouco do líquido que escorria ao redor do fígado, e que estava fortemente adoçado; em seguida, injetando uma pequena seringa de água fria pela veia porta e recolhendo essa água quando ela saía pelas veias hepáticas, eu constatei que esse líquido dava lugar, como a levedura da cerveja, a uma fermentação muito ativa e abundante (BERNARD, 1855, p. 465-466).

No final da comunicação, Claude Bernard ainda apontou que seu trabalho descreveu somente uma faceta da função fisiológica do fígado, que ainda existem muitas condições e metodologias pelas quais se podem pesquisar as funções dessa glândula para saber, por exemplo, por qual mecanismo ela secreta essa substância açucarada e que o auxílio dos químicos seria de grande valia para que as experiências nessa área tivessem progresso significativo (Bernard, 1855, p. 469).

O experimento realizado pelo fisiologista é de baixa complexidade, com utilização de recursos da Química, e revela a retomada das séries de experimentos de 1848, na qual ele fez a análise do sangue de diversas regiões do corpo e finalizou apontando a região hepática como produtora de açúcar.

Como consequências da descoberta da função glicogênica do fígado, percebe-se mais uma vez a variação metodológica nos experimentos. Podemos, por exemplo, comparar a metodologia de William Harvey, que seguia o encadeamento de alguns órgãos para detectar a formação de uma unidade autônoma – a circulação sanguínea –, e a metodologia empregada por Claude Bernard, que estudava uma substância específica (o açúcar) e suas modificações sucessivas e o órgão (fígado) que altera as propriedades da substância em estudo (Schiler, 1967). Isso claramente nos revela que o método científico não pode ser considerado como uma via única.

A utilização desse experimento nas aulas de Biologia tem grande potencial, pois se trata de um experimento relativamente simples e que pode ser adaptado para que se conheça o processo.

Ensino de Ciências e Natureza da Ciência

Nas últimas décadas, tornou-se notória a diversidade de estudos apontando a História da Ciência como potencial ferramenta a ser utilizada no ensino de ciências. Desde a década de 1970 tem-se notado o aumento do

interesse por um ensino contextualizado, com abordagens múltiplas (Prestes e Caldeira, 2009). Diversos países como Estados Unidos, Holanda, Inglaterra, Dinamarca e País de Gales têm tomado a iniciativa de incluir a História e Filosofia da Ciência nos documentos oficiais e de orientação curricular (Bizzo, 1992; Prestes e Caldeira, 2009). No Brasil, documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN⁺) e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) sugerem uma abordagem sócio-cultural na qual há necessidade de mostrar os conhecimentos científicos e tecnológicos como resultado de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social. No PCN ainda se justifica a utilização da História da Biologia meio de ensino quando se afirma que não é possível abordar todo o conhecimento biológico no ensino médio, que "O mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da Biologia como um movimento não linear e frequentemente contraditório" (Brasil, 2000, p. 19). Já na BNCC, se busca conhecer um pouco mais de outros fatores que podem ter forte influência na construção do conhecimento científico:

A contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura (Brasil, 2018, p. 550).

Nota-se, assim, que a preocupação com abordagens mais integradoras no ensino de ciências tem sido levada em consideração na discussão da construção de uma matriz curricular de ciências, que passa a dar maior significado à abordagem histórica. Introduzir na prática educacional a reflexão sobre os instrumentos e técnicas utilizados na pesquisa biológica é um dos modos de se introduzir uma visão mais adequada sobre a natureza do conhecimento científico.

Pensar em explorar a Natureza da Ciência (NdC), cuja definição não é consensual entre os pesquisadores que se debruçam sobre tal conceito, é uma tarefa que tem como ganho de formação, no mínimo, o exercício do

pensar sobre ciência. Alguns estudos apontam que as últimas discussões feitas em sala de aula questionam se o ideal é tratar apenas de ciência em geral ou de poucas ciências de forma mais aprofundada, questionam também se o ideal é discutir se alguns métodos são comuns a toda prática científica ou se esses métodos possuem diferenças significativas entre as diversas áreas de estudo (El-Hani, 2006; Kampoukaris, 2016). Na literatura consta que o objetivo principal da NdC é “descrever o que é a ciência, como ela é feita, por quais vias e o que a difere de outras atividades humanas”. Posto isso, El-Hani (2006) apresenta concepções consideradas adequadas sobre a NdC, com base nas propostas de McComas et al. (1998) e Gil-Pérez et al. (2001):

- Pluralismo metodológico;
- Natureza não-linear do conhecimento científico;
- Natureza conjectural do conhecimento científico;
- Coerência Global;
- Caráter Social da atividade científica.

Das contribuições que podem subsidiar a prática do professor, de acordo com o que afirmam Lederman (2007) e Acevedo-Díaz et al. (2016), faz-se necessário um enfoque explícito nas características da NdC a serem identificadas na HC. Então, é válido identificá-las e destacá-las nos experimentos e na biografia de Claude Bernard, sob o prisma da síntese feita por El-Hani (2006), McComas et al. (1998) e Gil-Pérez et al. (2001). Assim, teríamos:

- Pluralismo metodológico: Claude Bernard afirma que as circunstâncias mais diversas podem servir de ponto de partida aos pesquisadores para investigações científicas. Mas considera que todas podem ser reduzidas a dois casos: a pesquisa experimental, tendo a observação como ponto de partida; e a pesquisa experimental, tendo uma hipótese ou teoria como ponto de partida (Claude Bernard, [1865] 1984, p. 216). Ainda dentro dessa perspectiva, outras derivações metodológicas podem ser constatadas, tais como Observação Ativa, Observação Passiva, Experiência Ativa e Experiência Passiva. Quando Claude Bernard cita que a experimentação nos seres vivos tem mecanismos diferentes de pesquisa quando comparada as que são realizadas nos corpos brutos, também podemos perceber mais uma faceta do pluralismo metodológico.

- Natureza não linear do conhecimento científico: o “experimento do fígado lavado” ilustra essa característica quando se faz referência às séries de experimentos de 1848, bem como aos argumentos e experimentos da comunidade científica, que atestavam contrariamente ao que Claude Bernard postulava. Então, a retomada do mesmo experimento em 1855 nos apresenta uma atividade científica que não é cumulativa, tampouco linear. A existência de pelo menos dois períodos de desenvolvimento da pesquisa de Claude Bernard, um de descobertas e um de retomada e amadurecimento das ideias sobre as suas principais descobertas, clarifica um pouco mais essa não linearidade na história da ciência (Schiler, 1967, p. 16-17; Holmes, 1974).
- Natureza conjectural do conhecimento: essa característica é muito mais acentuada quando Bernard enfatiza a dificuldade de se controlar todas as variáveis nos experimentos realizados com seres vivos, quando comparados aos corpos brutos. François Dagonet, no prefácio da obra de Bernard, relata que o fisiologista não hesitava em mostrar seus possíveis erros, improvisações e dificuldades decorrentes da experimentação realizada aos olhos de seus alunos (Dagonet, 1984, p. 9). É notório que, mesmo com conhecimento adquirido por meio de experimentos, não há inferência de verdade absoluta a respeito de determinadas práticas.
- Coerência Global: Claude Bernard busca encontrar mecanismos comuns aos animais e vegetais em seus estudos de Fisiologia. Como exemplo desta tentativa de coerência global, temos as diversas espécies animais que lhe serviram de modelos experimentais. Uma de suas publicações também tem essa marca explicitamente no título – *Leçons sur les phénomènes de la vie commune aux animaux et aux végétaux, de 1879*. Sua comunicação de 1855, na qual menciona outros pesquisadores que tinham a função glicogênica do fígado como tema de estudo, explicitava a semelhança nas técnicas e modos de pensar dos diferentes coletivos de pensamento.
- Caráter social da atividade científica: diversos aspectos podem ser pontuados nesse item. É válido retomar sua biografia e lembrar a influência que seu casamento teve para a manutenção do financiamento de suas pesquisas. É válido também lembrar, em sua biografia, as reações do movimento antiviviseccionista que houve para que ele, bem como outros fisiologistas, não realizasse experimentos com animais, principalmente com animais tidos como

domésticos, como os cães. Do caráter social ainda podemos explorar toda a trajetória de Claude Bernard nas diferentes sociedades e instituições científicas pelas quais passou e sua possível influência, após o convite de Napoleão III, para redigir um Relatório (*Rapport*) sobre o progresso da ciência (Fisiologia) na França. As estruturas hierárquicas dentro da comunidade científica permitem-nos conjecturar que em alguma proporção houve influência nas formas de interpretar determinadas pesquisas, principalmente aquelas de autoria de seus opositores.

Associadas a essas concepções os apontamentos de Figueirôa (2009) faz reforçam o potencial da abordagem histórica e filosófica, que podem flexibilizar as formas de pensar para aceitação do contraditório. Quando trabalhamos com essa abordagem, passamos a notar que as verdades tidas absolutas, bem com os conceitos científicos amplamente aceitos, passam a ser mais questionados (Figueirôa, 2009). Ainda como exemplo prático, o emprego de alguns casos históricos em sala de aula pode facilitar a experimentação e compreensão de diversas mudanças, inclusive a compreensão de contendas científicas em que os fatores que levaram uma teoria à “vitória” poderiam estar mais associados aos fatores extracientíficos (Figueirôa, 2009). Posto isso, a conclusão a qual se pode chegar com as possíveis incursões de Claude Bernard no ensino de ciências se tratam, sobretudo, de acompanhar parte da construção do conhecimento científico e abarcar todas as possibilidades de discussões e questionamentos a respeito dos métodos e das influências diversas as quais os pesquisadores são submetidos, rompendo com a visão dogmática, imune e imutável da atividade científica.

Referências

Acevedo-Díaz, José Antonio; García-Carmona, Antonio (2016). Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia: fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur versus Liebig sobre la fermentación. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad**, Buenos Aires, v. 11, n. 33, p. 203-226.

Barbara, Jean-Gaël. Évolutions de la “méthode scientifique” dans l’école de Claude Bernard. In: Duchesneau, François; Kupiec, Jean-Jacques; Morange, Michel (org.) (2013). **Claude Bernard: la méthode de la physiologie**. Paris: Éd. Rue d'Ulm. p. 83-104.

Figueirôa, Sílvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Bernard, Claude. ([1865] 1984) **Introduction à l'étude de la médecine expérimentale**. Paris: Flammarion.

Bernard, Claude. (1855). Sur le mécanisme de la formation du sucre dans le foie. **Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences**, Paris, t. XLI, n. 13, p. 461-469.

Bernard, Claude. (1848). De l'origine du sucre dans l'économie animale. **Archives Générales de Médecine**, Paris. v. 18, p. 303-319.

Bizzo, Nelio Marco Vincenzo. (1992). História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? **Em Aberto**, Brasília, v. 11, n. 55, p. 28-35.

Brasil. (2000). **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SEMTEC. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

Brasil. (2000). **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/ SEMTEC. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 13 ago.

Brasil. (2018). **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME. 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

Canguilhem, Georges. ([1965] 2009). **La connaissance de la vie**. Paris: Vrin.

Cannon, Walter B. (1929). Organization for physiological homeostasis. **Physiological Review**, v. 9, p. 399-431.

Caponi, Gustavo. (2001). Claude Bernard y los límites de la Fisiología evolutiva. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v. 8, n. 2, p. 375-406.

Cziko, Gary. A biological perspective on purpose: the physiology of Bernard and Cannon. In: Cziko, Gary.(2000). **The things we do: using the lessons of Bernard and Darwin to understand the what, how, and why of our behavior**. Cambridge: The MIT Press, p. 51-58.

El-Hani, Charbel Niño. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: Silva, Cibelle Celestino (Org.) (2006). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 3-21.

Figueirôa, Sílvia Fernanda de Mendonça.(2009). História e Filosofia das Geociências: relevância para o ensino e formação profissional. **Terrae Didática**, v. 5, n. 1, p. 63-71.

Figueirôa, Sílvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Gil-Pérez, Daniel; Montoro, Isabel Fernández; Aiãs, Jaime Carrascosa; Cachapuz, António; Praia, João (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153,.

Grmek, Mirko Drazen (1997). **Le Legs de Claude Bernard**. Paris: Ed. Fayard.

Gross, Charles G. (1998). Claude Bernard and the constancy of internal environment. **The Neuroscientist**, v. 4, n. 5, p. 380-385.

Holmes, Frederic L. (1974). **Claude Bernard & Animal Chemistry**. Cambridge/Massachusetts: Harvard University Press.

Kampourakis, Kostas (2016). (The) Nature(s) of Science(s) and (the) Scientific Method(s). **Science & Education**, v. 25, p.1-2.

Lafollette, Hugh & Shanks, Niall (1994). Animal Experimentation: the legacy of Claude Bernard. **International Studies in the Philosophy of Science**, v. 8, n. 3, p. 195-210.

Lederman, Norman G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. **Handbook of research on science education**, v. 2, p. 831-879.

Marduel, Marie-Aymmé.(2006). **Claude Bernard: un physiologiste natif du Beaujolais - Sa famille, sa vie, son oeuvre**. Disponível em: <<http://marduel.com/dossiers/claude-bernard.pdf>>. Acesso em:: 20 mar. 2019.

McComas, William F.; Almazroa, Hiya; Clough, Michael P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. **Science & Education**, v. 7, n. 6, p. 511-532.

Prestes, Maria Elice Brzezinski. A arte de observar e fazer experiências. In: Alfonso-Goldfarb, Ana Maria; Beltran, Maria Helena Roxo (Org.). (2006). **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiência e experimentações**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 227-251.

Prestes, Maria Elice Brzezinski & Caldeira, Ana Maria de A. (2009) Introdução: A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**. v. 4, p. 1-16.

Sabbatini, Renato M. E. (1998). Claude Bernard: a brief biography. **Brain and Mind**, n. 6 [S.l.]. Disponível em:: <http://www.cerebromente.org.br/n06/historia/bernard_i.htm>. Acesso em: 20 mar. 2019.

Schiller, Joseph (1967). **Claude Bernard et les problèmes scientifiques de son temps**. Paris: Les Editions du Cèdre.

CAPÍTULO 04 – NAS PÁGINAS ÍNTIMAS DE UM AUTOR MARANHENSE: VESTÍGIOS DO ENSINO DE MATEMÁTICA NO SÉCULO XIX

Waléria de Jesus Barbosa Soares

Século XXI. Nas prateleiras em que se encontra o acervo raro da Biblioteca Pública Bendito Leite, um livro: *Página Íntima*. Publicado em 1874, bem deteriorado, suas páginas amareladas corroídas são marcas de um tempo. Ao folheá-lo, o seu conteúdo nos chama atenção: trata de matemática.

Que matemática é essa encontrada na obra? Quem escreveria um livro de matemática com esse título? Em qual (ou em quais) instituição escolar essa obra foi utilizada? Esses são questionamentos geradores desta pesquisa. Para respondê-los, precisou-se “viajar” para o século XIX e mergulhar em uma atmosfera bem diferente da atualidade.

Ao fazer considerações sobre a obra, compreendemos que era necessário ir além de suas páginas. Recorri à prosopografia, pois reconhecemos que esse método histórico nos ajudaria a compreender a obra como um todo, logo foi necessário conhecer seu autor, descobrir a respeito de suas características profissionais, seus precursores (Schubring, 2003).

Chegamos assim, a Roberto Antonio Moreira, o autor. Precisei então, construir um texto biográfico que me fez compreender que podemos aprender com a biografia dos outros, daqueles que foram os antepassados profissionais dos professores de matemática atuais (Valente, 2008).

Por fim, descortinando a obra e conhecendo o autor, adentramos nos possíveis lugares onde o livro *Página Íntima* foi (poderia ter sido) utilizado, ao conhecermos as instituições por onde Moreira trabalhou.

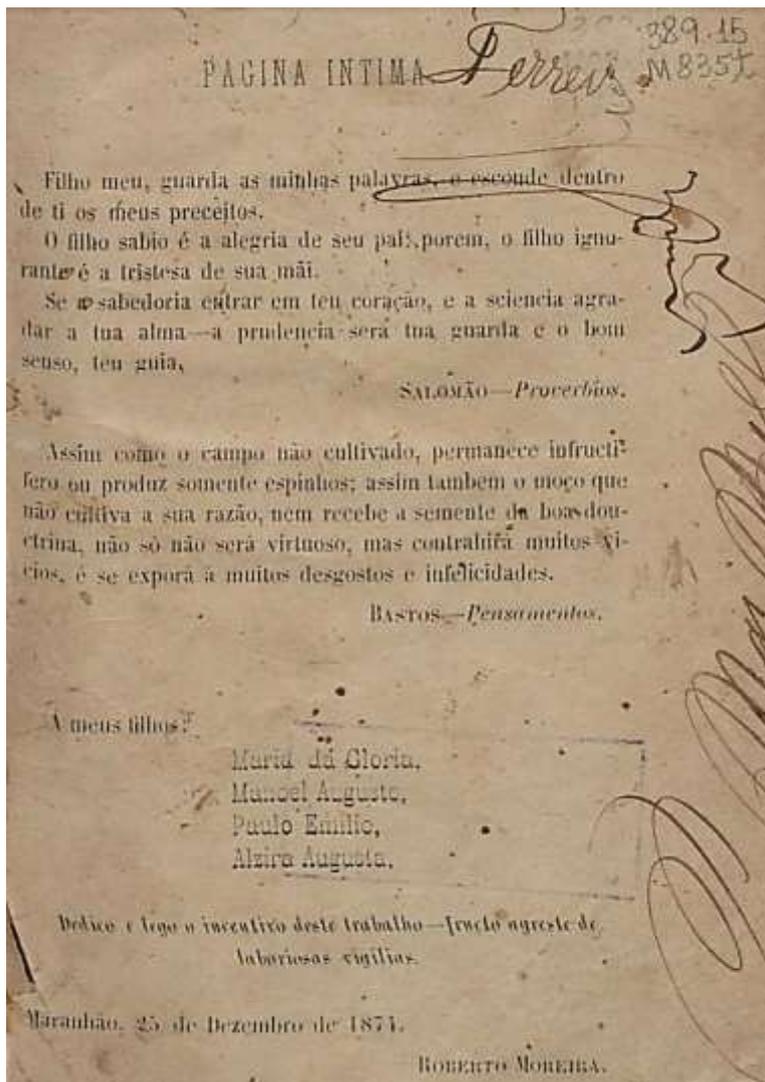
Mergulhamos nas fontes primárias dos arquivos maranhenses e envolvemo-nos em histórias contidas em textos, notícias de jornais, documentos escolares para então concordarmos com Ferrarotti (2010, p. 45), quando diz que “se todo o indivíduo é reapropriação singular do universal social e histórico que o rodeia, podemos conhecer o social a partir da especificidade irreduzível de uma práxis individual”.

Aceitar a subjetividade e a historicidade pulsantes nessa gama de materiais faz com que aceitemos que a história de uma sociedade pode estar contida na história de vida de cada autor ou docente, nas histórias de suas obras e nas histórias das instituições onde trabalharam.

A matemática no livro “Página Íntima”

O exemplar encontrado do livro “Página Íntima”, escrito por Roberto Antonio Moreira e publicado em 1874, na cidade de São Luís, não tem mais capa. Por isso, não temos informações sobre a tipografia no qual foi impresso.

Figura 1: Primeira página do livro “Página Íntima” de Moreira.



Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. I.

O autor oferece a obra aos seus filhos: Maria da Glória, Manoel Augusto, Paulo Emílio e Alzira Augusta. E ainda, na página de oferecimento grafa um pensamento e um provérbio que falam da importância dos estudos na vida de um jovem.

Após os agradecimentos, o autor faz uma apresentação sobre a obra, intitulada: “Atenda-se”. Inicialmente, traz um trecho de uma carta do pedagogo português, António Feliciano de Castilho (1800-1875) ao professor e poeta maranhense Sotero dos Reis. Esse trecho faz referência à importância da parte prática de um trabalho, destacando que a teoria, para quem aprende, chega a ser repugnante por suas abstrações. O autor esclarece que esta obra é a parte prática retirada de outra obra anterior sua, “Guia de Contabilidade”,

que por motivos como demora de publicação, dentre outros, não fora ainda publicada. A preferência pela prática é reforçada no decorrer da apresentação, pois o autor deixa claro que sua obra é diferente das demais, que contêm mais teoria, e ainda “nas quaes os seus autores, em geral, cingindo-se, ao positivismo das cifras, abstem-se de variações (Moreira, 1874, p. 1)”.

A obra contém 114 páginas, das quais a maioria é composta por tabelas de câmbio. Os conteúdos apresentam-se distribuídos em duas partes, da seguinte forma:

Quadro 1: Conteúdos do livro “Página Íntima”, de Roberto Moreira.

PARTE	TÍTULO	PÁGINA
Primeira	Sistema métrico decimal	01
	Preliminares	14
	Guia Geral: para a contagem da nova moeda cobre por meio do peso (tabela 10 e 20 reis)	33
	Guia Geral: para a contagem da nova moeda cobre por meio do peso (tabela 40 reis)	35
	Tabella para facilmente calcular-se e conferir-se por meio de números decimais quaisquer facturas, contas de vendas, contas correntes, calculo de juros, etc., em dinheiro sterlino, servindo também para as conversões da moeda (cálculos de câmbios). Tabellas complementares, de fracções de schillings e fracções de peny em decimaes Tabella simplificada de schillings e pence em decimaes para conferencia de facturas, contas de venda, calculo de comissões, juros etc. Tabella Synoptica dos typos dos cambios entre o Brazil, Inglaterra, Portugal, França e Allemanha: para conversão de quaesquer somas: regulados pela taxa do cambio inglez	39
Segunda parte: Medidas lineares, de peso, capacidade etc., e preços.	Tabella de redução de metros a covados, varas e jardas. Tabella de redução de covados a metros. Tabella de redução de varas a metros. Tabella de redução de jardas a metros. Tabella de conversão dos preços do metro para os do covado, vara e jarda. Tabella de conversão dos preços do covado, vara e jarda para os de metro. Tabella de redução de polegadas singelas a frações do metro e vice-versa. Tabella de redução de palmos singelos da vara a metros e vice-versa. Tabella de redução de polegadas inglesas a metros. Tabella de redução de pés ingleses a metros. Tabella para redução de libras inglesas a kilogramas. Tabella para redução de @ a kilogramas.	70

	Tabella para redução de libras a kilogramas. Tabella para redução de kilogramas a libras. Tabella para redução de kilogramas a @. Tabella para achar em libras e onças as frações de arrobas, reduzidas de kilogramas. Tabella para achar em onças e oitavas as frações de libras, reduzidas de kilogramas. Tabella de conversão dos preços de kilogramas para os de arroba. Tabella de conversão dos preços de arroba para os de kilogramas. Tabella de conversão dos preços de kilogramas para os de libra. Tabella de conversão dos preços de libra para os de kilogramas. Tabella de redução de gallons de petróleo, kerozene a kilogramas e litros. Tabella de redução kilogramas de kerozene para gallons e litros. Tabella de conversão dos preços de gallons de kerozene para os do kilograma e litro. Tabella de conversão dos preços de kilograma de kerozene para os do gallon e litro. Tabella de conversão dos preços relativos a arroba de 40 libras; preço usado pelo café com casca. Tabella de conversão dos preços da canada de óleo de copahyba para os preços do litro. Tabella de comparação de preços entre o antigo alqueire do Maranhão, o litro e o decalitro. Tabella para compra e venda de farinha e milho.	
--	---	--

Fonte: Extraído do Livro “Página Íntima”, 1874.

De forma sucinta, apresentaremos os conteúdos trabalhados na obra.

Na primeira parte, o “Sistema Métrico Decimal” é introduzido por meio da definição de medidas associadas a exemplos do cotidiano, como a linguagem como medida do pensamento, ou preceitos sobre religião, moral, legislação, como medidas da vida civil. Para o autor “a medida é um princípio que serve de meio e conduz a um fim (Moreira, 1874, p. 1)”. Portanto, o sistema métrico abarca o que se deseja medir e o sistema métrico decimal é um sistema fixo, uniforme e exato, de vários países, tão útil quanto seria a unidade das línguas.

O autor apresenta situações comerciais para explicar a relação entre medidas:

Figura 2: Exercício utilizando situação comercial no livro de Moreira.

Quando convencionalmente se dá mil reis pelo metro de uma fazenda, sem duvida que se troca o valor de uma medida, pela medida de um valor.

Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 3.

É interessante ressaltar que, ainda nesse capítulo, o autor traz a história da implantação do sistema métrico francês para explicar como se deu a elaboração do mesmo. Inclusive cita nome dos envolvidos nessa implantação, como “Laplace, Lefrange, La Borda, Condorcet, Mechain, Delambre, Lefreve, Gineaux, e os dous hespanhoes, d. Gabriel Ciscar e d. Agostinho Pedrayes” (Moreira, 1874, p. 5).

Ao tratar das unidades de medidas, Moreira utiliza situações do cotidiano ludovicense, como o fato de o Jornal do Commercio noticiar sobre a inauguração de um dique dando as dimensões em pés ingleses.

No capítulo “Preliminares”, ainda na primeira parte, o autor apresenta a definição de quantidades, consideradas como base para o entendimento das tabelas que ele introduz no capítulo seguinte. Também define fração e indica as unidas de medidas, sempre as exemplificando.

O autor reforça que para bom entendimento dos conteúdos futuros é necessário que os alunos tenham um prévio estudo sobre: frações decimais, quebrados e regra de três. Essa orientação indica a preocupação de Moreira com o bom andamento dos estudos dos alunos. Preocupação esta que se vê no decorrer do texto, através de expressões como “vejam”, “observem”.

Ainda nesse capítulo o autor trata da evolução do mundo, que contribuiu para o desenvolvimento do comércio, reforçando que as pessoas daquela época tinham telégrafos, litografias, prensa de copiar, tipografia portátil, enquanto que as de tempos anteriores não dispunham dessas inovações. Ressalta também que, antes, os meninos levavam de 5 a 6 anos na escola para aprender um ofício, enquanto que no tempo atual (do autor), chegavam a pagar-lhes para estudar. Observamos que essas críticas eram reflexos dos acontecimentos pertinentes à década de 70 dos oitocentos.

O autor admite que o estudo de cálculo é mais difícil do que, por exemplo, a leitura de um romance (não já seria um endeusamento da

matemática?). Justifica ainda, dizendo que a falta de paciência é que faz alguns jovens desistirem do estudo dos cálculos.

Mas, Moreira deixa bem claro àqueles que desejam estudar cálculo com o único fim de enriquecer que a inteligência é ainda mais importante do que qualquer valor financeiro. No entanto, quem bem estudasse para o Comércio teria emprego garantido. Nesse sentido, define o perfil desse profissional: tem que ter conhecimento em gramática, escrituração mercantil, contabilidade, língua francesa e inglesa, história e geografia, código comercial, noções de direito e estatística comercial, e boa letra.

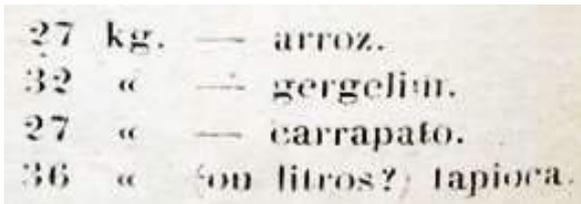
Em suas reflexões o autor deixa explícito que a vida pode pregar peças nas pessoas e que elas podem passar por certas dificuldades. Assim, há pessoas que passam por misérias devido a acidentes, mas há também aquelas que vivem na miséria por rirem das desgraças dos outros.

Todas essas considerações foram feitas antes de o autor apresentar as tabelas que foram inseridas na primeira parte do livro. Finalmente, ao apresentá-las o autor utiliza um pouco mais os cálculos matemáticos, mas não esquece suas reflexões.

Para cada tabela o autor apresenta como se calcula cada conversão. Para isso, utiliza a regra de três. Moreira enfatiza que todas as suas tabelas foram experimentadas na cidade de São Luís e, após os testes, os resultados coincidiram; assim sendo, ele as considera “satisfatoriamente exatas”, garantindo, inclusive, que quem as usasse não teria prejuízo. E ainda reiterava que, com essas tabelas, prestava um grande serviço à sociedade ludovicense que vivia do comércio.

Na segunda parte – “Medidas lineares, de peso, capacidade etc., e preços” – são apresentadas 29 tabelas de câmbio, que poderiam ser utilizadas em diversas situações no comércio. Alguns exemplos expostos na segunda parte do livro referem-se a situações que envolviam os produtos comercializados em São Luís, na década em que a obra foi publicada, tais como: querosene, azeite de carrapato, azeite de andiroba, verniz, que eram também constantemente oferecidos nos jornais da cidade:

Figura 3: Exemplo utilizando produtos comercializados em São Luís, no livro de Moreira.

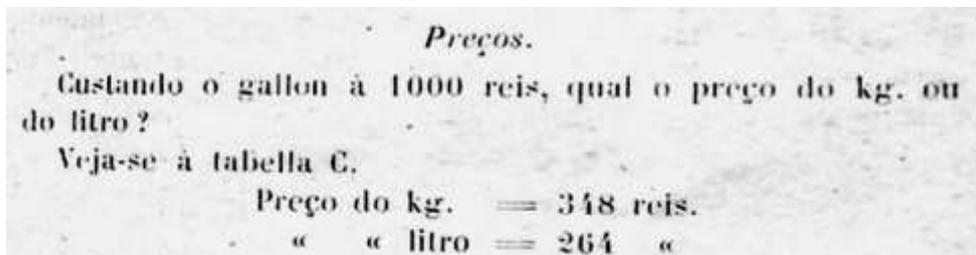


27	kg.	—	arroz.
32	«	—	gergelim.
27	«	—	carrapato.
36	«	(ou litros?)	tapioca.

Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 112.

Sobre as medidas para líquidos, o autor fala que pode ser utilizada tanto a medida por peso quanto por litro. Ainda frisa que, na capital, nos frascos utilizados para os líquidos cabiam, em média, dois litros.

Figura 4: Exemplo utilizando venda por quilo ou litro no livro de Moreira.



Preços.

Gustando o gallon à 1000 reis, qual o preço do kg. ou do litro?

Veja-se à tabella C.

Preço do kg.	=	348	reis.
« « litro	=	264	«

Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 107.

Uma análise sobre o livro página íntima

Algumas considerações precisam ser feitas sobre o livro *Página Íntima*, principalmente quando pensamos nos livros de matemática que eram utilizados na época, no currículo de matemática escolar que ia se constituindo no período em que ele circulou na cidade de São Luís e em quem o escreveu.

Entre os livros de matemática publicados no Maranhão ou publicados por maranhenses no século XIX, ele é o único que apresenta, ao longo de seu texto, referências de rodapé sobre aquilo que o autor achava interessante frisar (Soares, 2018).

Repleto de explicações e informações sobre fatos históricos e curiosidades, o autor é minucioso na contextualização de suas definições. O livro se mostra didaticamente diferente de todos os outros que analisamos:

Figura 5: Nota de rodapé encontrada no livro de Moreira.

(¹ Cousas dos homens! Tratam hoje de rectificar o metro; porque apesar de todo o escrupulo com que se calculou e se obteve a primeira medida (cujo primeiro exemplar, tirado em uma regua de platina sob a temperatura zero, se guarda no observatorio de Paris), descobriu-se uma diminuta differença, que faz o metro actual menor --0,083376 de um millimetro, (menos de um decimo de millimetro), differença que nada pode influir nas medidas estabelecidas e adoptadas, para o uso vulgar.

Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 5.

Ao longo do texto o autor propõe questionamentos fundamentados nos acontecimentos que envolvem a inclusão ou padronização de conceitos matemáticos, fazendo com que o leitor não apenas aceite um determinado conteúdo, mas que reflita, critique, sobre o fim do mesmo:

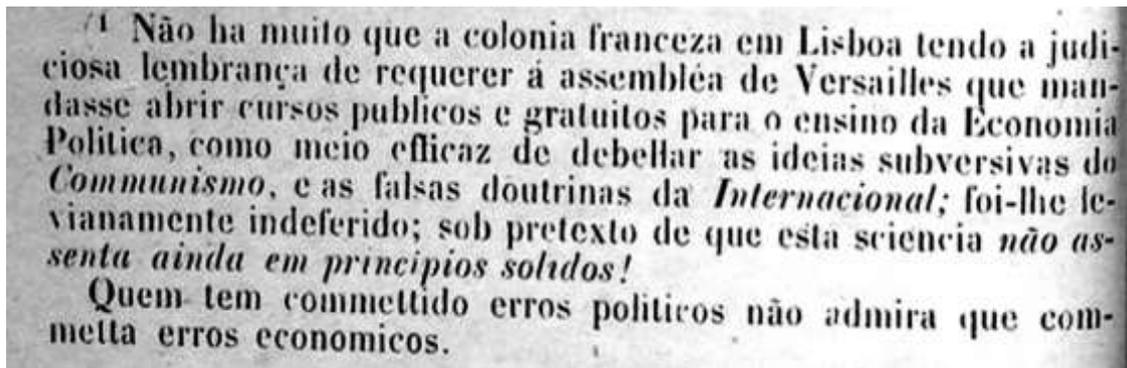
Figura 6: Questionamentos do autor Moreira, em seu livro.

Como aprofundar e desenvolver o estudo das produções e do consumo de um paiz; determinar os valores de sua industria etc., quando os elementos de sua estatistica agricolo-commercial, d'onde provem os dados officiaes, se os ha, não se baseam na exactidão e na uniformidade dos pesos e medidas? ²⁾

Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 6.

Comparações sobre a política que envolve a economia em outros países também são levantadas por Moreira:

Figura 7: Reflexões sobre política no livro de Moreira.

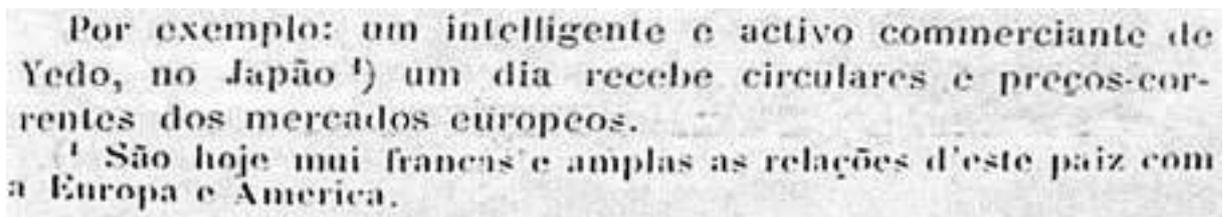


¹ Não ha muito que a colonia franceza em Lisboa tendo a judiciousa lembrança de requerer á assembléa de Versailles que mandasse abrir cursos publicos e gratuitos para o ensino da Economia Política, como meio eficaz de debellar as ideias subversivas do *Communismo*, e as falsas doutrinas da *Internacional*; foi-lhe levemente indeferido; sob pretexto de que esta sciencia *não assenta ainda em principios solidos!*
Quem tem commettido erros politicos não admira que commetta erros economicos.

Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 6.

O autor vai além: em seu texto, mostra-nos que conhece o mercado em Portugal, nos Estados Unidos e na Índia. Conhece, também, a relação existente entre países americanos com os países asiáticos, e frisa isso no seguinte exemplo:

Figura 8: Reflexões sobre as relações de mercado entre países no livro de Moreira.



Por exemplo: um intelligente e activo commerciante de Yedo, no Japão ¹) um dia recebe circulars e preços-correntes dos mercados europeos.
¹ São hoje mui francas e amplas as relações d'este paiz com a Europa e America.

Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 3.

Essas e outras observações servem, segundo Moreira, de introdução às tabelas que ele apresenta para uso no comércio no decorrer de seu livro. Isso nos deixa intrigados quando não conhecemos muito sobre o autor. Quem seria este homem que escreveu um livro tão diferente, questionador e instigante para o século XIX? Em quais situações escolares o livro teria sido utilizado? Nas aulas de comércio? Falaremos dele em breve.

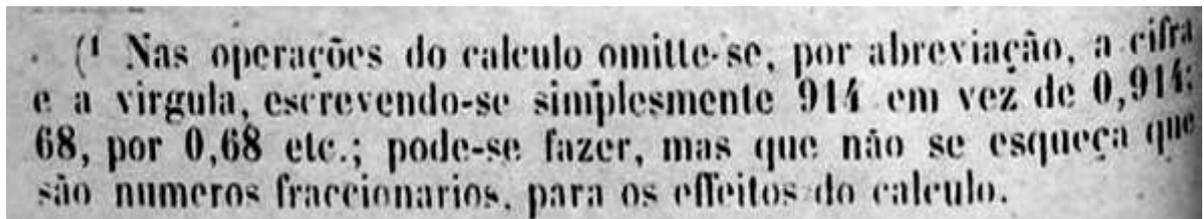
Ao tratar da relevância da matemática para a vida, Moreira fala de religião. Exemplifica utilizando a Maçonaria, ao dizer que um dos sete conhecimentos necessários ao homem é a aritmética. O autor considera então, que os maçons não vivem nas trevas.

Em meio a seu texto encontramos várias passagens que ressaltam a importância da educação. Segundo Moreira, cada um é responsável pelo seu futuro, pela sua inteligência, e cita o naturalista, matemático e escritor francês

Conde de Buffon (1707-1788), dizendo que “o genio, o talento, outra coisa não é senão a força da vontade; e da necessidade também nos persuadimos nós (Moreira, 1874, p. 22)”.

O autor também tem a preocupação de explicar algumas metodologias que podem ser utilizadas para resolução de um exercício. Por exemplo, define um procedimento sobre adição de números na forma decimal. Essa orientação poderia servir para que o professor direcionasse seu trabalho:

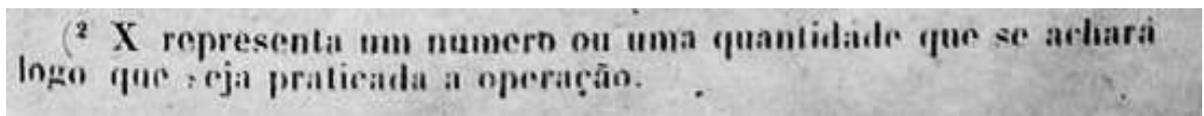
Figura 9: Metodologia para resolução de exercício no livro de Moreira.



Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 16.

Em outros momentos, também nas notas de rodapés, explica os termos matemáticos que utiliza:

Figura 10: Explicações sobre termos matemáticos no livro de Moreira.



Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 41.

Ou mesmo, o significado dos sinais matemáticos que apresenta:

Figura 11: Explicação sobre sinais matemáticos no livro de Moreira.



Fonte: Livro “Página Íntima”, 1874, p. 42.

Moreira questiona os métodos utilizados nas escolas. Vale-se de uma peça teatral do dramaturgo, ator e encenador francês Molière (1622–1673), na qual um professor ensina seu aluno por repetição e imitação, para falar dos métodos de ensino na sociedade ludovicense. Mas ele não acusa somente os professores por essas falhas. Pelo contrário, diz que os professores até conhecem novos métodos, mas não têm incentivos para adotá-los.

O autor compara a valorização dos professores com as dos soldados combatentes de guerra. Acreditamos que essa reflexão se deve à Guerra do Paraguai e seus reflexos no Maranhão. Para ele, com certeza existe premiação para os soldados combatentes que ensinam a matar e que utilizam armas bélicas, enquanto que, para os professores, desconhece quem os deseja premiá-los por seus trabalhos. Nesse sentido, acusa o governo de ser responsável pela situação da educação no Brasil e no Maranhão, pois verifica que, naqueles anos, para a educação é disponibilizada verba aproximadamente três vezes menor do que para as guerras.

Sabedor de que sua obra se diferenciava das demais, Moreira pede desculpas aos “leitores positivistas” por todas suas reflexões que intermeiam as tabelas apresentadas. Mas não deixa de citar em outro trecho que todas as suas reflexões têm utilidade.

Roberto Moreira e suas aulas de matemática: possibilidades de utilização do seu livro

Para conhecer Moreira, a partir de sua vida pessoal, seguimos pistas deixadas pelo tempo, pois acreditamos que ele “não passa sem deixar rastros, resíduos” (José, 2012, p. 12). Para conhecer Moreira como autor de livros didáticos, recordei as palavras de Bittencourt (2004, p. 481) que lembrou-me que “com maior ou menor autonomia, foram [professores] os criadores de textos didáticos que possibilitaram a configuração de uma produção nacional, com características próprias”.

Compreendemos a biografia como um instrumento privilegiado para análise e interpretação, na medida em que incorpora experiências subjetivas mescladas a contextos sociais (Paulilo, 1999, p. 142-143), de forma que contribui quando surge como uma possibilidade de revelar aspectos do fenômeno educativo até então não investigados.

Roberto Antonio Moreira nasceu no Maranhão, mas não sabemos a data. Era casado com Guilhermina Augusta Guimarães Moreira e juntos tiveram quatro filhos: Maria da Glória Guimarães Moreira, Manoel Augusto Guimarães Moreira, Paulo Emílio Guimarães Moreira e Alzira Augusta Guimarães Moreira.

Sua vida pessoal esteve entrelaçada à sua vida profissional, pois nesta também tinha a contribuição de sua família. Assim, no dia 07 de janeiro de 1874, abriu uma Aula de Comércio, em São Luís, para 22 alunos. Na aula inaugural, enfatizou que antes da seqüidão dos algarismos faria algumas considerações de harmonia com o seu programa de ensino.

Moreira iniciou a aula declamando poesias de Castilho, criador do Método Castilho de leitura, que consistia num método de ensino infantil da leitura baseado na utilização de uma cartilha. Em seguida, Moreira anunciou que condenava a leitura de textos extensos pelos jovens, assim como o gosto dos mesmos por versos para ele, duvidosos. Assim, inicia sua lição de cálculo, sem antes deixar de mencionar do que trataria nas aulas seguintes, como:

[...] o amor do trabalho e da própria profissão; história do comércio, sua importância e influência entre os povos; predicados da profissão de caixeiro, seus direitos e deveres que lhe dá a lei; valor do dinheiro como representante da propriedade e do trabalho; economia do dinheiro e do tempo, e o seu bom emprego; fugir de dívidas, evitar a miséria e suas consequências funestas (Diário do Maranhão, 10/01/1874, p. 2).

Ainda neste ano, ministrava aulas de Comércio, de Contabilidade e Escrituração Mercantil. É também de 14 de março de 1874, um dos primeiros anúncios de que Moreira publicaria uma obra para o ensino das aulas de comércio.

Figura 12: Anúncio de futura publicação de Moreira.

Guia pratica e methodica de contabilidade.—Vai publicar o sr. Roberto Moreira uma obra neste sentido; e, a julgar pelo titulo e pelas materias de que trata, deve ser muito interessante e util.

Fonte: Diário do Maranhão, 14/03/1874, p. 3.

Três dias depois, o anúncio de que a obra já estava no prelo:

Figura 13: Anúncio do livro “Guia Prática e Methodica de Contabilidade”.

ESTÁ NO PRÉLO
GUIA PRÁTICA E METHODICA
DE
CONTABILIDADE
AO ALCANCE DE TODOS.
Util e necessaria ás pessoas que lidam com algarismos, e carecem conhecer das operações arithmeticas mais geralmente usadas.
REDIGIDO E COMPILADO
POR
ROBERTO A. MOREIRA
Empregado no commercio e professor da aula de contabilidade e escripturação mercantil, na sociedade benéfica protectora dos
CAIXEIROS.
EDITORES E PROPRIETARIOS
A. PEREIRA RAMOS DE ALMEIDA & C.^a

Fonte: Diário do Maranhão, 17/03/1874, p. 3.

De acordo com o anúncio acima, o livro compreendia os seguintes conteúdos:

A taboada, definições etc. As quatro especies em decimaes, redução de quadrados á decimaes, e vice-versa para melhor compreensão e mais fácil aplicação do systema metrico, e para abreviar certas operações. O systema metrico decimal popular, e explicado, para os casos mais necessarios e triviais, com tabelas comparativas e exemplos que elucidam. Tabellas de fracções reduzidas á decimaes para simplificar calculos. Duas taboas dos dias do anno, para contas correntes, descontos etc. Methodo de tirar e conferir contas correntes com juros, pelos systemas mais simples e exactos. Tabellas de câmbios (de 22 a 28 pens por mil reis) com Inglaterra, Portugal e França: auxiliar importantíssimo. Notas diversas e uteis, como sejam: - Methodo de somar abreviado, sem nunca passar de desenove, seja qual for o numero de addicções. – Dito de simplificar certos calculos e faze-los mentalmente. – Theoria e pratica sobre proporções ou regra de três, para mais prompta solução de muitos problemas de reduções, conversões, juros, etc., difíceis á primeira vista, porem que o conhecimento desta regra facilita muito. – Redução de algumas moedas, medidas e pesos estrangeiros. – Idéas e regras á respeito das medidas cubica e quadrada. – Extractos da lei do sello – sobre sello fixo e proporcional em papeis comuns, etc.etc.etc. (Diário do Maranhão, 17/03/1874, p. 4).

No mesmo ano de 1874, Moreira anuncia outra obra publicada em São Luís: *Página Íntima*. Segundo Soares (2018), este livro “se mostra totalmente diferente e inovador [...], sendo capaz de tratar de política, economia, religião, educação, profissionalização, dentre outros temas tão pertinentes de serem discutidos, e tudo isso num livro que trata de matemática”.

Ainda em 1874, Moreira tem seu negócio em sociedade com o guarda civil, Frederico Augusto da Silva Guimarães, sob a firma de Roberto Moreira, Guimarães & C., falido, e num leilão, os móveis do estabelecimento são vendidos. Também foram vendidos os escravos que para eles trabalhavam. Ressaltamos que a falência foi declarada fraudulenta pelo juiz do comércio da época.

Na instrução, seus trabalhos envolviam o ensino de matemática e português. Assim, a partir de 1876, Moreira oferecia Aulas Noturnas de Contabilidade e Escrituração Mercantil, envolvendo problemas, exercícios e exemplos para quase todas as hipóteses matemáticas, através do método Sangey (que envolvia teoria e prática).

No final de 1877, suas aulas particulares aconteciam em sua própria residência, localizada no centro da capital (Rua do Sol, nº 99), ficando conhecida ainda como Escola Particular de Roberto Moreira.

O ensino nestas aulas/escola visava ao interesse e à emulação dos alunos, e ainda, abolia o castigo corporal, de forma que buscava banir do aluno qualquer medo que viesse a ter do professor, da escola e do próprio ensino. A emulação buscava despertar no aluno o sentimento que o fazia se igualar ou superar outrem. Mas deveria ser uma competição justa, com honestidade.

Em 1879, divulga o regulamento do Collégio de São Sebastião que só foi fundado posteriormente. Ainda no mesmo ano, o autor visa estabelecer nessa escola uma filial da Caixa Econômica. Esta ideia também seria acatada pelo professor de matemática João Miguel da Cruz, na Villa de São Bento, interior do Maranhão. Ambos os professores diziam que a intenção desta filial era levar lição de economia às escolas mais do que qualquer intenção de lucros (O Paiz, 24/05/1878, p. 2).

Moreira publica mais um livro em outubro de 1878, “Arithmetica do Povo”, impresso por Magalhães e C.^a. A obra visava suprir a falta de um material que auxiliasse no ensino do cálculo, já que para Moreira faltavam obras com esse objetivo, pois os autores escreviam mais sobre a leitura e a escrita.

Em 29 de janeiro de 1879, Moreira anuncia que, ao “Almanak do Diário do Maranhão” para o ano de 1879, iria junto a sua “Tabella de Câmbio”, considerada pelo autor de grande utilidade para os assinantes e leitores. E, no mês de fevereiro, anuncia nos jornais o seu curso primário, assim também como suas Aulas Noturnas.

Moreira também tinha um lado poeta, sempre que possível publicava suas poesias nos jornais. Algumas eram homenagens, como o tributo à memória do Dr Alexandre Théophilo de Carvalho Leal, também professor de matemática, melhor amigo do poeta Gonçalves Dias:

Um dia, quando a história, na página brasílica,
Contar d'um feito ilustre o grau manancial,
Dirá - colhi o modo na plástica cortesia
D'um raro Ciacinato... d'um Théophilo Leal.
Não fora destas éras que só discutem nomes,
E factos interesses de bastarda geração...
Vivera do passado, nas crenças puras, solidas;
Cabia-lhe o futuro na ardente aspiração
(Jornal O Paiz, 28/03/1879, p. 2).

Ainda em 1879, a Sociedade Beneficente Protectora dos Caixeiros faz um contrato com Moreira para que ele lecionasse Português e Escrituração Mercantil aos sócios que se interessassem. Para este Curso Elementar de Conhecimentos Úteis, o professor Moreira ofereceu um programa que envolvia as seguintes aulas: ler, escrever e contar; Exercícios práticos teóricos de prosódia e ortografia; Escrituração mercantil e contabilidade; e, Gramática portuguesa.

Em 1880, suas aulas noturnas passam a acontecer na Rua do Egyto no prédio da Sociedade Onze de Agosto, Centro de São Luís. No final deste ano, Moreira muda novamente de endereço, agora Rua dos Afogados, nº 45, para onde leva também suas aulas noturnas e diurnas.

É também em 1880, que Moreira ganha espaço no Jornal Diário do Maranhão. Podemos citar dois artigos que escreveu, nos quais o professor reflete sobre a educação. No artigo “O ensino escolar” (11/09/1880), tece comentários sobre a necessidade de reorganização dos conteúdos escolares desde o ensino primário, como forma de erradicar ou mesmo amenizar a precária alfabetização das crianças; em outro artigo, de 21 de setembro, ele condena o uso de castigos nos estabelecimentos escolares.

No Jornal O Paiz, sua presença não é diferente. Em 01 de junho de 1879, o artigo “A Reforma Ortográfica, na coluna Ciências, Letras e Artes”, traz à luz a discussão sobre o ensino de leitura e escrita; e o artigo “O Câmbio americano”, (23/07/1879), ensina como calcular o dólar em moeda corrente. Ressaltamos que o resultado do cálculo apresentado por Moreira foi contestado no mesmo jornal dois dias depois (25/07/1879), assinado por “O curioso”.

Em 1881 é anunciada a tiragem de “O Malho – chronica mensal”. Neste jornal, Moreira é título do artigo: “O Sr. Roberto Moreira e o ensino de desenho”.

Ainda em 1881, o Collégio de São Sebastião é finalmente criado, cuja direção ficou a cargo do professor Moreira e de sua esposa, Guilhermina Moreira. No seu funcionamento eram oferecidas, além do Curso Primário, aulas noturnas. O primeiro ocorria nas modalidades internato, semi-internato ou externato, ambos recebendo crianças, de ambos os sexos, até 12 anos de

idade. As aulas diurnas aconteciam das 10h às 14h (ou 15h) e as aulas noturnas das 19h às 21h.

O novo Curso Primário seria composto a princípio de nove matérias:

- Leitura, escrita, contas, doutrina cristã elementar, moral e civilidade prática-explicada.
- Ensino e exercício oral e escrito de prosódia e ortografia.
- Aritmética
- Gramática nacional
- Língua francesa
- Desenho geométrico
- Cálculo e escrituração mercantil
- Língua inglesa
- Ideias gerais sobre ciências, artes e indústrias, por meio de definições e explicações – à vista das melhores enciclopédias.

Sua organização, segundo Moreira, estava de acordo com as necessidades locais e populares. Para as meninas, depois que tivessem desenvolvido certo conhecimento, a pretensão era que frequentassem cursos manuais, como o de agulhas, entre outros, da mesma forma como aconteciam nas aulas das escolas para meninas.

Em 1883, Moreira continua a anunciar aulas noturnas em sua residência, que envolvem aulas primárias quatro vezes por semana, e aulas de cálculo e escrituração mercantil, três vezes por semana. Neste mesmo ano, ao ser publicado o Almanack do Diário do Maranhão para 1883, temos mais uma vez as contribuições de Moreira, pois,

Além do calendario e de indicações próprias de uma obra deste genero, traz as leis de companhias e sociedades anônimas e a do alistamento eleitoral e um contador elementar com 15 pontos de arithmetica applicaveis a usos communs methodicado pelo sr. Roberto A Moreira (Pacotilha, 17/03/1883, p. 3).

Quando em abril de 1883, ele viaja ao Pará, o Collegio São Sebastião fica sob responsabilidade de sua esposa e do sr. Carlos Rego, inclusive para admitir novos alunos. Moreira foi trabalhar na Casa de Águas do Gram Pará, como guarda-livros, fazendo o balanço de contas gastas pela companhia.

Em 1885, publica mais um trabalho que auxiliaria nas aulas de comércio:

Figura 14: Anúncio de venda da “Taboa Synoptica de Cambio”.



Fonte: Diário do Maranhão, 08/05/1885, p. 3.

No Ceará, em novembro de 1886, na sessão do Conselho da Instrução Pública de Fortaleza, foi anunciado o recebimento do “opúsculo denominado – Subsidio Industrial – de Roberto A. Moreira” (O Libertador, 25/11/1886, p. 2).

Em 24 de dezembro, novamente no Pará, o próprio Moreira assina uma nota chamada “Gratidão” comentando a dor da perda da filha, Maria da Glória, em 1888.

O seu interesse pela matemática e pelas aulas de comércio acarretam a escrita de mais um livro. Em junho de 1892, já em São Luís, Moreira afirmava que sua obra que ainda viria a ser publicada – denominada Memoradum Commercial – não se refere a umas tabelas de câmbio que estavam sendo distribuídas pela cidade e que seriam cópias fiéis de uma obra também chamada Memorandum – de autor desconhecido.

De fato, o anúncio da venda de sua obra veio no mês seguinte: “Memoradum Commercial (de Roberto Moreira). A venda depois de 20 deste mez. Agentes. Julio Ramos & C” (Pacotilha, 06/07/1892, p. 1).

Três dias depois do anúncio da venda de sua obra, Moreira se despede mais uma vez dos amigos em São Luís. Ele regressa novamente ao Pará e, assim, “faz votos ainda para que esta terra maranhense, sem desmentir as

tradições de Athenas brasileira saúda o novo século sobre os focos de Manchester da União, tal como os factos promettem” (Pacotilha, 09/07/1892, p. 2).

Em Belém, ele trabalhou como professor no Instituto Benjamin Constant. Em 31 de maio de 1899, chega novamente em São Luís, mas fica somente até 04 de agosto, retornando para Belém.

Roberto Antonio Moreira morreu em 1903, em Belém. Sobre sua morte, anunciou o jornal Pacotilha, de São Luís:

Figura 15: Anúncio da morte de Roberto Moreira.

Na capital do visinho Estado do Pará, falleceu o maranhense Roberto Moreira, habilissimo guarda-livros naquella praça.

O finado deixou varios trabalhos sobre escripturação mercantil, de cuja materia era lente no Instituto Benjamin Constant, de Belem.

Era um homem muito trabalhador e honesto, sendo, por isso, geralmente estimado.

**Apresentamos sentidos peza-
mes a sua exma. familia.**

Fonte: Pacotilha, 25/02/1903, p. 1.

Acreditamos que os locais por onde um autor transita como professor sejam espaços por onde suas obras são possíveis de estar. Desta forma, compreender a trajetória de Roberto Moreira como professor e conhecer as instituições escolares ou as aulas por ele oferecidas, permite-nos supor que suas obras (e aqui nos referimos àquela, objeto deste artigo) lá estiveram sendo utilizadas.

Considerações finais

Na escrita deste trabalho seguimos Bloch (2001) e nos relocalamos, primeiramente, banhada pela atmosfera mental de um tempo, face a problemas que não pertenciam à sociedade maranhense de hoje, pelo menos não na

mesma conjectura, e tomando Ginzburg (2002, p.152) “a partir de dados aparentemente negligenciáveis, remont[ei] a uma realidade complexa não experimentável diretamente” que de alguma forma nos fez acreditar que “alguém passou por lá”.

Buscamos saber que matemática estava por trás de um livro cujo título é Página Íntima. Encontramos uma obra totalmente diferente e inovadora, sendo capaz de tratar de política, economia, religião, educação, profissionalização, dentre outros temas tão pertinentes de serem discutidos.

Buscamos conhecer o autor da obra. Encontramos Roberto Antonio Moreira constituído em seu tempo, a partir das relações com seus familiares, amigos e profissionais envolvidos em seu dia a dia.

Todo o contexto apresentado nos faz acreditar que Moreira foi um expert em seu tempo, pois foi reconhecido pela comunidade a que pertencia e pela sociedade em que viveu, sempre em relação à sua expertise profissional (Morais, 2017). Ele esteve envolvido com os intelectuais de sua época, principalmente, aqueles envolvidos com a matemática (Soares, 2018).

Suas aulas particulares em sua residência ou nas escolas por onde trabalhou ou na escola que fundou, faz-nos acreditar que nesses espaços sua obra circulou. Faz-nos também perceber vestígios do ensino de matemática.

Conhecer a história de Moreira, parente profissional tão distante no tempo, mas não no espaço, leva-nos, enquanto professores de matemática, a acreditar que “seguimos o nosso caminho profissional na expectativa de melhor utilizar a herança que esses parentes nos deixaram profissionalmente, construindo novas práticas e saberes com esse legado” (Valente, 2008).

Acreditamos enfim que, descortinar histórias de livros escolares, de histórias de vida de professores/autores de livros de matemática, aproxima-nos do entendimento de como se construiu o ensino de matemática no local e tempo investigados – contribuindo, portanto, para compor um quadro do Brasil.

Referências

Bittencourt, C. M. F. (2004). Autores e editores de compêndios de livros de leitura (1810-1910). **Educação e Pesquisa**, 30(3), set./dez., p. 475-491.

Bloch, M. (2001). **Apologia da história**: ou ofício de historiador. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Ferrarotti, F. (2010). Sobre a autonomia do método biográfico. In: Nóvoa, A.; Finger, M. (Org.). **O método (auto)biográfico e a formação**. Natal, RN: EDUFRRN; São Paulo: Paulus.

Ginzburg, C. (2002). Sinais: raízes de um paradigma indiciário. In _____. **Mitos, Emblemas e Sinais**. 2. ed. São Paulo: Cia. das Letras.

Jornal Diário do Maranhão, 08/05/1885, p. 3.

Jornal Diário do Maranhão, 10/01/1874, p. 2.

Jornal Diário do Maranhão, 14/03/1874, p. 3.

Jornal Diário do Maranhão, 17/03/1874, p. 4.

Jornal O Libertador, 25/11/1886, p. 2.

Jornal O Paiz, 25/07/1879, p. 2.

Jornal O Paiz, 23/07/1879, p. 3.

Jornal O Paiz, 24/05/1878, p. 2.

Jornal O Paiz, 28/03/1879, p. 2.

Jornal Pacotilha, 06/07/1892, p. 1.

Jornal Pacotilha, 09/07/1892, p. 2.

Jornal Pacotilha, 17/03/1883, p. 3.

Jornal Pacotilha, 25/02/1903, p. 1.

José, E. (2012). **Memória, cultura e literatura** – O prazer de ler e recriar o mundo. São Paulo: Paulus Editora.

Morais, R. S. (2007). Experts em educação e a produção de saberes no campo pedagógico. **Revista de Matemática, Ensino e Cultura**, Ano 12, n. 26, set-dez., p. 61-70.

Moreira, R. A. (1874). **Página íntima**. São Luís: [s.n.].

Paulilo, M. A. S. (1999). A Pesquisa Qualitativa e a história de vida. **Serviço Social em Revista**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 1-153, jul./dez.

Schubring, G. (2003). **Análise histórica de livros de matemática**: notas de aula. Campinas: Autores Associados.

Soares, W. J. B. (2018). **XIX – uma história, uma cidade e os primórdios da matemática escolar**. Curitiba: Appris.

Valente, W. R. (2008). Quem somos nós, professores de matemática? **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 28, n. 74, jan./abr., p. 11-23.

**PARTE II: PRÁTICAS –
CURRÍCULO, MATERIAIS E
IDEIAS**

CAPÍTULO 05 – A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS

Daniela Furtado Campos e Jefferson de Lima Picanço

O Ensino de Ciências (EC) tem recebido críticas por apresentar uma Ciência neutra, masculina e cheia de verdades absolutas (Martins, 2007; Gatti; Nardi; Silva, 2010; Assis, 2010). Para que pensamentos assim possam ser revistos é que alguns autores (Figueirôa, 2009; Delizoicov; Delizoicov, 2012; entre outros) defendem a inserção da História da Ciência (HC) no EC, não como salvadora dos problemas educacionais, mas como um instrumento colaborador para tornar as visões de ciências mais maleáveis, críticas e contextualizadas.

O EC é importante para que os cidadãos sejam formados conscientes e habilitados para, criticamente, analisar a tecnologia e suas relações com a sociedade, economia, política, ambiente, entre outros (Gandolfi; Figueirôa, 2014). Segundo Brito e colaboradores (2014), por meio de análises histórico-epistemológicas, percebe-se que diversos fatores influenciam o processo de construção do conhecimento científico, e que não será possível uma compreensão histórica se o contexto cultural em que alguém produziu conhecimento não for observado. Essas análises abrem caminho para o ensino de HC no ensino.

Para que este tipo de EC aconteça em nossas escolas é importante investir na formação inicial e continuada dos professores. As instituições responsáveis pela formação inicial desses profissionais poderiam oferecer em sua matriz curricular disciplinas de cunho histórico-filosófico para que seus alunos, futuros professores, pudessem conhecer o processo de construção do conhecimento científico.

Buscando conhecer a realidade desse tipo de conteúdo na formação de professores de Ciências é que desenvolvemos nossa pesquisa de mestrado entre os anos de 2014 e 2016, e optamos por responder à questão: como era desenvolvida a HC nos cursos de formação de professores da área de Ciências no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)?

O nosso objetivo geral foi caracterizar a HC desenvolvida na formação de professores de Ciências no IFG. Para isso analisamos os Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC) de Licenciatura da área de Ciências e procuramos conhecer o pensamento dos docentes que ministram disciplinas de cunho histórico-filosófico, ou seja, que houvesse abordagens que envolvessem HC. Por conta das entrevistas nosso trabalho foi submetido ao comitê de ética da UNICAMP, tendo recebido aval do comitê (CAAE: 45757615.0.0000.5404).

Optamos pelo IFG por ser uma instituição centenária, pública, consolidada no Estado de Goiás, e respeitada por oferecer ensino de qualidade a seus alunos. Outro aspecto que influenciou a escolha foi o fato de tal instituição ter ampla tradição na educação profissional e tecnológica e que, a partir da Lei Federal n.º 11.892/2008, passou a ter a obrigação de oferecer 20% de suas vagas para a formação de professores, preferencialmente nas áreas de Ciências da Natureza e Matemática.

Analisamos os PPC e documentos oficiais que regulamentam o funcionamento dos mesmos por meio de elementos da pesquisa documental (Malheiros, 2011; Gil, 2008). Para que os dados da pesquisa fossem ampliados e se refletissem numa melhor compreensão do tema, realizamos entrevistas com professores formadores, as transcrevemos e analisamos buscando pontos de convergência e divergência em relação aos documentos estudados.

Organizamos a estrutura deste capítulo conforme a seguinte ordem: revisão da literatura sobre a HC e o EC; caracterização do IFG e descrição da situação da HC em suas Licenciaturas na área de Ciências; e as possíveis conclusões.

História da Ciência e o Ensino de Ciências

A inclusão de HC no ensino tem sido assunto de pesquisas (Assis, 2014; Matthews, 1995; Figueirôa 2009; Delizoicov; Delizoicov, 2012) que indicam grandes benefícios e vantagens para a inserção de conteúdos histórico-filosóficos no EC. Apresentam como resultados a formação de cidadãos mais críticos, a formação de visões não destorcidas da ciência, motivação educacional, entre outros pontos positivos. Mesmo estas pesquisas indicam algumas dificuldades para a utilização da HC no ensino, e outras pesquisas apontam a impossibilidade de se ensinar uma “verdadeira” HC.

O trabalho de Martins (2007) aponta dificuldades para a inserção da HC no ensino, que também são mencionados no trabalho de Gatti, Nardi e Silva (2010), a saber: a falta de tempo nas aulas; o preconceito dos alunos e da própria escola; a falta de conhecimento sobre o tema; a falta de material disponível; o currículo escolar focado nos exames; o pouco hábito de leitura dos alunos. Nesses trabalhos os licenciandos expõem suas dificuldades pessoais com o conteúdo, as dificuldades de encontrar material didático adequado para o ensino em sala de aula, as dificuldades em romper com a “tradição” das escolas que visam o vestibular/ENEM e com os alunos que são resistentes as inovações. Alguns graduandos não acreditam que esse tipo de conteúdo possa motivar os alunos, que a falta de tempo atrapalha o planejamento de atividades que envolvam o conteúdo e outros que acreditam que o tema deva ser trabalhado em horários extra ou como introdução ao assunto.

Como os autores apresentam existem dificuldades para a inserção de HC nos currículos como a posição “conservadora” de alguns professores, que estão acostumados a trabalhar de certa forma e não se imaginam trabalhando com dados históricos sobre a Ciência que ministram ou com debates em que os alunos “ganham voz” para conversar e aprender sobre determinado tema. Outra dificuldade que pode ocorrer é a posição passiva do aluno que já está acostumado com aulas em que ele só responde exercícios e fica calado.

Defendemos a inserção da HC no EC por entendemos, assim como Silva e colaboradoras (2008), que a utilização de HC em todos os níveis escolares pode facilitar a compreensão dos conteúdos e uma visão crítica da Ciência. O uso da HC pode motivar os alunos e contextualizar os conteúdos.

Schemeidecke e Porto (2014) dizem que é preciso que tenhamos interesse pelo contexto social na construção da Ciência, que observemos a presença de rupturas durante o processo do conhecimento científico, que vejamos a contribuição de outros tipos de conhecimento, como: astrologia, saberes populares, magia, com a participação de outros povos, não só os europeus, na busca pela compreensão e produção de ideias científicas. O EC é marcado pelo eurocentrismo e a HC pode ajudar a entender que as origens do conhecimento científico estiveram ligadas à religião e à mitologia (Pereira; Silva, 2009). Chassot (2006) nos alerta que precisamos fazer uma releitura da

Ciência como cidadãos latino-americanos que somos, que devemos levar para a sala de aula os conhecimentos produzidos pelos pré-colombianos e falar de uma Terra que tem história anterior ao descobrimento das Américas pelos europeus.

Outro ponto em que a HC é fundamental, segundo Assis (2014), diz respeito ao papel e ao espaço das mulheres na Ciência, o fato de o ensino ser mais contextualizado e humanizado aproxima as mulheres do conhecimento científico. Para Matthews (1995), mesmo sendo um grande desafio a continuação das mulheres nos estudos científicos, a HC é uma importante aliada para a quebra destes ciclos, pois ao discutir a construção do conhecimento científico o papel desempenhado pelas mulheres na ciência se revela, servindo de estímulo para as alunas. Um ótimo exemplo a ser citado são as contribuições de Marie Curie para a Física e a Química, se tornando a primeira pessoa a receber o Prêmio Nobel duas vezes, primeiro o Nobel de Física e anos depois o Nobel de Química.

Do ponto de vista do ensino podemos utilizar a HC a partir de episódios históricos (Brinckmann; Delizoicov, 2009; Bastos; Krasilchik, 2004; Martins, 2004) e textos originais (Gandolfi; Figueirôa, 2014). Dias e Martins (2004) sugerem debates em sala de aula sobre as influências de fatores políticos, religiosos, sociais, econômicos. Eles dizem que é importante ilustrar aspectos da Filosofia e metodologia da Ciência, como a provisoriedade e mutabilidade do conhecimento científico, favorecendo a construção de uma visão orgânica e sintética sobre a Ciência.

Tavares (2010) diz que o tipo de abordagem histórica a ser usada nas aulas vai depender de qual concepção de ensino o professor utiliza, e que ao planejar sua aula ele pode recorrer a algumas delas. A do tipo internalista, por exemplo, prioriza conteúdos intrínsecos da própria Ciência. A do tipo perfil epistemológico discute os conteúdos a partir da vida de personagens históricos. A do tipo externalista enfatiza questões externas à comunidade científica para discutir os rumos da Ciência. A que utiliza os documentos originais apresenta a HC apoiada em textos produzidos pelos próprios cientistas. A que usa a reconstrução da HC por meio de teorias de dinâmica científica, em que a teoria é usada como referência para o desenvolvimento de atividades. Por fim, a do tipo que explora a experimentação, ou seja, serve-se

de instrumentos antigos e estuda a HC por meio de experimentos ou construção de instrumentos. Ele acredita que os vários tipos de abordagens históricas usados em sala de aula podem favorecer uma ampla e complexa construção do conhecimento científico.

Segundo Delizoicov e Delizoicov (2012), a HC deve ser incluída nos currículos dos cursos de formação de professores para que estes melhorem suas concepções sobre a Natureza da Ciência, tenham consciência de que aspectos externos influenciam a prática científica; que compreendam os momentos e as razões que transformam o conhecimento científico e entendam que foi necessária paciência e persistência para que mudanças acontecessem nas teorias. Eles argumentam também que a inserção da HC ajuda na problematização de visões da Ciência e auxilia o planejamento de atividades didáticas, promovendo questões que fujam da reprodução mecânica e memorização de exercícios, dando significação às questões pretendidas e melhor entendimento para as mesmas.

Ferreira e Ferreira (2010) dizem que o professor precisa continuar seus estudos além da formação inicial. A formação continuada para eles tem que oferecer mais do que conhecimentos novos, precisa provocar uma ressignificação dos conteúdos já apreendidos e vistos durante toda a caminhada profissional. Matthews (1995) diz que os cursos para a preparação dos professores que forem atuar com conteúdos de HC devem ser teóricos e práticos, emergindo de temas, materiais ou problemas dos próprios professores, levando-os a compreender suas responsabilidades sociais e profissionais. Para Penitente e Castro (2010) é esperado que os profissionais formados busquem compreender as relações entre as pessoas e o conhecimento, a educação, o ensino e a escola, que tenham consciência política, que sejam mediadores, estimuladores do pensamento autônomo, que permitam a dúvida e sejam criativos.

Por ter um potencial elevado para a compreensão do caminhar do conhecimento científico, os conhecimentos histórico-filosóficos podem ser importantes para o desenvolvimento do pensamento crítico, além de ajudar na significação dos conceitos para o futuro professor, e conseqüentemente, para os seus futuros alunos. Por isso é que defendemos a inserção da HC nos currículos dos cursos de formação de professores.

Instituto Federal de Goiás

Para a construção de um panorama histórico do IFG pesquisamos no *site* da instituição. Notamos que ao longo desse processo a maioria das unidades foram sendo instaladas na proximidade de Goiânia e Brasília. Como ela descende de uma antiga escola técnica industrial, seu perfil é voltado para a população urbana, preocupada com a formação de mão-de-obra para atender ao comércio e à indústria. Sendo assim, tal localização se justifica, visto que nestas regiões há uma maior população, além de existir mais indústrias instaladas.

Do ponto de vista histórico, o IFG surgiu em 1909 como uma das Escolas de Aprendizes Artífices criadas pelo Presidente Nilo Peçanha. No Estado de Goiás a escola foi implantada na antiga capital, Vila Boa, hoje Cidade de Goiás, iniciando suas atividades em 1910. O objetivo à época era capacitar jovens desvalidos nos cursos e oficinas de forjas e serralheria, sapataria, alfaiataria, marcenaria e empalhação, selaria e carroceria.

No ano de 1942 foi inaugurada a nova capital, Goiânia, e a escola foi transferida para lá. Na transferência a instituição recebeu o nome de Escola Técnica de Goiânia, criando cursos técnicos na área industrial integrados ao ensino médio. Em 1959, a instituição se transformou em autarquia federal, tendo autonomia administrativa, financeira, patrimonial, didático-pedagógica e disciplinar. Recebendo o nome de Escola Técnica Federal de Goiás (ETFG), em agosto de 1965.

No final dos anos de 1980 foi criada a Unidade Descentralizada da Escola Técnica Federal de Goiás em Jataí, sendo a primeira unidade de expansão no Estado. No dia 18 de abril de 1988 a unidade de Jataí entrou em funcionamento com os cursos técnicos de Agrimensura e Edificações.

No ano de 1999, a Escola Técnica Federal de Goiás foi transformada em Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (CEFET-GO), recebendo autorização para ofertar cursos superiores. No ano de 2006, por meio do programa de expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT), começou a expansão das unidades pelo interior do Estado. Em 2008 com a sanção da Lei Federal n.º 11.892/2008, transformou-

se em IFG. Na atualidade a instituição mantém cursos de pós-graduação *stricto sensu* e *lato sensu*, cursos superiores (tecnológicos, bacharelados e licenciaturas), cursos técnicos (integrados e subsequentes), Educação de Jovens e Adultos (profissionalizante e técnico), cursos de extensão, de formação profissional para trabalhadores e para a comunidade (Pronatec), de Formação Inicial e Continuada (FIC) – que são cursos de menor duração e os cursos de Educação a Distância (EaD).

No ano de 2015 o IFG atendia em torno de 20 mil alunos em seus 14 *campi* que são: Águas lindas, Anápolis, Aparecida de Goiânia, Cidade de Goiás, Formosa, Goiânia, Goiânia Oeste, Inhumas, Itumbiara, Jataí, Luziânia, Senador Canedo, Uruaçu e Valparaíso.

As unidades que fizeram parte em nossa análise são as que possuíam cursos de Licenciatura na área de Ciências. Elas eram oito, a saber: *Campus Anápolis* – Química; *Campus Formosa* – Ciências Biológicas; *Campus Goiânia* – Física; *Campus Inhumas* – Química; *Campus Itumbiara* – Química; *Campus Jataí* – Física; *Campus Luziânia* – Química e *Campus Uruaçu* – Química.

De posse das informações que obtivemos com a leitura dos PPC dos cursos de formação de professores de Física, Química e Ciências Biológicas do IFG observamos que todos eles têm duração de quatro anos podendo ser concluídos com tempo máximo de oito anos, com exceção do *Campus Goiânia*, em que o tempo máximo de conclusão é de sete anos. Os cursos oferecem em geral 30 vagas, com entrada semestral e anual, e majoritariamente funcionam no período noturno.

Licenciatura em Física

Segundo as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Física, publicado em 2001 pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), espera-se que o professor de Física, ou Físico Educador, se dedique ao conhecimento e à disseminação do conhecimento científico em diferentes instâncias sociais. Entre as competências essenciais desse professor temos: “[...] desenvolver uma ética de atuação profissional e a consequente responsabilidade social, compreendendo a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos” (Brasil, 2001c, p.

4). Desse ponto de vista os conhecimentos físicos precisam ser desenvolvidos historicamente e não como se fossem descobertos por gênios.

No IFG temos dois cursos de Licenciatura em Física, um em Jataí (início em 2001) e outro em Goiânia (início em 2013). Os cursos têm duração de oito semestres, com oferecimento de 30 vagas. Em Jataí o curso é noturno, com ingresso anual, e em Goiânia o ingresso é semestral oferecido no período vespertino. Os dois cursos disponibilizam em suas matrizes curriculares disciplinas com conteúdos histórico-filosóficos, conforme o Parecer CNE/CES n.º 1.304/2001, em que diz:

O núcleo comum precisa ainda de um grupo de disciplinas complementares que amplie a educação do formando. Estas disciplinas abrangeriam outras ciências naturais, tais como Química ou Biologia e também as ciências humanas, contemplando questões como Ética, Filosofia e História da Ciência, Gerenciamento e Política Científica, etc. (Brasil, 2001c, p.7).

Os cursos de Licenciatura em Física do IFG atendem ao disposto com as disciplinas de “História da Ciência” no *Campus* Jataí e “Evolução da Física” no *Campus* Goiânia. As disciplinas possuem carga horária igual de 54 horas, acontecendo no primeiro período em Goiânia e no sétimo período em Jataí. As ementas das disciplinas são:

Campus Jataí: A Ciência da Antiguidade. A Idade Média e o Período Pré-Renascimento. A Renascença. A ciência e as teorias físicas do século XVIII e XIX. As origens da Física Moderna. A Física e as Revoluções tecnológicas. A história da ciência no Brasil. (IFG, 2007)

Campus Goiânia: As teorias físicas da antiguidade e da idade média. A revolução científica nos séculos XVI e XVII. Desenvolvimento e consolidação da Física Clássica. Eletromagnetismo e Relatividade. A termodinâmica e o nascimento da Mecânica Quântica. Desenvolvimento e consolidação da Física Moderna. Situação atual da Física. A Física no Brasil. Métodos da formação da Física. Características de uma teoria física. A ciência como uma atividade humana. A ciência e a tecnologia. A responsabilidade do cientista. (IFG, 2014a)

As ementas das disciplinas indicam um caminho pelo progresso/construção da Ciência ao longo do tempo. Percebemos que os conhecimentos histórico-filosóficos da Ciência não se resumem aos avanços da Física. Analisando os objetivos da disciplina do *Campus Goiânia*, que é compreender o processo de construção dos conceitos físicos, relacionar a Física com as diferentes áreas das Ciências exatas e ter uma visão global do profissional físico (IFG, 2014a), percebemos que é proposto para os alunos que compreendam o processo de construção e desenvolvimento dos conceitos físicos ao longo da história. Aspecto este defendido por inúmeros autores (Brito *et al.*, 2014; Delizoicov; Delizoicov, 2012; Matthews, 1995; Penitente; Castro, 2010; Brinckmann; Delizoicov, 2009), que argumentam sobre a importância de que os futuros professores saibam como se deu o processo de desenvolvimento do conhecimento científico, pois assim poderão evitar a ideia de linearidade na construção do conhecimento científico.

Para ampliar nosso entendimento sobre a abordagem de HC na Licenciatura em Física conversamos com um dos professores que trabalhou com uma das disciplinas citadas acima. Ele é formado em História, com mestrado e doutorado em História. Não possui formação específica para trabalhar com História e Filosofia da Ciência (HFC), mas disse que é um curioso sobre o tema. Ele atuava como professor a mais de 12 anos e era efetivo do IFG a aproximadamente dois anos.

Iniciamos nossa conversa perguntando qual era o nível de autonomia que ele tinha em relação ao programa da disciplina e ele respondeu:

O programa, a ementa da disciplina já vem estabelecida, no entanto nós temos a liberdade de transitarmos, de verticalizar. Em relação à autonomia nós temos uma considerável. [...] uma base que nos orienta que é a interligação da História com a Filosofia [...] daí nós temos a distinção de quais conteúdos, [...] trabalho com a desconstrução de um discurso mítico da ciência, ciência como verdade, ciência como objetividade, ciência como neutra, ciência como certeza, ciência como imparcialidade, a gente busca desconstruir isso. (Professor do Curso de Licenciatura em Física do IFG).

O professor pareceu estar satisfeito com a ementa e a liberdade que tem para discutir, debater e dar ênfase em sala de aula. Pelos seus comentários, a disciplina é bem focada na Física, e argumenta que as discussões realizadas

em sala de aula remetem às bases da HFC. Seu pensamento vai ao encontro de Chaves (2012) que defende o combate as visões distorcidas da Ciência, evitando a elaboração de concepções místicas e possíveis frustrações com a carreira científica, deixando claro que ser cientista não depende de ser um *expert*.

Questionamos sobre qual o momento do curso a disciplina deveria acontecer e ele disse:

Eu acho que ela não deveria ser oferecida só em um único período, acho que deveria ser já no início [...]. Eu vejo os alunos comentando se isso fosse visto antes isso ajudaria na compreensão de alguns determinados aspectos formais da própria Física. (Professor do Curso de Licenciatura em Física do IFG).

Ele disse que a HC deve ser trabalhada no início do curso e que um semestre é pouco, e que deveria ter dois semestres de disciplina, iniciando-se com os aspectos epistemológicos da Ciência e assim os alunos poderiam ir se habituando aos termos e conceitos para depois se trabalhar com os aspectos históricos e filosóficos da Ciência. O fato de a disciplina acontecer no início do curso, acredita o professor, pode facilitar o entendimento de que a Ciência não é neutra, já no final do curso isso pode não acontecer.

Na leitura que fizemos não encontramos autores que indicassem o momento de aplicação de disciplinas de HC nos currículos das Licenciaturas. Porém, se os alunos chegam ao final do curso para aí então terem contato com a HC, pode ser que não permita refletir sobre a parte de construção dos conhecimentos teóricos dos conhecimentos científicos e até mesmo sobre a inserção das abordagens histórico-filosóficas na própria prática pedagógica. Segundo Hidalgo e Lorencini Junior (2016) a formação inicial dos professores é o momento propício para as discussões sobre a potencialidade de HC no EC, visto que os alunos estão em processo de transição aluno-professor e em momento de formação e abertura a novos conhecimentos.

Perguntamos qual era a abordagem dos conteúdos na disciplina e ele relatou:

É tanto a abordagem internalista como a externalista. [...] o desenvolvimento do pensamento histórico científico ele pode ser efetivado de uma maneira muito mais rica e profunda se levarmos em consideração tanto os aspectos das ideias, da história do conceito, do aspecto internalista, assim como também o aspecto sociocultural, o aspecto histórico, o aspecto sociológico, que é o da chamada abordagem externalista. (Professor do Curso de Licenciatura em Física do IFG).

O professor acredita que não se pode utilizar apenas uma forma de abordagem para os conteúdos histórico-filosóficos. É necessário que os alunos tenham contato com diversas abordagens para que possam utilizá-las em sala de aula no futuro. Ele disse que é um desafio para o professor formador encontrar um equilíbrio para a abordagem do assunto, já que seus alunos atuarão em sala de aula com a base recebida no curso de formação. As abordagens no ensino de HC, segundo Hidalgo e Lorencini Junior (2016), devem ser capazes de promover um conhecimento integrado e reflexivo evitando assim reducionismos presentes em alguns conceitos científicos.

Sobre a importância e a função de uma disciplina histórico-filosófica para a formação do futuro professor, ele argumenta que:

Essencial [...] não é porque eu sou o professor não. Essencial mesmo porque pra mim é estéril uma ciência que não saiba de si, e a História e Filosofia da Ciência ela é reflexiva, ela é como se fosse um processo de autoconhecimento mesmo da disciplina, [...] Pra que ele (aluno) não seja um sonâmbulo, pra que ele não seja um autômato, pra que ele não faça um trabalho isolado; [...] agindo historicamente sem saber, de forma mecânica. (Professor do Curso de Licenciatura em Física do IFG).

A função de disciplinas de HC nos currículos das licenciaturas é exatamente para permitir que os alunos tenham a compreensão de que a Ciência não está sozinha, e que ela se relaciona com outras áreas. Assis (2014, p.154) diz que a compreensão das abordagens contextuais das Ciências e suas implicações para o ensino podem ser influenciadas positivamente se levarem em conta as dimensões históricas e filosóficas articuladas com a cultura no dia-a-dia no aspecto social das pessoas.

Sua preocupação de que os alunos não se tornem pessoas sem consciência mostra que ele está preocupado com a formação de seus alunos

para além da sala de aula, ou seja, com uma formação para cidadania, posição compartilhada por vários autores (Silva; Silva; Reis, 2018; Gandolfi; Figueirôa, 2014; Brito *et al.*, 2014). Todos eles defendem que a HC é importante para que os cidadãos sejam formados conscientes e com habilidades para analisar criticamente a tecnologia e suas relações com a sociedade, política, economia e outros ramos de conhecimento. Acreditamos que a HC tem papel fundamental para uma compreensão contextualizada das Ciências ajudando a evitar que se formem sujeitos alienados.

Licenciatura em Química

As Diretrizes Curriculares dos cursos de Química estabelecidas pelo CNE Parecer CNE/CES n.º 1.303/2001 (Brasil, 2001b) sugerem que o professor tenha formação generalista, sólida e abrangente em Química, além de ter preparação adequada em relação aos conhecimentos pedagógicos, de forma que atue com profissionalismo na educação básica.

O IFG possui cinco unidades que oferecem o curso de Licenciatura em Química, a saber: Anápolis, Inhumas, Itumbiara, Luziânia e Uruaçu. Todos eles têm duração de oito semestres, 30 vagas semestrais e funcionam no período noturno. Os PPC são muito parecidos entre si, porém, o único que difere dos demais é o do *Campus* Inhumas, que tem o curso mais antigo de Licenciatura em Química do IFG (2007). No ano de 2008 foi inaugurado o curso de Itumbiara e, em 2009, o de Uruaçu. Em 2010 foram instalados os cursos de Anápolis e Luziânia.

A disciplina de “História da Química” é ofertada em todos os cursos de Licenciatura em Química. No *Campus* Inhumas também é oferecida a disciplina de “Epistemologia da Ciência”. A disciplina História da Química possui duração de 54 horas e acontece no segundo período do curso, com exceção do *Campus* Inhumas, em que é ofertada no oitavo período com duração de 30 horas.

A ementa da disciplina “História da Química” é igual para todas as unidades estudadas. Algumas referências são divergentes na bibliografia nos diversos *campi*. Seu texto diz que:

A atividade química na pré-história. A alquimia. A química moderna e contemporânea. A importância da química no Brasil e no mundo. Abordagem epistemológica da história da Química com ênfase nos principais conceitos químicos. Análise no valor pedagógico e do significado cultural da história da Química na perspectiva do Ensino Médio de Química. Práticas de Ensino. (IFG, 2010)

Pela citação podemos perceber que se procura tratar a Química de forma geral/global, busca que seus alunos conheçam como foi o desenvolvimento da Química. Rosa e Penido (2005) vão nos dizer que a HC objetiva estudar/fazer um exame conceitual da Ciência reconhecendo sua História e implicações filosóficas, seja relacionado à cultura ou a tecnologia, entre outros objetivos.

Assim como fizemos na Licenciatura em Física, entrevistamos uma professora que ministrou a disciplina de História da Química em uma das unidades do IFG. Ela é formada em Licenciatura em Química, com mestrado em Educação em Ciências e Matemática. A docente possuía oito anos de experiência e era efetiva do IFG há aproximadamente quatro anos. Desde seu ingresso na instituição ministrou a disciplina de História da Química, exceto uma vez, e não possui formação específica para trabalhar conteúdos de HC.

Perguntamos inicialmente, quais conteúdos deveriam ser ensinado em uma disciplina de cunho histórico-filosófico e ela disse:

Eu acho que a questão da evolução do pensamento científico, a partir de onde se iniciou essa discussão, [...] das concepções de ciências que existem, eu acho que tem que ser discutido, refletido, mostrado. [...] o aluno tem que sair da disciplina com esse olhar, que não é só aquele método científico que vai conduzir o processo científico, que existem outros olhares, outras ideias, outros pensamentos, outras formas de ver o processo científico. (Professora do Curso de Licenciatura em Química do IFG).

O que foi dito pela professora corrobora a literatura sobre HC, quando propõe que seus alunos conheçam o avanço do pensamento científico e que não existe só um método científico. De acordo com Gatti, Nardi e Silva (2004), ao se propor momentos de reflexão sobre como os conceitos foram elaborados historicamente, e ampliar a discussão para as dificuldades que são enfrentadas

na construção desses conceitos, os alunos podem ser levados a entender que o contexto interage na evolução do conhecimento científico.

Questionamos como ela trabalhava em suas aulas, quais eram as atividades e como era sua avaliação e ela falou:

A dinâmica é leitura, discussão de textos e seminários. Sempre fecho a disciplina com seminário pra dar mais autonomia para o aluno buscar informações. [...] a gente desenvolveu um projeto em conjunto que era estudar as concepções de ciências de alguns professores de química da rede estadual de ensino aqui da cidade. [...] eles se sentiram muito motivados, então eu gostei muito desse tipo de trabalho, que dá uma autonomia para o aluno e ao mesmo tempo o coloca como pesquisador. Basicamente a minha avaliação é a participação, seminários e avaliação [...], mas eu não abro mão de uma avaliação (prova). Porque [...] eles sempre rotulam as disciplinas, como as disciplinas pedagógicas, as disciplinas da área de ensino, que são as mais fáceis de passar, a essa daí é fichinha essa daí você passa. (Professora do Curso de Licenciatura em Química do IFG).

As avaliações propostas pela professora passam pela participação em sala e por como esse aluno desenvolve sua fala e argumentação durante as aulas. Há os seminários, onde os alunos apresentam os textos e começam a exercer uma postura como futuros professores. A avaliação escrita é apresentada pela professora como forma de deixar claro que disciplinas de ensino/pedagógicas não são “brincadeira”, pois são importantes para a formação deles. Muitos alunos de cursos da área das exatas, de acordo com a professora, acreditam nesta máxima de que disciplinas pedagógicas são balelas, momentos de relaxamento durante o curso.

Segundo a professora, a dinâmica utilizada na condução das aulas é basicamente a discussão de textos e seminários. Ela ressalta a importância de dar autonomia para os alunos, para que estes sejam capazes de buscar informações, saberem pesquisar. Também elegeu uma atividade de pesquisa de campo como importante para o desenvolvimento dos alunos na disciplina. Segundo ela, os alunos se sentiram motivados a partir da pesquisa, gostaram da forma como o conteúdo foi discutido e trabalhado com eles.

A questão da motivação que o uso da HC pode proporcionar aos alunos é defendida por alguns autores como Ferreira e Ferreira (2010) e Silva, Silva e

Reis (2018) que argumentam em favor da inserção de disciplinas com conteúdo histórico-filosóficos nos currículos de formação de professores, pois despertam a curiosidade, o interesse nos conteúdos, tornando as aulas cativantes e produtivas.

Sobre a importância da disciplina para a prática docente, a professora argumentou:

[...] porque desmistifica essa imagem de Ciência que é passada, principalmente no curso das exatas mesmo. O aluno vai ser formado numa outra concepção, ele vai ver ideias que não teriam condições de ser apresentadas pra ele se não fosse se não houvesse discussões nesse sentido. Então assim, eu percebo muito com relação à formação dos meus colegas que não passaram pela optativa que eu passei, então não tem essa ideia de que o método científico pode ser flexibilizado, que a gente pode ter outras alternativas. (Professora do Curso de Licenciatura em Química do IFG).

A professora acredita que a disciplina é muito importante para dar significação aos conteúdos, desmistificar a Ciência e propor aos alunos inovação em suas aulas. E principalmente, acredita que o ensino de HC pode ajudar na formação humana, social e política desse professor. Utiliza-se de seu exemplo pessoal para argumentar sobre a importância de disciplinas com conteúdo histórico-filosóficos para a formação docente.

Licenciatura em Ciências Biológicas

Somente o *Campus Formosa* oferecia a Licenciatura em Ciências Biológicas em 2015. O PPC do curso segue as orientações previstas no Parecer CNE/CES n.º 1.301/2001, documento que normatiza as diretrizes curriculares para os cursos de Ciências Biológicas.

O perfil do profissional formado em Ciências Biológicas segundo o parecer deve ter uma formação generalista, crítica, ética, em que o profissional domine a fundamentação teórica da área para uma atuação competente. Que ele seja comprometido com os resultados de sua ação e consciente de sua responsabilidade como educador, bem como “entender o processo histórico de produção do conhecimento das ciências biológicas referente a conceitos/princípios/teorias” (Brasil, 2001a, p.4).

As Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas recomendam que a matriz curricular ofereça na parte dos conteúdos básicos os fundamentos filosóficos e sociais. Para esses conteúdos é sugerido que se faça a

Reflexão e discussão dos aspectos éticos e legais relacionados ao exercício profissional. Conhecimentos básicos de: História, Filosofia e Metodologia da Ciência, Sociologia e Antropologia, para dar suporte à sua atuação profissional na sociedade, com a consciência de seu papel na formação de cidadãos (BRASIL, 2001a, p.6).

Observando a matriz e o ementário das disciplinas nos PPC não encontramos nenhuma que trabalhe com conteúdo histórico-filosóficos. Ainda assim, na caracterização do curso, está exposto que o egresso sairá com ideias histórico-filosóficas e conhecimentos científicos para que tenham consciência do seu papel na sociedade (IFG, 2014b, p.24).

Como realizamos entrevistas com os professores responsáveis pelas disciplinas com conteúdo histórico-filosóficos nas outras modalidades de Licenciatura – Física e Química, conversamos com a coordenadora do curso de Ciências Biológicas, já que este não possui disciplinas que envolvem conhecimentos sobre HC. A coordenadora é licenciada em Ciências Biológicas, com mestrado em Educação Tecnológica. Também não recebeu formação específica para trabalhar conteúdos sobre HC e possuía 13 anos de atuação docente. Trabalhou na rede estadual de ensino antes de ingressar no IFG, onde era efetiva há aproximadamente três anos.

Ao iniciarmos nossa conversa, questionamos sobre sua prática docente, se ao atuar em sala de aula ela trabalhava com conteúdo histórico-filosóficos e ela disse:

Sempre quando eu vou introduzir um conteúdo, eu tentava trazer um pouco da história e mostrar que o desenvolvimento da ciência não é linear, ele é feito de rupturas, então eu sempre tento fazer o link, mas não de forma sistemática. (Coordenadora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFG).

A fala da professora vai ao encontro do apontado por Martins (2007), no que se refere ao uso da HC como introdução, ilustração, algo secundário e periférico. A professora faz da HC uma introdução ao conteúdo, mas busca desenvolver com seus alunos a ideia de que a Ciência não é linear.

Questionamos sobre a falta de uma disciplina sobre HC na matriz curricular do curso, se havia uma orientação para os professores atuarem usando a HC em suas aulas e se havia planos para a inserção de uma disciplina com conteúdo histórico-filosóficos no currículo. Sua resposta foi

Não, a gente aqui não tem nenhuma orientação. Eu tô desde março na coordenação, numa situação assim, o curso está muito fragmentado, e a gente até tentou, nós no coletivo no curso tentamos fazer uma discussão agora pra fazer umas adequações na matriz, mas a disputa é muito grande por espaço na matriz curricular. [...] E tem outras questões mais urgentes no curso: evasão em massa. Então assim, os problemas do curso são tão grandes que a gente não chegou neste nível ainda não, um dia quem sabe a gente chega de querer discutir História da Ciência na grade. (Coordenadora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFG).

É importante registrar a fala da coordenadora do curso de Ciências Biológicas, pois ela argumenta que está como coordenadora porque ninguém quer assumir a coordenação. Que eles não possuem nenhuma orientação para a inclusão de debates sobre HC nas disciplinas. Que a matriz precisa ser mudada, mas não há espaço para a inclusão ou a simples menção à HC no currículo, pois seus colegas estão mais interessados em ficar no conforto de sua prática curricular.

Possíveis conclusões

As entrevistas que realizamos com os professores do IFG nos permitiram ter uma visão de como é desenvolvida a HC em suas licenciaturas. Ao realizar a análise dos documentos procurando evidenciar aspectos que caracterizassem como funcionam as disciplinas percebemos que as ementas e bibliografias propostas para as disciplinas evidenciam aspectos mais epistemológicos, filosóficos e históricos da Ciência propõem discussões a respeito da Natureza da Ciência, sua evolução e caminhos científicos que foram percorridos e que poderão ser trilhados. O que o documento explicita em

forma de norma não é seguido pelos professores entrevistados. Eles se resguardam na liberdade que recebem dos coordenadores de curso para desenvolverem suas aulas. O programa da disciplina já existia antes deles ingressarem na instituição.

Podemos inferir a partir de nossas análises, dos PPC e pelas entrevistas realizadas, que a HC desenvolvida no IFG não se prende a rótulos, busca promover discussões que envolvam a construção do conhecimento científico, a Natureza da Ciência, o método científico, a Ciência como atividade humana e os fatores que influenciam na evolução da Ciência.

Que as instituições formadoras devem investir na interação de seu corpo docente e na interdisciplinaridade de suas disciplinas, promovendo um ensino contextualizado, crítico e formador de cidadãos conscientes de seu papel na sociedade e para uma sociedade democrática, ética e solidária. Acreditamos no potencial que a HC tem para promover esse ensino e na formação dos cidadãos.

Referências

Assis, K. R. (2014) História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate universalismo *versus* relativismo. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.149-166.

Bastos, F. Krasilnik, M. (2004) Pesquisas sobre febre amarela (1881-1903): uma reflexão visando contribuir para o ensino de ciências. **Ciência e Educação**, v.10, n.3, p.417-442.

Brasil. (2001a) **Parecer CNE/CEP n.º 1.301**, de 07 de dezembro de 2001. Brasília. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>>. Acesso em: 12/12/2018.

Brasil. (2001b) **Parecer CNE/CEP n.º 1.303**, de 07 de dezembro de 2001. Brasília. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf>>. Acesso em: 12/12/2018.

Brasil. (2001c) **Parecer CNE/CEP n.º 1.304**, de 07 de dezembro de 2001. Brasília. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>>. Acesso em: 12/12/2018.

Brasil. (2008) **Lei Federal nº 11.892**, de 29 de dezembro de 2008. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm)>.htm. Acesso em 19/12/2018.

Brinckmann, C.; Delizoicov, N. C. (2009) Formação de professores de Física e a História da Ciência. In: IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia. **Anais...** Disponível em: <http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/3644_2003.pdf>. Acesso em: 14/12/2018.

Brito, N. B.; Reis, U. V. dos; Talon, I. L. M.; Reis, J. C. de O. (2014) História da física no século XIX: discutindo natureza da ciência e suas implicações para o ensino de física em sala de aula. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.214-231.

Chassot, A. (2006) **Alfabetização Científica**: questões e desafios para a educação. Ed. Unijuí.

Chaves, S. N. (2012) História da Ciência através do cinema: dispositivo pedagógico na formação de professores de ciências. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.5, n.2, p.83-93.

Delizoicov, D.; Delizoicov, N. C. História da Ciência e ação docente: a perspectiva de Ludwik Fleck. In: Peduzzi, L.O.Q.; Martins, A.F.P.; Ferreira, J.M.H. (Org.). (2012) **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal, EDUFRN, p. 229-260.

Dias, V. S.; Martins, R. de A. (2004) Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência e Educação**, v.10, n.3, p.517-530.

Ferreira, A. M. P.; Ferreira, M. E. de M. P. (2010) A história da ciência na formação de professores. **História da Ciência e Ensino**: construindo interfaces, v.2, p.1-13.

Figueirôa, S. F. M. (2009) História e Filosofia das Geociências: relevância para o ensino e formação profissional. **Terra e Didática**, v. 5(1), p. 63-71. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>. Acesso em: 15/12/2018.

Gandolfi, H. E.; Figueirôa, S. F. de M. (2014) As nitreiras no Brasil dos séculos XVIII e XIX: uma abordagem histórica no ensino de ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.279-297.

Gatti, S. R. T.; Nardi, R.; Silva, D. da. (2004) A história da ciência na formação do professor de física: subsídios para um curso sobre o tema atração gravitacional visando às mudanças de postura na ação docente. **Ciência e Educação**, v.10, n.3, p.491-500.

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Gatti, S. R. T.; Nardi, R.; Silva, D. da. (2010) História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15 (1), p.7-59.

Gil, A. C. (2008) **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas.

Hidalgo, M. R.; Lorencini Jr., A. (2016) Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 14, p. 19-38.

IFG. Instituto Federal de Goiás – instituição. (2007) **Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Física**. Jataí. Disponível em: <<http://cursos.ifg.edu.br/info/lic/lic-fisica/CP-JAT>>. Acesso em: 06/02/2019.

IFG. Instituto Federal de Goiás – instituição. (2014a) **Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Física**. Goiânia. Disponível em: <<http://cursos.ifg.edu.br/info/lic/lic-fisica/CP-GOIANIA>>. Acesso em: 06/02/2019.

IFG. Instituto Federal de Goiás – instituição. (2014b) **Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas**. Formosa. Disponível em: <<http://cursos.ifg.edu.br/info/lic/lic-ciencias-biologicas/CP-FOR>>. Acesso em: 06/02/2019.

IFG. Instituto Federal de Goiás – instituição. (2010) **Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Química**. Anápolis. Disponível em: <<http://cursos.ifg.edu.br/info/lic/lic-quimica/CP-ANAPOLI>>. Acesso em: 06/02/2019.

Malheiros, B. T. (2011) **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC.

Martins, A. F. P. (2007) História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n.1, p.112-131.

Martins, R. de A. (2004) Hipóteses e interpretação experimental: a conjectura de Poincaré e a descoberta da hiperfosforescência por Becquerel e Thompson. **Ciência e Educação**, v.10, n.3, p.501-516.

Matthews, M. R. (1995) História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v.12, n.3, p.164-214.

Penitente, L. A. de A.; Castro, R. M. (2010) A história e filosofia da ciência: contribuições para o ensino de ciências e para a formação de professores. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v.2, n.4. Disponível em: <

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

<http://periodicos.unisantos.br/index.php/pesquiseduca/article/view/108>>.
Acesso em: 14/07/2018.

Pereira, C. L. N.; Silva, R. R. (2009) A história da ciência e o ensino de ciências. **GIS: Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais**. Disponível em: < http://www.ltds.ufrj.br/gis/a_historia.htm>. Acesso em: 14/12/2018.

Rosa, K.; Penido, M. C. M. (2005) A inserção de história e filosofia da ciência no ensino de ciências e a formação de professores de física. **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Disponível em: < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p479.pdf>>.
Acesso em: 02/12/2018.

Schmiedecke, W. G.; Porto, P. A. (2014) Uma abordagem da história da energia nuclear para a formação de professores de física. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.232-241.

Silva, C. P.; Figueirôa, S. F. de M.; Newerla, V. B.; Mendes, Ma. I. P. (2008) Subsídios para o uso da História das Ciências no ensino: exemplos extraídos das geociências. **Ciência e Educação**, v. 14, n. 3, p. 497-517.

Silva, C. de P. F.; Silva, M. D. de B.; Reis, A. S. (2018) Princesa Isabel e a estequiometria: a contribuição da História da Ciência para o processo de ensino e aprendizagem numa abordagem voltada para formação de professores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 18, p. 106-127.

Tavares, L. H. W. (2010) Os tipos de abordagem histórica no ensino: algumas possibilidades encontradas na literatura. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v.2, p.14-24.

CAPÍTULO 06 – ALGUNS TÓPICOS CONTROVERSOS NO ENSINO DE BIOLOGIA E FÍSICA E SUAS REPRESENTAÇÕES EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO

Marcelo D'Aquino Rosa, Carla Nayelli Terra e Juliana Silva Pedro Barbi

Ao longo dos últimos séculos, a ciência e o conhecimento científico passaram por algumas reviravoltas e o que se conhecia foi transformado com base em descobertas e renovações de ideias e teorias nos campos da Biologia e Física. As revoluções e (re)descobertas na ciência ocorreram com grande intensidade a partir do movimento iluminista, trazendo o ser humano para o centro do conhecimento.

No campo das Ciências Biológicas, antigamente chamadas de História Natural, as ideias referentes à origem e transformação da vida sofreram substanciais alterações com base nas descobertas e experimentos científicos realizados por alguns nomes que até hoje estão marcados no ensino escolar dessa disciplina. Comumente vemos nos livros didáticos e apostilas de Ciências ou Biologia os nomes de Francesco Redi, Louis Pasteur, Jean Baptiste Lamarck, Charles Darwin e Alfred Russel Wallace.

Um possível problema na abordagem destes tópicos no ensino da Biologia é que, na grande maioria dos casos observados por nós, as questões discutidas ficam restritas às descobertas dos cientistas e suas teorias formuladas vistas como um produto final. Não há menções às inspirações e possíveis contribuições de Darwin nas ideias de Lamarck ou as mesmas são expostas de forma extremamente simplificada. Já outros nomes igualmente importantes, como o do cientista francês Pouchet, são comumente esquecidos ou relegados a um segundo plano, reduzindo a Biologia apresentada a um campo de conhecimento cujo crescimento foi contínuo, linear, sem rupturas, crises ou troca de conhecimento entre diferentes correntes de pensamentos. Esta, conforme veremos adiante, é uma visão bastante deformada de ciência e de trabalho científico, segundo Gil-Pérez e colaboradores (2001).

Em se tratando do campo da Física, podemos compreendê-la dividida em três partes: a Física clássica, moderna e contemporânea (Dominguini, 2012; Ostermann; Ricci, 2002). A grande reviravolta desta área de estudo é entendida pela passagem da Física Clássica para a Moderna. Isso ocorre devido às grandes mudanças de pensamento científico que ocorrem da Física Clássica para a Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A abordagem de temas relacionados à FMC na escola ainda é muito escassa. A Física Clássica compõe grande parte do currículo desse componente, deixando os conteúdos da FMC para o último ano e semestre do Ensino Médio (EM). Isso acarreta alguns obstáculos para a inserção de tal temática, como por exemplo, a grande quantidade de conteúdos a serem “vencidos” nesta etapa escolar, em conjunto com as poucas aulas destinadas a Física. Além disso, a não inclusão da temática para o EM decorre de outros fatores, como: professores que não tem formação específica em Física; insegurança dos docentes em abordar os temas de FMC; a não expressividade de questões em vestibulares sobre FMC etc. (D’Agostin, 2008; Ostermann; Moreira, 2001).

No entanto, se tal temática foi um grande passo para a ciência, mais especificamente para a Física, não abordar FMC na Educação Básica (EB) pode acarretar um ensino de Ciências de certa forma deficitário, pois muitos dos temas que a FMC engloba ajudam a entender muitos fenômenos com os quais temos contato no cotidiano. Os conceitos de FMC explicam as muitas

notícias que são abordadas nos telejornais e meios de comunicação de nossa sociedade, abordam sobre o funcionamento de alguns dos aparatos tecnológicos que utilizamos em nosso dia-a-dia, bem como tratam de muitos temas envolvidos em filmes e livros de ficções científicas.

Ao defenderem a implementação da FMC na escola através do EM, Pinto e Zanetic (1999) ponderam que o ensino de Física, ou de qualquer outra área do conhecimento, não deva ser abordado sob apenas uma perspectiva. O ensino de Física, em sua maioria, é pautado na resolução de exercícios, com característica matematizada, e, segundo os autores, isso pode afetar o diálogo com os estudantes, e, ainda, afirmam que o conhecimento físico deve ser considerado uma construção humana.

Almeida e Pagliarini (2015) acreditam que o trabalho com diferentes estratégias de ensino pode proporcionar ao ensino de Física uma formação cultural relacionada à ciência. Portanto, acreditamos que a utilização de História e Filosofia da Ciência (HFC) nas aulas poderá trazer aos alunos esse entendimento da ciência como construção humana, não dissociada da sociedade em que está inserida.

Essa nossa compreensão da utilização da HFC nas aulas de Ciências se reafirma na fala de Matthews (1995, p. 165), quando o autor aponta que “a história, a filosofia e a sociologia da ciência [...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade [...]”. O autor também coloca que a abordagem pela HFC pode contribuir para a superação da falta de significação nas aulas de Ciências. Sendo assim, acreditamos que a abordagem por meio da HFC possa contribuir na implementação de conteúdos relacionados à FMC, uma vez que estes conteúdos são pouco abordados na escola e no EM.

Em que pese o fato dos materiais didáticos apresentarem certa concepção de currículo para os componentes curriculares da escola (Lopes; Macedo, 2011) ou mesmo essas áreas de conhecimento como a Biologia e a Física se constituírem em um currículo modelado pela ação dos professores (Gimeno Sacristán, 2000), é nos materiais didáticos e na educação escolar que estão presentes a história de vida destes cientistas, sendo suas descobertas narradas em tom de grandes acontecimentos. É ainda na educação escolar em Ciências no Ensino Fundamental e nas disciplinas específicas – Biologia,

Física e Química – no EM que os estudantes são muitas vezes apresentados aos nomes de cientistas que cumpriram importante papel na história da Ciência.

Outra potencial questão referente aos livros didáticos, um material amplamente utilizado para os processos pedagógicos nas escolas até os dias atuais (Issitt, 2004), é o enfoque muito grande desses materiais nas questões conceituais e dos conteúdos, enquanto fatores como o método científico ou a história da ciência acabam ficando deslocados ou em segundo plano (Binns; Bell, 2015). O estudo de Ferrari, Leite e Delizoicov (2001), por exemplo, apresenta uma situação em que Gregor Mendel é abordado como o “pai da genética”, um herói solitário que realizou extraordinárias descobertas científicas. Essa seria uma visão deformada de ciência com grande potencial para ser reproduzida erroneamente ao se ensinar Biologia.

Entretanto, não podemos deixar de destacar que, em algumas coleções didáticas, há a intenção de contextualizar o trabalho coletivo do cientista, mostrando imagens que remetam a coletivos de pesquisadores (Figura 1).

Figura 1: livro didático de Biologia cuja fotografia mostra um coletivo de cientistas.



Fonte: CATANI *et al.*, 2016, p. 141, volume 3.

Amparados na imagem anterior, consideramos, também pela razão mencionada anteriormente, que se constitui em importante fator que os estudantes de nível Fundamental ou do EM possam ter acesso à história

desses cientistas e suas descobertas, pois acreditamos em uma ciência que não possa ser considerada neutra socialmente, ahistórica, acrítica ou ateórica (Gil-Pérez *et al.*, 2011; Praia; Gil-Pérez; Vilches, 2007). Esta visão distorcida é um dos fatores que, quando ocorre na prática dos professores, pode influir negativamente no ensino das Ciências em âmbito escolar, (Carvalho; Gil-Pérez, 2011).

Ao analisarem a abordagem da natureza da ciência nos conteúdos referentes à FMC nos livros didáticos de Física, Monteiro e Nardi (2008) não identificam menções sobre o desenvolvimento de FMC com o contexto social externo. Quatro dos seis livros didáticos de Física analisados por esses autores possuíam algumas menções aos precursores da temática, contudo, não explanavam as construções coletivas da ciência.

Podemos compreender esse tipo de abordagem como uma das visões deformadas da ciência, que, segundo indicam Gil-Perez e colaboradores (2001), é a noção individualista e elitista da ciência, no qual a área de conhecimento é tratada como obra de gênios isolados. Os autores também colocam que esse tipo de abordagem pode propiciar aos alunos a ideia de que o trabalho científico é individual e excludente, pois a maioria dos casos é apresentado como um papel masculino e de elite social (Figura 2).

Figura 2: A ciência representada como obra de gênios isolados, através de um exemplo de um livro didático de Biologia.



Fonte: SILVA JÚNIOR; SASSON; CALDINI, 2016, p. 276, volume 1.

A imagem mostra o cientista em pleno exercício profissional, em meio ao seu ambiente de trabalho, exemplificando-o de maneira isolada e, corroborando assim, alguns dos lugares-comuns sobre a atividade científica (“o gênio isolado”). Essa representação ainda carrega consigo os elementos materiais relacionados ao trabalho de um cientista, como os instrumentos de laboratório, passando a impressão de que esse é o local exclusivo de trabalho das pessoas que “produzem ciência”. Além disso, estas menções poderão trazer “[...] impedimentos para que estudantes deste nível de ensino construam uma visão mais atual acerca da natureza da ciência” (Monteiro; Nardi, 2008, p. 10).

Acreditando que a história da ciência tenha um importante papel no ensino destes componentes curriculares, o objetivo desse artigo é analisar algumas imagens e tópicos sobre Biologia e Física presentes em coleções distribuídas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018 para o EM, visando identificar e ilustrar possíveis problemas ou erros relacionados a essas áreas de conhecimento. Além disso, também procuramos fazer um relato a respeito de um tema específico da Biologia (Evolução e Origem da vida) e da Física (FMC e relatividade), a partir da análise das coleções e das ponderações de algumas referências na área de História da Ciência. Passaremos no próximo item desse texto à análise destes materiais.

As imagens relacionadas à Biologia e à Física em livros didáticos do Ensino Médio: algumas reflexões a partir de exemplos

O estudo das questões relacionadas à História, Filosofia e Sociologia (HFS) do conhecimento científico e das mudanças paradigmáticas no campo da ciência nos currículos escolares pode ser uma prática positiva, uma vez que já vem contribuindo para a aprendizagem das Ciências em alguns países do mundo (Matthews, 1995). No ensino de alguns componentes curriculares e, por consequência, nos materiais didáticos brasileiros, vemos que este fator ocasionaria potencial melhora na educação escolar, uma vez que ainda são reproduzidas muitas questões reduzidas e/ou distorcidas de episódios que ocorreram no campo da Ciência, mesmo nos dias atuais.

No campo da Biologia existem dois exemplos clássicos de rupturas com visões ingênuas e simplistas das Ciências, que antes eram tomadas como

verdades inquestionáveis, a saber: as mudanças de paradigma (Kuhn, 1997) sobre as teorias de origem da vida e da evolução. Embora essas ideias sejam tratadas de maneira bastante superficial nos materiais didáticos (e no ensino de Ciências em geral), há que se questionar quais eram os fatores históricos, científicos, filosóficos e políticos do momento que permearam estes dois grandes debates no ramo da História Natural¹⁶.

As ideias evolucionistas defendidas por Darwin e Wallace, por exemplo, foram inicialmente rechaçadas e ridicularizadas por irem de encontro aos dogmas do Cristianismo, rompendo com os ideais fixistas e criacionistas da Igreja Católica e derrubando o princípio da imutabilidade dos seres vivos (Freitas, 1998). A biografia de Darwin possui um “salto” de muitos anos entre o término de sua viagem no Beagle (expedição determinante para formulação de sua teoria sobre a seleção natural) e a publicação de sua obra “A origem das espécies”, em 1859.

Esse grande intervalo seria explicado, em parte, por uma possível relutância em publicar suas ideias por uma formação religiosa e teológica muito forte, anterior aos estudos desenvolvidos sobre o evolucionismo. Martins (2009) ainda salienta que Darwin, embora crente nas ideias evolucionistas e da seleção natural, não defendeu de maneira explícita nenhum ponto de vista a respeito da origem da vida, preferindo se referir a este fenômeno como mero “sopro” que deu origem a um ancestral comum de todos os demais seres vivos atuais, fator que ajuda a reforçar o fato da crença religiosa de Darwin na Inglaterra do século XIX.

Ainda segundo Freitas (1998), a própria discussão sobre a origem da vida iniciou-se em outros campos como a Filosofia e a Teologia e só depois chegou ao trabalho dos naturalistas, sendo que nesse sentido o francês Jean Baptiste Lamarck foi o cientista pioneiro, inclusive influenciando muito dos pensamentos evolucionistas do próprio Charles Darwin. Além das ideias de Lamarck, o geólogo Lyell também teria influenciado muito o naturalista inglês na formulação das ideias evolucionistas.

Já próximo ao período das publicações a respeito das teorias evolucionistas e da seleção natural, ganha destaque a figura de Darwin.

¹⁶ Para todos os efeitos, era assim que o campo da Biologia era conhecido no século XIX e início do século XX, época em que ocorreram esses fatos.

Embora o naturalista tenha trocado muitas cartas com Alfred Russel Wallace a respeito de suas ideias e ambos tenham apresentado juntos suas teorias, a figura de Darwin é muito mais lembrada e presente no ensino de Biologia do que deste. Essa questão fica evidente ao analisarmos uma coleção didática desse componente curricular para o EM, quando vemos a formatação do capítulo sobre Evolução (Figura 3).

Figura 3: livro didático de Biologia que aborda as figuras de Lamarck e Darwin.



Fonte: SILVA JÚNIOR; SASSON; CALDINI, 2016, p. 173 e 175 (volume 3).

Conforme visualizado, as imagens, por si só, não apresentam elementos que façam alusão à atividade científica dos cientistas em questão e servem somente para ilustrar o texto do capítulo sobre evolucionismo. No entanto, Alfred Russel Wallace é citado, mas não há imagens dele no mesmo trecho da obra, tendo sua importância visivelmente diminuída em relação aos dois primeiros. Papavero e Santos (2014, p. 177-178) abordam a questão por um viés muito interessante ao fazerem a reflexão de que

Passados mais de 150 anos da publicação conjunta de Darwin e Wallace, este último, apesar de ter intuído a seleção natural e a origem das espécies mais rápida e detalhadamente que Darwin, ainda permanece relegado a um plano secundário na história das ciências. Muito do que vemos hoje em relação ao estrelato de Darwin e o anonimato de Wallace pode ser explicado pela indústria acadêmica que gira em torno da figura de Darwin. Entretanto, parte da resposta a esse fenômeno também pode ser encontrada na maneira pouco atenta com que estudantes, professores e pesquisadores têm estudado a história do evolucionismo.

Além do fator atribuído pelos autores, consideramos também que Darwin ganhou um reconhecimento maior justamente pela publicação de sua obra “A origem das espécies”, em 1859, um livro tido como referência aos evolucionistas até os dias atuais. Já Wallace, por outro lado, por não ter publicado uma obra desta magnitude, acabou sendo relegado ao segundo plano em seu contexto histórico.

Já na mesma época, em meados do século XIX ocorriam paralelamente na França alguns estudos e experimentos a respeito das teorias sobre a origem da vida, ficando evidente o embate entre as ideias de abiogênese e a biogênese¹⁷. Embora os livros didáticos de Ciências abordem a questão por um ponto de vista pautado em reducionismos e visões ingênuas, estudos mostram que o embate entre os dois campos de visão sobre a origem da vida não foi tão simples e direto, não ao menos da forma como se é apresentada nos materiais didáticos.

Martins (2009) apresenta os estudos de Pouchet, cientista contemporâneo de Pasteur que realizou experimentos semelhantes aos deste, obtendo resultados diferentes e que endossavam as ideias acerca da geração espontânea (abiogênese). A diferença entre os experimentos de ambos, no caso, estava nos meios de cultura (“alimento” dos microrganismos) utilizados nos dois estudos. Dessa forma, a briga entre as duas correntes de pensamento alongou-se por bastante tempo no contexto da época e permanece até os dias atuais, de certa forma, pois as ideias referentes à abiogênese vão ao encontro de um pensamento religioso e fixista, que supõe a criação de todas as formas atuais de vida por um “criador” ou “ser superior”.

Esse é um perigo que verificamos ser potencialmente danoso nas Ciências, ainda mais quando se apresenta dessa forma em materiais didáticos, pois tende a se refletir na própria prática e forma de ensino da temática a respeito da origem da vida pelos professores. Os livros didáticos e materiais apostilados, em geral, começam a trabalhar esse conteúdo pelos experimentos de Redi (acesso das moscas aos frascos de carne) e posteriormente de Pasteur (caldo nutritivo e “pescoço de cisne”), alertando o público leitor que

¹⁷ A título de contextualização, a abiogênese era uma corrente que defendia que a vida poderia originar-se “do nada” ou de uma matéria não viva qualquer, enquanto a biogênese defendia que a vida só poderia originar-se de onde já houvesse vida anteriormente, ou seja, um ser vivo só poderia ter origem a partir de outro ser vivo.

ambos conseguiram derrubar de maneira inegável a teoria da abiogênese, sendo que essa não é uma verdade absoluta. Martins (2009) chega a tratar esta forma de abordagem de “pseudo-história”, pois esses materiais reduzem mais de 2000 anos de discussões e embates na área a alguns poucos nomes e linhas de texto, incorrendo em um reducionismo perigoso e cheio de imprecisões e falsas informações. A autora ainda termina seu trabalho evidenciando que as ideias de Louis Pasteur ganharam ênfase na França do século XIX por questões políticas e religiosas, uma vez que o país sofreu um golpe de Estado em 1851 e a Igreja Católica voltou a ter grande poder sobre a população francesa.

Em que pesem esses fatores sociais de natureza política, filosófica e/ou religiosa, quando transpomos os problemas referentes ao ensino das temáticas do Evolucionismo e da Origem da vida aos dias atuais, ainda assim nos deparamos com questões delicadas enquanto educadores. As religiões de matriz cristã, como o catolicismo e o protestantismo, fazem corrente contrária às ideias científicas referentes a essa temática, constituindo um verdadeiro nó na (já árdua) tarefa docente. Como professores das áreas de Ciências, acreditamos que toda e qualquer temática referente ao conhecimento científico deva ser abordada em sala de aula, concordando com o ponto de vista de que se configura um problema muito maior para o ensino quando “Ocorre que muitos professores, até mesmo os de Ciências e Biologia, fogem do assunto, omitindo-se a respeito de seu posicionamento sobre a origem e a diversidade da vida, o que se configura em grave problema, considerando que a escola pública, assim como o Estado, é laica [...]” (Silva; Pignata, 2014, p. 111).

Sendo a escola uma instituição laica, como é o Estado brasileiro, consideramos que o ensino dessas temáticas deveria ser incluído e abordado pelo viés biológico e científico, reforçando o respeito e a consideração às crenças de cada sujeito, uma vez que no Brasil a liberdade de expressão religiosa também é assegurada a todos os indivíduos. Acreditamos ainda que essa abordagem para o ensino de Ciências possa reforçar uma visão não-dogmática de ciência, apresentando-a como uma área de conhecimento em constantes transformações, inacabada e influenciada pela atividade das pessoas.

Independente do tópico abordado, encontramos imagens de figuras históricas, tanto em fotografias como em ilustrações. Observamos que os cientistas estão, na maioria das vezes, sozinhos em ambientes que simulam seus locais de trabalho, como bibliotecas e laboratórios. Assim, nos parece que a intenção dessas imagens é somente ilustrar o texto principal que as acompanha (Figura 4).

Figura 4: livro didático de Biologia que aborda a figura de Anton van Leeuwenhoek.



Fonte: MARTHO; AMABIS, 2016, p. 34, volume 1.

Ainda, Greca e Freire Jr. (2004) mencionam a importância de se evitar que certas visões e concepções rígidas, deformadas e socialmente neutras de ciência sejam tomadas como verdades absolutas e questões comuns no ensino das Ciências. Na educação escolar, em nosso ponto de vista, apresentar o lado “humano” dos cientistas contribui para que os estudantes que cursam as disciplinas de Ciências se interessem e tenham envolvimento com os conteúdos referentes à Biologia e Física, por exemplo.

Encerrando a análise das coleções de Biologia, das dez obras deste componente curricular aprovadas pelo PNL 2018 analisamos oito destas à procura de imagens de cientistas nos tópicos referentes à origem da vida e evolução. Nossa busca revelou que somente uma coleção não apresentou imagens relacionadas a cientistas nesses tópicos. Tal fato pode nos indicar que há preocupação das editoras em ilustrar as obras contendo imagens relacionadas a cientistas, ainda que ocorram eventuais problemas e/ou falhas nessas representações, conforme identificamos.

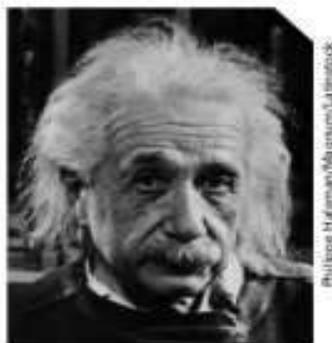
Se tratando especificamente do componente curricular Física, ao analisarmos a trajetória de Einstein, em sua teoria da relatividade restrita, ou especial, notamos que esta apresentou algumas contribuições, quebras de paradigmas e mudanças conceituais para a área. Destacar esses pontos na história traz aos estudantes a percepção de que a ciência, e a HFC, assim como diz Forato (*apud Brito et al.*, 2014, p. 215), “não é uma simples história de gênios descobridores de leis e teorias, as quais são tidas como absolutas e eternas; de indivíduos alheios ao resto da comunidade científica, das questões econômicas, filosóficas, religiosas, alheios a sociedade como um todo”.

Deste modo, buscamos através da abordagem em controvérsias e contribuições no meio científico, explicitar o caminho que levou Einstein a formular sua teoria da relatividade restrita. Compreendemos esta como um dos pontos importantes na virada do pensamento científico, em especial, da Física Clássica para a Física Moderna. A partir do estudo desse tema, também analisamos alguns livros didáticos do componente curricular Física, particularmente no tema em questão, buscando evidenciar como são retratados os cientistas nas coleções.

Segundo Renn (2004), os estudos em relação aos problemas de fronteiras na Física Clássica concretizam a mudança da Física Clássica para a Moderna. Um destes problemas de fronteira encontra-se entre a mecânica e o eletromagnetismo, e é denominada como a eletrodinâmica dos corpos em movimento, na qual se desenvolveu a teoria da relatividade especial. Este assunto já havia sido tratado anteriormente por físicos como Hertz, Larmor, Abraham e Lorentz (Martins, 2005).

No entanto, algumas coleções ainda trazem informações do contexto histórico desses acontecimentos de maneira individualizada. A obra escrita por Yanamoto e Fuke (2016, p. 245), por exemplo, disponibiliza em um *box* intitulado como “Física na história” algumas informações sobre Albert Einstein, destacando como “suas famosas teorias”, a Relatividade Especial ou Restrita e Relatividade Geral, se sobressaindo o papel individualizado e de “gênio” do cientista. Muitas outras coleções também retratam apenas a figura de Einstein nesse tema, como ilustra a Figura 5.

Figura 5: livro didático de Física que aborda a figura de Albert Einstein



Retrato de Albert Einstein
(1879-1955).

Fonte: GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 187, volume 3.

Discorrendo um pouco mais sobre a história por traz da formulação da teoria da relatividade restrita, percebemos que o início dessa trajetória é marcado por uma fase experimental, na qual Einstein buscava compreender a eletrodinâmica dos corpos em movimento em função do éter (Renn, 2004). Nesta época, Einstein acreditava que existia um meio, chamado éter, no qual a Terra se movimentava. Essa crença se decorria de acordo com os conceitos físicos aceitos naquele período (Einstein, 1982), portanto, toda a sua fase de experimentação foi constituída por meio dessa hipótese.

Em suas notas autobiográficas, Einstein (1982, s/p) declara seu fascínio pelo “[...] contato direto com a experiência [...]”. Esse contato ocorreu devido ao seu trabalho no laboratório de Física, durante seu período no Instituto Politécnico de Zurique, quando cursara Matemática e Física.

Os esforços experimentais de Einstein ocorreram até 1901, e, ao final dessa fase, ele passou a descartar a existência do éter neste problema (Renn, 2004). Para Arruda e Villani (1996, p. 39):

[...] a razão fundamental para o abandono do éter não foi somente o “insucesso” das experiências sobre o movimento em relação ao éter, mas teve também origem em outros problemas que a teoria eletromagnética vinha enfrentando que o levaram a propor a hipótese do quantum de luz, cuja consequência imediata era dar realidade independente à radiação.

Einstein, não mais pensando na ideia do éter, passa para a fase de teorização, segundo Renn (2004, p. 32), onde ele busca uma “[...] fundamentação conceitual de toda a física, que ele espera encontrar no atomismo interdisciplinar”. Esta fase ocorre entre 1900 e 1905, e nela, ele decide trabalhar em uma teoria corpuscular da radiação, o que ia de encontro à teoria ondulatória da luz, que era aceita até então.

Esse olhar permitiu com que Einstein encarasse um grande número de problemas sob outro ponto de vista. Experimentos, teorias e descobertas de nomes como Max Planck, Galileu, Rontgen, entre outros cientistas, foram, desse modo, parte do pensamento dessa fase de Einstein, no qual buscava as interpretar com esse novo pensamento. No entanto, essa sua teoria corpuscular o levava a um caminho sem saída, pois ainda não estava bem fundamentada (Renn, 2004).

O capítulo 5 do livro didático de Torres *et al.* (2016) aborda conteúdos de relatividade especial. Logo no início, os autores trazem um imagem de Albert Einstein e Max Planck em 1929, em uma cerimônia de entrega de medalhas à Planck. Na descrição da imagem, os autores a intitulam como “Encontro de gigantes” (Figura 6).

Figura 6: livro didático de Física que retrata o encontro entre Planck e Einstein.



Fonte: TORRES *et al.*, 2016, p. 186, volume 3.

Percebemos que os livros didáticos de Física, ao abordarem o tema da relatividade restrita, em sua maioria, apresentam imagens de cientistas de maneira individualizada, ou quando em grupo, cercados por “gigantes” como descrevem Torres *et al.* (2016) no exemplo representado.

Prosseguindo pelo percurso histórico da trajetória de Einstein, em relação a relatividade restrita, chegamos então à sua última fase, de reflexão, na qual Einstein reinterpreta a teoria de Lorentz. Nessa teoria Lorentz explica todos os fenômenos da eletrodinâmica de corpos em movimento, e nela “o éter era um conceito central e as novas variáveis para o tempo e o espaço apenas grandezas auxiliares” (Renn, 2004, p. 34).

Essa reinterpretação dada por Einstein foi de que, enquanto os físicos (como exemplo Lorentz, Poincaré, entre outros) da época acreditavam na existência do éter, ele por outro lado abandonara essa ideia, negando sua existência (Martins, 2005). Em sua teoria da relatividade restrita, o éter não teria nenhum papel, e o tempo e o espaço passariam, então, a ter um papel principal. Para ele, o princípio da relatividade e a constância da velocidade da luz eram igualmente importantes.

A reflexão sobre todo o embasamento teórico por trás do pensamento de Einstein, para Renn (2004), pode ter começado com as conversas que ele tinha com seu amigo Bessa. Esse amigo de Einstein era engenheiro e não tinha

domínio da Física, porém, os dois sempre discutiam sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento.

Dentre essas discussões, surgiram perguntas de Bessa que levaram Einstein a refletir sobre alguns problemas de sua hipótese, e, nesse ponto, ele se amparou nas leituras sobre Filosofia em que havia estudado no seu grupo de leitura em Berna, fazendo-o refletir e utilizar estas referências em seu pensamento. Neste momento, Einstein passa a ter como hipótese que “[...] a velocidade da luz, independentemente do movimento do referencial, deveria permanecer a mesma [...]” (Renn, 2004, p. 35).

Vale destacar que dessas leituras de Filosofia da ciência “a crítica de Mach às concepções de espaço e tempo absolutos de Isaac Newton” (MARTINS, 2005, p. 26) teve uma grande influência sobre Einstein. Portanto, desses pensamentos se origina seu trabalho sobre a relatividade especial, que, conforme percebemos no decorrer do texto, foi repleta de mudanças conceituais e contribuições, tanto científica como sociais.

A Teoria da Relatividade Restrita de Einstein modificou diversas ideias na área da Física, como: tempo, espaço, concepções sobre a luz, éter, teoria eletromagnética (Arruda; Villani, 1996). Os autores ainda colocam que esse trabalho de Einstein gerou “[...] uma sequência interligada de mudanças em ideias centrais da Física no final do século XIX [...]” (p. 42).

Desse modo, segundo Renn (2004, p. 35) “[...] os trabalhos de Einstein de 1905 tornaram-se o ponto de partida de uma revolução científica que não se restringiu a sua área específica nas ciências”.

Nesse texto, procuramos tratar o tema relatividade restrita sob uma perspectiva histórica, enfatizando as contribuições que Einstein teve como cientista e suas mudanças conceituais no decorrer desse caminho. Para Wolff e Mors (2006) uma das dificuldades na abordagem desta temática na EB está na falta de materiais didáticos, sendo que o autor ainda ressalta que a produção de textos adequados a tal nível possa vir a contribuir como subsídio ao professor e aos alunos.

Sob esta abordagem, percebemos a contribuição dos trabalhos de diversos outros cientistas. Deste modo, tiramos a ideia de gênios trabalhando individualmente, e explicitamos o trabalho colaborativo no meio científico. Entendemos que estas contribuições em conjunto com suas experiências,

teorizações e reflexões, levaram Einstein às suas teorias e descobertas. Assim, fica perceptível que o conhecimento científico produzido se origina de diversas contribuições. Além disso, percebemos nessa abordagem “[...] a construção do conhecimento científico enquanto um processo sujeito a transformações” (Brito *et al.*, 2014, p. 227). Tentamos evidenciar, portanto, alguns pontos onde ocorreram algumas mudanças conceituais e paradigmáticas, mostrando as controvérsias existentes no trabalho científico.

Também buscamos, através da análise de livros didáticos, abordar como vem sendo tratado tais assuntos nos materiais e recursos utilizados na educação, em especial naqueles destinados à EB, ressaltando a maneira como os autores desses materiais apontam a figura de cientista.

Sob esse ponto de vista, das doze coleções aprovadas pelo PNLD 2018 para o componente curricular Física, nós pudemos analisar onze, as quais tínhamos acesso físico à obra através do Centro de Documentação (CEDOC) da Faculdade de Educação (FE), Unicamp. Em todas as coleções analisadas, o tema relatividade especial ou restrita foi abordado no último volume do EM. Ao se tratar das imagens relacionadas a esses cientistas e referentes ao tema estudado, seis livros didáticos continham figuras individualizadas de cientistas, outras cinco não continham imagens e apenas dois livros possuíam imagens de cientistas em grupo/dupla, sendo estes o livro de Torres *et al.* (2016) e de Bonjorno *et al.* (2016).

Refente a esse último livro citado (Bonjorno *et al.*, 2016), a imagem em grupo se encontra em uma página destinada a História da ciência, sob o título “Pensando as Ciências: Física e História”. Nesta parte, os autores descrevem a missão científica de Sobral, trazendo não somente a contribuição do trabalho em grupo no campo científico, como um episódio no qual o Brasil teve sua contribuição para a validação de tal teoria (Figura 7).

Figura 7: livro didático de Física que retrata Einstein, Ehrenfest, Sitter, Lorentz e Eddington no observatório de Leiden em 1923.



Fonte: BONJORNO *et al.*, 2016, p. 223, volume 3.

Concordamos também com as ideias de Gooday *et al.* (2008), quando estes falam que aprender Ciências, além dos conteúdos, deve ser também aprender sobre a Ciência (instituição) nas disciplinas escolares. De acordo com os autores, essa mudança ocorreria principalmente pela modificação na formação dos professores que lecionam essas disciplinas, através da inclusão da temática de forma mais recorrente nos currículos e na formação inicial dos licenciados. Acreditamos que esse seja um caminho viável, uma vez que comumente vemos em nossa rotina de trabalho alguns professores que não trabalham com essa abordagem da HFC.

Considerações finais

Nesse artigo foram discutidas algumas questões referentes ao trabalho de cientistas nos campos de conhecimento da Biologia e da Física. Apresentamos brevemente as contribuições destes pesquisadores à ciência ao longo do período em que os mesmos se mantiveram ativos e produtivos enquanto pesquisadores. Procuramos abordar também algumas imagens referentes às coleções aprovadas e disponibilizadas no último PNLD para o EM referentes ao ano de 2018, nos componentes curriculares por nós analisados.

As questões históricas relativas aos campos da Biologia e Física continuam a apresentar desdobramentos nem sempre positivos, revelando muitas vezes uma imagem de ciência neutra, acrítica, ahistórica, aproblemática e com sérias distorções em sua imagem (Gil-Pérez *et al.*, 2001). Tais questões, em qualquer área da Ciência, podem torná-la um campo de conhecimento pouco interessante aos estudantes justamente por apresentá-lo desconexo e

descontextualizado, refletindo em potencial perda de interesse por esse componente curricular nos processos pedagógicos, conforme já argumentado (Praia; Gil-Pérez; Vilches, 2007). Contornar essas questões na educação escolar faz-se, assim, uma importante questão para contribuir para o ensino e a aprendizagem das Ciências.

Conforme salientamos, consideramos fortemente que as questões relacionadas à HFS da Ciência, na perspectiva de Matthews (1995), deveriam ser abordadas com maior ênfase nas aulas de Ciências, para que os estudantes pudessem reconhecer fatores intrínsecos à atividade humana dos cientistas com maior destaque. Frisamos que a atual condição para o ensino das Ciências nem sempre é a ideal, a começar pela própria formação dos professores que, com raras exceções, é também superficial neste aspecto - ao menos em sua etapa inicial.

Assim, possíveis sugestões para uma melhora nessas questões passariam por um maior trabalho referente às discussões dessa natureza em momentos de formação continuada e/ou permanente dos professores de Ciências em atividade, inserção com maior ênfase dessa temática nos documentos oficiais – currículos escolares e diretrizes estaduais e municipais – , além de uma reformulação dos próprios materiais didáticos, também nesse sentido.

Consideramos interessante a contribuição de Gandolfi e Figueirôa (2017, p. 8), quando as autoras ponderam a respeito da formação de professores de Ciências:

Todavia, acreditamos que a defesa da inserção da HFC nas salas de aula de ensino fundamental e médio deve estar obrigatoriamente atrelada a uma reflexão sobre os processos de formação de professores de Ciências no contexto brasileiro. Em outras palavras, concordamos com diversos autores (HÖTTECKE; SILVA, 2011; ALMEIDA, 2012; GARCÍA MARTÍNEZ; IZQUIERDO-AYMERICH, 2014) que reconhecem e destacam a importância da HFC não apenas em salas de aulas do ensino Básico, mas principalmente nos processos de formação dos docentes de Ciências. Nesse contexto, argumentamos aqui que a sistemática ausência de reflexões advindas da HFC durante a formação desses profissionais coloca em risco sua tão defendida inclusão nas salas de aulas, tornando-se apenas mais uma proposta autoritária de inovação curricular (tal como muitas outras nas últimas décadas), para a qual o professor recebe pouco ou quase nenhum treinamento

que lhe possibilite uma apropriação crítica dessa estratégia de ensino.

Ainda segundo as autoras, também é construtivo que os professores de Ciências possam ter acesso às fontes primárias, como as obras clássicas de cientistas como Darwin, Wallace, Redi, Pasteur, Newton, Einstein, entre muitos outros. Em que pesem todas as dificuldades e obstáculos de se trabalhar com esses textos histórico-científicos, como a análise e a interpretação dessas obras ou mesmo a localização e curadoria destes materiais em locais disponíveis ao grande público, Gandolfi e Figueirôa (2017) ponderam que a mera atividade de consulta e pesquisa histórica nesses materiais tem potenciais ganhos aos professores da EB e formadores de professores, um fato com o qual concordamos.

Uma última sugestão é que as questões referentes à HFC e suas publicações pudessem ter uma maior penetração junto às instituições escolares e professores da EB. Essa é uma crítica que ouvimos de muitos professores de Ciências a respeito das pesquisas em Educação e Ensino, de uma maneira geral, e que estendemos aos trabalhos e publicações da área de HFC. Consideramos que nós, pesquisadores das áreas que atuam diretamente com a EB, deveríamos ter essa preocupação como um fator intrínseco à nossa atividade e de forma mais presente em nossos estudos: tornar nossos estudos mais “úteis” e menos “prescritivos” e, dessa forma, oferecer subsídios aos professores e processos pedagógicos que analisamos em nossas pesquisas (Machado, 2007).

Referências

Almeida, M. J. P. M.; Pagliarini, C. R. Representações de futuros professores de Física sobre o uso da história da ciência em aulas de Física no Ensino Médio. **Física y Cultura: Cuadernos Sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias**, n. 9, p. 81-94, 2015.

Arruda, S. M.; Villani, A. Sobre as origens da relatividade especial: Relações entre quanta e relatividade em 1905. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 1, p.32- 47, 1996.

Binns, I. C.; Bell, R. L. Representation of scientific methodology in secondary science textbooks. **Science & Education**, v. 24, n. 7, p. 913-936, 2015.

Figueirôa, Sílvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Bonjorno, J. R. *et al.* **Física**, 3ª edição. São Paulo: Ed. FTD S.A., 2016.

Brito, N. B. *et al.* História da física no século XIX: discutindo natureza da ciência e suas implicações para o ensino de física em sala de aula. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p.214-231, 2014.

Catani, A. *et al.*, **Ser Protagonista**, 3ª edição. São Paulo: Ed. SM, 2016.

D'Agostin, A. **Física Moderna e Contemporânea: Com a Palavra Professores do Ensino Médio**. Dissertação em Educação, Universidade Federal do Paraná, 2008.

Dominguini, L. Física Moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 2, p.1-7, 2012.

Einstein, A. **Notas autobiográficas** (Trad: Aulyde Soares Rodrigues). 4ª edição. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

Freitas, L. A teoria evolutiva de Darwin e o contexto histórico. **Bioikos** (PUCCampinas), v. 12, n. 1, p. 55-62, 1998.

Gandolfi, H. E.; Figueirôa, S. F. de M. Formação de professores e pesquisa em História das Ciências. **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**. Porto Velho, v. 4, n. 8, p. 3-28, 2017. Disponível em: <<http://www.periodicos.unir.br/index.php/EDUCA/article/view/2121/1953>>. eISSN: 2359-2087.

Gil-Pérez, D. *et al.* Para uma Imagem não Deformada do Trabalho Científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

Gimeno Sacristán, J. **O currículo: uma reflexão sobre a prática**. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2000.

Gooday, G.; Lynch, J. M.; Wilson, K. G.; Barsky, C. K. Does science education need the history of science? **Isis**, v. 99, p. 322-330, 2008.

Greca, I. M.; Freire Jr., O. A “Crítica Forte” da ciência e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 343-361, 2004.

Guimarães, O.; Piqueira, J. R.; Carron, W. **Física**, 2ª edição. São Paulo: Ed. Ática, 2016.

Issit, J. Reflections on the study of textbooks. **History of Education**, v. 33, n. 6, p. 683- 696, 2004.

Yanamoto, K.; Fuke, L. F. **Física para o Ensino Médio**, 4ª edição. São Paulo: Ed. Saraiva, 2016.

Kuhn, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5ª edição. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1997.

Leite, R. R. C. M.; Ferrari, N.; Delizoicov, D. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. **Revista da Associação Brasileira de Educação Em Ciências**, v. 1, n. 2, p. 97-108, 2001.

Lopes, A. C.; Macedo, E. **Teorias de Currículo**. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

Machado, N. J. Qualidade da educação: Cinco Lembretes e uma Lembrança. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 61, p. 277-294, 2007.

Martins, L. A-C. P. Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 65-100, 2009.

Martins, R. A. Física e história. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 25-29, 2005.

Matthews, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

Martho, G. R.; Amabis, J. M., **Biologia Moderna**, 3ª edição. São Paulo: Ed. Moderna, 2016.

Monteiro, M. A.; Nardi, R. As abordagens dos livros didáticos acerca da física moderna e contemporânea: algumas marcas da natureza da ciência. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (XI EPEF). **Anais**. Curitiba, 2008.

Ostermann, F.; Moreira, M. A. Atualização do Currículo de Física na Escola de Nível Médio: Um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Cad. Cat. de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p.135- 151, 2001.

Ostermann, F.; Ricci, T. F. Relatividade Restrita no Ensino Médio: Contração de Lorentz-Fitzgerald e Aparência Visual de Objetos Relativísticos em Livros Didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p.176-190, 2002.

Papavero, N.; Santos, C. F. M. Evolucionismo darwinista? Contribuições de Alfred Russel Wallace à teoria da evolução. **Revista Brasileira de História**, v. 34, n. 67, p. 159- 180, 2014.

Pinto, A. C.; Zanetic, J. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? **Cad. Cat. de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p.7-34, 1999.

Praia, J.; Gil-Pérez, D.; Vilches, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

Renn, J. A física clássica de cabeça para baixo: Como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 27- 36, 2004.

Silva, R. F.; Pignata, M. I. B. Charles Darwin e a teoria da evolução. In: 11º Congresso Pesquisa, Ensino e Extensão (11º CONPEEX). **Anais**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás-UFG, 2014.

Silva Jr., C.; Sasson, S.; Caldini, N. J. **Biologia**, 12ª edição. São Paulo: Ed. Saraiva, 2016.

Torres, C. M. A. *et al.* **Física: Ciência e Tecnologia**, 4ª edição. São Paulo: Ed. Moderna, 2016.

Wolff, J. F. S.; Mors, P. M. Relatividade no ensino médio: uma experiência com motivação na história. In: Encontro Estadual de Ensino de Física. **Atas**. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 2006.

CAPÍTULO 07 – JOGO DE CARTAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA E SEU USO NO ENSINO

Bernardo Jefferson de Oliveira, Marina Assis Fonseca e Juliana Prochnow dos Anjos

Um dos desafios a ser enfrentado no ensino de ciências é o de evitar uma visão ingênua e deturpada sobre ciências na formação dos estudantes. Embora não haja um consenso sobre os aspectos cruciais da ciência e nem acerca do que seria mais importante a ser ensinado, o fato é que muitos dos trabalhos em história, sociologia e filosofia da ciência vêm reforçando a

necessidade de uma renovação no ensino de ciências de forma a mostrar não apenas a importância mas também as dificuldades e incertezas da atividade científica.

Seja por falta de reflexão crítica ou por dificuldades impostas pela cultura escolar, a tendência dos professores é recorrer a esquematismos, estereótipos e mitos sobre a natureza da ciência, o que cria uma visão deformada da ciência e de suas relações com a sociedade. Dentre as deturpações e mitos sobre a ciência mais recorrentes estão as noções de um conhecimento socialmente neutro, embasado em um método universal, que levaria a descobertas de verdades absolutas a partir de um acúmulo linear das observações e experiências.

Mesmo que muitas análises já tenham apontado esses problemas (Santos, 1999; Cachapuz et al., 2005), não é fácil reverter esse quadro. A nosso ver, não se trata apenas de uma dificuldade do ensino, uma vez que outros meios formadores de opinião, como jornais e revistas, reforçam muitos desses estereótipos disseminados no senso comum. Seja como for, caberia aos professores preocupados com uma formação científica não deturpada, buscar desenvolver experiências que permitam superar obstáculos e problemas que persistem na aprendizagem de ciências na escola.

O presente trabalho apresenta uma atividade didática que visa ajudar na superação de algumas destas dificuldades. Trata-se de um jogo de cartas que, de forma envolvente, promove reflexões filosóficas, históricas e sociológicas sobre a natureza da ciência. Esta atividade permite facilmente evidenciar questões acerca dos pressupostos do conhecimento científico, dos critérios que utilizamos para escolha entre teorias concorrentes, exigências do contexto de justificação, bem como uma diferenciação entre perfis epistemológicos.

Não fomos nós que inventamos esse jogo. Ele é de domínio público, conhecido por algumas pessoas com o nome de “Jogo do profeta”. O que fizemos foi adaptá-lo para explorá-lo no ensino de filosofia da ciência. Mantivemos alguns termos originais (“Deus da rodada” e “profeta”) justamente para podermos explorar melhor o contraponto da ciência com o conhecimento religioso.

Sendo uma atividade em que ideias vão sendo formadas, substituídas e aprimoradas, o jogo serve também para se discutir o processo histórico de

mudança do conhecimento e sua vinculação aos paradigmas adotados, além de evidenciar alguma das variáveis sociais presentes no processo de investigação e de justificação do conhecimento científico.

Dessa forma, este jogo permite explorar alguns dilemas acerca da natureza da ciência que os estudantes, quando conhecem, o fazem de maneira demasiado teórica e pouco significativa (pois mesmo tendo contato com reflexões a partir de leituras, muitas ideias são incorporadas, muitas vezes, como jargões “academicamente corretos”, mas de forma superficial, isto é, sem vivência significativa. É frequente ouvirmos estudantes e professores citando e exibindo raciocínio extremamente esquemáticos, por exemplo, acerca dos casos de mudança de paradigmas ou dos fatores sociais num caso histórico.

Parece-nos que uma das razões desses esquematismos reducionistas é a falta de vivência dos dilemas epistemológicos e sociais equivalentes aos envolvidos nas situações históricas concretas. Por isso, tanto o conhecimento mais aprofundado dos contextos históricos, quanto experiências simuladas e discussões sobre diversos fatores envolvidos nos percursos do desenvolvimento científico são bastante oportunos. Este jogo de cartas que estamos propondo como atividade para o ensino de ciências é uma situação abstrata e genérica (vale para qualquer área da ciência), mas que possibilita uma vivência exemplar, facilitando a compreensão de dilemas históricos e atuais da ciência.

Uma versão preliminar deste jogo foi publicada em *Ensino e Re-vista* em 1993.¹⁸ Desde então, fomos utilizando este jogo em diferentes contextos, desenvolvendo-o e incorporando alguns aspectos que vêm sendo discutidos na área de ensino de ciências.

Antes de tratar desses aspectos, apresentamos as regras do jogo. Em seguida, elencamos algumas possibilidades de uso para se tratar da ciência de maneira divertida e instrutiva, propiciando reflexão crítica sobre a natureza da ciência. Ao final, buscamos avaliar a contribuição do jogo como atividade didática formativa para uma melhor compreensão das características da ciência. Isto é, procuramos averiguar se, de fato, seu uso contribui na reversão

¹⁸ A descrição das regras do jogo é praticamente a mesma apresentada no artigo “O jogo da ciência”, publicado em *Ensino em Re-vista*, em 1993. As alterações e inovações estão sobretudo nos usos possíveis e na avaliação de seu alcance.

de visões deturpadas da ciência e favorece visões mais sofisticadas sobre natureza da ciência. Para tanto, selecionamos e traduzimos 19 questões do questionário *Views on Science-Technology-Society* (Aikenhead; Ryan; Fleming, 1989), que foram aplicadas em seisturmas, sendoduas delicenciatura em biologia, duas de pedagogia e duasdo mestrado profissional, da Faculdade de Educação da UFMG. Neste trabalho, apresentamos e discutimos os resultados encontrados.

As regras do jogo

O jogo consiste em tentar desvendar, através de conjecturas teóricas e experiências práticas, a regra ou as regras subjacentes à determinada sequência de cartas. Seu desenrolar leva não apenas a exercícios de investigações - com suas teorizações, verificação de hipóteses, etc. – mas, simultaneamente, ao acompanhamento de sucessivas tentativas de compreensão de uma série de fenômenos. Trata-se, portanto, de uma dinâmica que propicia a experiência compartilhada da evolução do conhecimento de uma dada realidade.

As regras do jogo são as seguintes: O número de jogadores deve variar entre 4 e 10. No caso de turmas numerosas, sugerimos o rearranjo em grupos de 2 ou 3 que atuem como um único jogador. Cada participante, ou grupo de participantes, recebe, no início da rodada, cinco cartas e deve tentar se livrar delas, descartando, obrigatoriamente, uma carta, quando chega sua vez na rodada.

Uma pessoa – o deus da rodada - concebe e anota regras para o descarte. Por exemplo: que as cartas a serem enfileiradas devem seguir a sequência par-ímpar-par; que a sequência será duas cartas de um naipe preto e uma de um naipe vermelho; ou alguma atitude relacionada à forma de jogar (por exemplo, coloca a carta com a mão esquerda? fala enquanto descarta?), ou a característica do jogador (usa óculos? está de tênis?),¹⁹ etc. Em posse desta regra, desconhecida pelos outros participantes, o deus da rodada deverá

¹⁹ A possibilidade das regras de descarte envolverem outras variáveis que não as cartas não deve ser explicitada de início, para poder ser trabalhada como reflexão sobre os paradigmas no desenrolar do jogo.

proibir os descartes que não sigam a ordem concebida, devolvendo as cartas que não se adequem, adicionadas de mais uma (a ser tirada do baralho).

Caso algum dos jogadores suponha ter descoberto a regra concebida pelo “deus da rodada”, deverá ser proclamado profeta. Esse novo papel implica em deixar de lado suas cartas (seus interesses pessoais) e assumira responsabilidade de antecipar os “desígnios divinos”, isto é, dizer se o descarte está correto ou não. O profeta fica com o baralho nas mãos, autoriza o descarte, quando ele acredita que está correto, e o recusa quando julga ser incorreto, dando, além disso, uma carta de punição ao jogador que, a seu ver, agiu equivocadamente.

O deus da rodada apenas intervém quando o procedimento do profeta não se ajusta às leis de descarte escolhida para esta rodada, ou seja, quando autoriza ou desautoriza algum descarte que fere as regras concebidas para aquele universo. Neste caso, o falso profeta é desbancado, perde o baralho e retoma suas cartas acrescidas de mais cinco. Abre-se assim a possibilidade de outro jogador desempenhar este papel, independentemente de sua posição na rodada dos descartes ou de já ter sido desbancado antes.

O jogo termina quando alguém consegue acabar com suas cartas ou quando a sequência de cartas descartadas chega à vigésima casa. Cada carta que sobrou na mão dos jogadores vale, ao final, um ponto negativo. E aquele que estiver como profeta nesta ocasião ganha cinco pontos positivos.

A duração média de cada rodada é de cerca de 40 minutos, cabendo perfeitamente, com observações e comentários, no tempo de uma ou duas aulas. Mas não é necessário o término da rodada para se defrontar com situações intrigantes: as mudanças de perspectiva na busca de conhecimento tornarão evidente o caráter ilusório de muitas de nossas certezas, instigando à reflexão sobre a natureza da ciência. Este jogo pode ser utilizado apenas como uma brincadeira, mas, como reflexão sobre a natureza do conhecimento científico, seu melhor aproveitamento se dá com algumas interrupções, em que o professor chama atenção para a aspectos da atividade científica.

Ao final das discussões é interessante frisar a ideia deste jogo como uma dinâmica que gera discussão, ou um tipo de analogia que se pode fazer em relação à natureza da ciência, bem como suas limitações.

Intervenções a serem explorados durante o jogo.

Os tópicos assinalados abaixo são os que julgamos mais proveitosos para a utilização deste jogo no ensino de ciências.

1) Intervenção para discussão sobre as argumentações e justificativas aceitas na ciência.

Todos sabem que nem só a ciência fornece explicações sobre o mundo, mas suas explicações têm que preencher alguns critérios. A referência religiosa nos nomes dos papéis (deus da rodada e profeta) é proposital. Além de facilmente compreensível, ela serve de comparação com papéis na prática da ciência. Uma das regras da ciência (mas não deste jogo) é apresentar argumentos para justificar uma interpretação, explicando as pistas na formulação das hipóteses explicativas. Mas nem sempre nossos conhecimentos (intuições e hipóteses) se baseiam em justificativas cientificamente aceitáveis. A discussão sobre os critérios aceitáveis e os fundamentos dos argumentos utilizados na arena científica é algo que serve à reflexão sobre a ciência e sua especificidade frente a outros conhecimentos. Essa discussão pode ser um bom momento para se diferenciar o contexto de descoberta do contexto de justificação, mostrando como a confiança e abertura para avançado conhecimento científico se apoiam na exigência de se explicar não apenas o que sabe, mas como se sabe. Explicitando não só as provas, mas também a forma de alcançá-las e de interpretá-las.

Em algumas situações os jogadores podem sugerir que a regra não existe, mas o fato dela ter sido escrita antes do começo do jogo, permite suscitar um diálogo sobre a confiança, a questão da prova, a diferença entre pensamento religioso e científico, noções de descoberta e criação de teorias.

É possível jogar, e jogar bem, sem teorizar. Uma intuição aguçada pode, sem dúvida, projetar um profeta. Embora haja interseção entre previsão e explicação – pois efetivamente, prognósticos corretos são uma das formas mais contundentes de se validar uma teoria, uma não implica necessariamente na outra. De qualquer forma, é interessante notar que as pessoas vão se esforçar por descobrir a regularidade. Tentam desvendar a ordem que está por detrás das coisas, seja para se dar bem no jogo, por se sentirem desafiadas ou mesmo por mera curiosidade.

2) Intervenção para discussão sobre as crenças da ciência.

Um dos pressupostos do conhecimento científico é a aposta que existe uma ordem na natureza e que, embora esta ordem seja invisível, é possível conhecê-la e representá-la em termos racionais. Isto não é uma regra do jogo. É uma crença básica para que haja ciência. No jogo isso fica evidente. O deus da rodada bem poderia escrever: vale tudo. Não há regras, só acaso. Esta suposição desestimula a busca de regularidades. Também poderia escrever que a regra dos descartes é a vontade de deus (isto é, se o deus da rodada, por razões incompreensíveis, simpatiza ou não com jogador ou se quer beneficiá-lo ou prejudicá-lo naquele dado momento). Torna-se importante conversar com os estudantes sobre como o conhecimento científico procurou, desde sua origem, desqualificar crenças religiosas - verdades inquestionáveis apoiadas na tradição, na intuição ou em especulações metafísicas, em vez de experimentos e raciocínios verificáveis. Contudo, a pressuposição da ordem racional na natureza das coisas não é fundada em termos propriamente científicos. Para conhecer tais regras não temos outros recursos, além do uso da imaginação e da análise das experiências tentadas, frustradas ou bem sucedidas. Ou seja, não é possível ler diretamente as regras para confirmá-las, como se pode fazer ao final do jogo. Resta lidar com esta pressuposição e tentar se aproximar cada vez mais da interpretação correta, por meio da criação de descrições acuradas para se fazer previsões potentes.

3) Intervenção sobre a dimensão coletiva do conhecimento.

Nem sempre é fácil percebermos como nossas ideias são construções coletivas. A interação com pessoas (estrangeiros, por exemplo) que não compartilham do mesmo processo formativo é quase sempre reveladora do viés de um grupo que compartilha ideias e valores como se fossem naturais. Mas, dentro do mesmo grupo, as experiências conjuntas e circulação das experiências particulares interagem na formação de um ponto de vista que, de maneira imperceptível, se tornam comuns. A chegada de algum estudante atrasado na aula em que o jogo está sendo realizado é uma boa ocasião para se evidenciar como alguém que não compartilhou do processo de construção terá dificuldades para evitar certos equívocos. Isto ajuda a evidenciar como a

experiência compartilhada e as informações trocadas entre a comunidade de investigadores são fundamentais. E vai contra o mito de que a história da ciência é feita, isoladamente, por sábios geniais exemplares. Por outro lado, quando sentimos a necessidade de mudar os paradigmas, deromper com algumas abordagens corriqueiras, quem estava menos imerso no processo tem mais condições de olhar as coisas por um novo ângulo.

4) Intervenções sobre a vinculação entre quadros teóricos e observação/interpretação dos dados e a questão dos paradigmas.

Estas intervenções devem ser provocadas com a escolha da regra de descarte que não esteja, como se esperaria, nas cartas (relação numérica, variação de cores ou de naipes), mas em outros aspectos, referentes a quem coloca as cartas (por exemplo, se usa óculos, relógio outipo de sapato) ou como as coloca (agachado, com a mão direita, etc.). Algumas pistas podem ser sugeridas, para se adiantar novas descobertas. “Que tal olhar para aspectos que não têm sido considerados?” “Vocês já pensaram que a regra de descarte poderia ser a cor do baralho, que está nas costas das cartas e ninguém presta atenção; ou então, que os descartes são aceitos e recusados somente quando feitos em minutos com números primos? Coisas cuja verificação pode ser impalpável, mas que, de toda forma, provocam o interesse em imaginar outros tipos de hipóteses, que partam de outros paradigmas.

Essa é a melhor hora para se chamar a atenção sobre a questão dos paradigmas. Apontamento que pode ser breve fazendo notar como que o leque de fatos que observamos são direcionados pelo que, sem perceber, consideramos como válido e digno de atenção. Como nas outras intervenções, ela pode a ser estendida em uma outra ocasião, com a marcação de leituras complementares.

É interessante notar como todos tenderão a colocar somente as cartas que se adequem à teoria em vigor, ao invés de procurar realmente certificar-se desta com tentativas de refutação. Esta é a falácia da consequência confirmada que nos dá confiança para seguirmos acreditando, e ficarmos cada vez mais convictos do conhecimento que temos. Em função disso, julgamos conveniente fazer outra intervenção, mostrando esta tendência e que

provocando a discussão acerca das razões de não nos arriscarmos na busca do novo e das implicações de tal postura na produção do conhecimento.

5) Intervenção sobre a importância da busca de refutação e as resistências sociais às mudanças dos modelos teóricos.

Popper (1975) mostrou que avançaríamos muito mais na busca do conhecimento se, em vez de ficar tentando confirmar nossas hipóteses, nos dispuséssemos a tentar derrubá-las; se buscássemos checar se as cartadas estranhas às nossas teorias não seriam bem sucedidas, apesar de nossas expectativas contrárias. A ciência teria tudo a ganhar se expusesse os pontos fracos de uma teoria em lugar de sombreá-los. Previsões ousadas são, deste ponto de vista, a melhor forma de descobrirmos fatos que contradigam as teorias e, conseqüentemente, de provocarmos pesquisas que dêem conta destes novos fatos. Mesmo que não busquemos novos fatos e até relutemos em reformular nossas teorias, arranjando justificativas *ad hoc* que consigam adaptar fatos anômalos às tais teorias, como exceções que confirmam a regra, eles aparecerão abundantemente no jogo em função dos poucos recursos dos jogadores (pequeno número de cartas disponíveis).

No entanto, apesar de recomendações metodológicas mais que razoáveis, elas não prevalecem na prática. Por mais que se enfatize este aspecto, pode-se constatar que os jogadores persistem em tentar o descarte que confirmem a hipótese teórica que têm em mente, e não o contrário, tentar refutá-la. Isto fica ainda mais evidenciado com as declarações, que se ouve em todas as partidas, “não tenho cartas certas para o descarte”, como se estes jogadores tivessem já certeza de que a interpretação dos fenômenos é a correta e não cogitassem colocá-la à prova. Tais declarações criam uma ótima ocasião para se salientar essa tendência, muitíssimo comum na história da ciência, de se recusar a experimentar quadros teóricos alternativos quando o que está em vigor congrega a atenção e a confiança de todos.

Vale a pena, então, interromper a partida para discutir como há diversas interpretações científicas possíveis e válidas, mas jamais uma certeza absoluta acerca de sua veracidade. Uma boa estratégia didática é uma rápida simulação de um congresso científico em que cada investigador (cada grupo que tiver uma suspeita em mente) apresenta sua explicação para apreciação dos colegas, e no qual a turma pondera conjuntamente os fundamentos e

limitações das teorias apresentadas. Nesta simulação se verá que, por mais que uma teoria consiga explicar os descartes ocorridos (tanto os casos bem sucedidos quanto os fracassados), essa “certeza” é apenas provisória. Cada nova experiência confirmada fortalece a convicção de sua veracidade, e de sua serventia com instrumento teórico para prever sequências futuras, mas, mesmo assim, não garante que será como se prevê.

Todavia, mesmo após discussões como esta com os participantes do jogo, persiste a tendência em confirmar a explicação conhecida e não o empenho em colocá-la realmente à prova, com tentativas de refutação. Aliás, o que se vê é que as discussões sobre as diferentes hipóteses explicativas ajudam a construir consensos e hegemonias teóricas, afastando interpretações idiossincráticas e ousadas. Vale então se questionar por que esta tendência de se apegar ao já conhecido persiste mesmo após recomendações racionais para desenvolvimento do conhecimento? Por que as prescrições metodológicas não são seguidas na prática, ainda quando elas são declaradas como modelares? Esse é um dos pontos em que a historiografia da ciência se mostrou conflitante com a filosofia da ciência. Enquanto os filósofos da ciência (epistemólogos) mostraram, convincentemente, como a ciência deveria ser, os historiadores da ciência, sobretudo nas quatro últimas décadas, demonstraram que não era isso que de fato ocorreu na imensa maioria dos casos. Na historiografia da ciência vem prevalecendo a perspectiva de não considerar o desenvolvimento das ciências tão somente a partir das sequências de teorizações, experimentos e argumentações, mas de buscar enriquecer a compreensão do fenômeno científico a partir das práticas científicas e dos mecanismos sociais de negociação e legitimação que envolvem a produção, a aceitação e a difusão dessas práticas.

Essas reconstruções históricas revelam que as imagens apreoadas pelos filósofos eram idealizações irreais. A diferença entre as perspectivas histórica e a filosófica (que aqui estão sendo grosseiramente sumarizadas) causou bastante desentendimento sobre a natureza da ciência. Mas com as longas discussões foi ficando mais claro que, embora distintas, as descrições (narrações) e os juízos (interpretações normativas) não são necessariamente incompatíveis. Os antagonismos e complementaridade dessas perspectivas é

algo que pode ser explorado num segundo momento, mas, de uma forma geral, extrapolam as prioridades de aulas ou cursos sobre a natureza da ciência.²⁰

6) Intervenções sobre os aspectos socioculturais intervenientes no processo de construção do conhecimento científico.

Há muitas questões interessantes sobre a relação entre ciência e sociedade, todas convergindo que a ciência é uma prática social e, como tal, sujeita aos padrões, instituições, mecanismos e jogos de interesses sociais. No entanto, isto não significa que haja consenso entre estas perspectivas. Há grandes divergências sobre o quanto essa inter-relação é realmente significativa e se ela varia em função das épocas, áreas do conhecimento e temáticas. Uma pesquisa sobre eugenia está evidentemente mais sujeita às posicionamentos políticos e interesses sociais do que uma outra sobre modelos matemáticos. Mas, até que ponto essa última pode ser considerada como relativamente autônoma das questões culturais é algo controverso. Na maré sócio-construtivista em que navegamos nas últimas décadas, todos processos e produtos científicos podem ser reduzidos a questões sociais que compõem o processo de construção do conhecimento. (Oliveira & Condé, 2002)

A sociologia da ciência já priorizou o estudo dos determinantes socioeconômicos na ideologia e nos rumos da política científica. Nos dias atuais, as abordagens sociológicas que se fazem preponderantes questionam alguns pressupostos largamente assentados no campo da sociologia, como a dicotomia entre o natural e o social, buscando abordar a relação entre ciência e sociedade a partir de noções alternativas, como a de híbridos, atuantes, mediações, translações etc. (ver Latour, 2001; Stengers, 2002).

Todavia, neste jogo que estamos apresentando, as questões sociais que nos parecem mais proveitosas para discussões com estudantes são aquelas geralmente exploradas pela micro-sociologia: a saber, o funcionamento dos mecanismos de poder e de autoridade dentro da comunidade científica, suas relações com diversos compromissos e instituições sociais e suas influências na prática científica. Essas questões podem ser desdobradas a partir da interrogação enunciada anteriormente - por que a tendência de se apegar ao já

²⁰ O problema é que, em geral, o juízo se apóia em algumas reconstruções como se fossem descrições neutras do ocorrido na história, e, por outro lado, as descrições históricas esquecem que são normativas, e envolvem interpretações e juízos, ainda que pouco conscientes.

conhecido persiste mesmo após recomendações racionais para desenvolvimento do conhecimento? Ela deixa entrever que a vontade de não fracassar no jogo (ou de ganhar pontos), a vergonha de errar, o receio de ser mal visto (falando coisas ridículas, divergentes da enorme maioria dos participantes do jogo) são sentimentos equivalentes aos vividos dentro da comunidade científica e acadêmica: busca de credibilidade, prestígio, projeção, reconhecimento, incentivos, salários, etc.

Após o fim do jogo e das conversas que geralmente provocam, é conveniente uma ponderação sobre alguns dos aspectos implícitos do jogo (independentemente da regra escolhida) e de como eles reforçam uma determinada imagem de ciência, que é bastante popular, ainda que algo problemática. Ela supõe a descoberta (senão final, ao menos aproximativa) de uma regra pré-determinada (pelo deus da rodada), a qual pode ser cotejada com a teoria prevalecente ao final do jogo. Isto é, supõe um Deus que cria as leis naturais (universais e necessárias) que seguirão existindo tal e qual para todo e sempre. Associado a isso, temos implícito, tanto no jogo quanto na visão corriqueira da ciência, uma noção de verdade como correspondência. Algo que podemos, por fim, comparar a enunciados e teorias com a realidade, ou com manifestações desta. De qualquer maneira, o jogo evidenciado como a aprendizagem e a busca do conhecimento precisam do erro; como o risco e a ousadia são importantes, ainda que mecanismos sociais nos empurrem em sentido contrário.

Avaliando o jogo

Pelo intenso envolvimento dos alunos nessa atividade, a impressão que se têm é de que esta seria uma experiência formadora relevante, que melhora a compreensão da natureza da ciência, ajudando a suplantar visões ingênuas como acumulação linear de conhecimentos empírico-indutivista e visões deturpadas da ciência como a-histórica, descontextualizada e socialmente neutra (Pérez et al. 2001). Buscamos, então, averiguar essa hipótese do valor formativo deste jogo através da aplicação de 19 questões selecionadas do questionário VOSTS, (Aikenhead; Ryan; Fleming, 1989), em seis turmas (duas

de licenciatura em biologia, duas de pedagogia e duas do mestrado profissional em educação), abrangendo 112 respondentes no total.

Além de já ter sido validado e aplicado em diferentes países e contextos, este questionário nos pareceu mais apropriado que outros congêneres, por indagar sobre a natureza da ciência em sua relação com sociedade e com outros tipos e usos de conhecimentos. Contudo, consideramos sua extensão - 114 questões, cada uma com 11 opções de respostas - demasiada para avaliação do jogo. Assim, reduzimos a quantidade de questões de forma que pudesse ser aplicado e respondido com atenção em 20 a 30 minutos, selecionando 19 questões que nos pareceram mais relacionadas às experiências proporcionadas pelo jogo.

Para a aplicação dos questionários usamos o *google forms*, enviado para cada aluno responder em casa e sem pressa, com grupos de controle: de cada duas turmas com igual perfil (curso, semestre) uma respondeu o questionário antes da aula em que a atividade seria realizada, enquanto que a outra turma respondeu após a realização da atividade. Por si só o questionário é uma boa atividade formativa, pois traz interessantes questões com uma variedade de possíveis interpretações e polêmicas. Assim, o utilizamos também como atividade didática e sem informar que nossa intenção era averiguar se o jogo proporciona mudanças na visão de ciências e se tais mudanças refletem uma visão menos ingênua da natureza de ciência. Independentemente da turma ter jogado ou não, as questões do questionário VOSTS escolhidas foram discutidas em sala, bem como os resultados encontrados na turma, enquanto visão da mesma sobre pontos de natureza da ciência e ponto de partida para outras ações docentes.

A análise que apresentamos aqui se baseou no contraste visual dos gráficos pizza das respostas e não em análises de significância estatística dos dados obtidos. Procuramos sintetizar tendências gerais, já que a variedade das opções de respostas e alterações entre elas dificultam rastrear mudanças de visão específicas.

Em 9 das 19 questões aplicadas, as diferenças dos resultados entre os grupos que responderam o questionário antes e os que responderam após jogar nos pareceu pouco significativa. Isso pode ser interpretado como indicador que a atividade não têm o efeito esperado ou, diferentemente, pode

ser considerado que essas questões não são pertinentes para se aferir a contribuição do jogo na compreensão da natureza das ciências. Perfilhando esta segunda interpretação, selecionamos as 10 questões em que o contraste das respostas foi visivelmente acentuado, para depois nos debruçarmos nas respostas e interpretá-las.²¹

Vamos, a seguir, elencá-las com uma breve análise das alterações percebidas no conjunto de respostas a cada uma delas. Apenas a primeira questão é apresentada de forma completa, com todas as opções de respostas e gráficos, para ilustrar a variedade das respostas e dar ao leitor a dimensão dos recortes feitos nas questões seguintes, das quais elencamos apenas as opções de respostas mais representativas.

Questão (90311):

Quando os cientistas classificam algo (por exemplo, uma planta de acordo com sua espécie, um elemento de acordo com a tabela periódica, energia de acordo com sua fonte ou uma estrela de acordo com seu tamanho), os cientistas classificam a natureza de acordo com a natureza real; qualquer outro caminho simplesmente estaria errado.

A - As classificações correspondem ao modo como a natureza realmente é, uma vez que os cientistas provaram isso ao longo de muitos anos de trabalho.

B - As classificações correspondem ao modo como a natureza realmente é, uma vez que os cientistas usam características observáveis quando se classificam.

C - Os cientistas classificam a natureza da maneira mais simples e lógica, mas o caminho deles não é necessariamente o único caminho.

D - Existem muitas maneiras de classificar a natureza, mas concordar com um sistema universal permite que os cientistas evitem confusão em seu trabalho.

E - Poderia haver outras maneiras corretas de classificar a natureza, porque a ciência está sujeita a mudanças e novas descobertas podem levar a diferentes classificações.

F - Ninguém sabe como a natureza realmente é. Os cientistas classificam a natureza de acordo com suas percepções ou teorias. A ciência nunca é exata e a natureza é tão diversa. Assim, os cientistas poderiam usar corretamente mais de um esquema de classificação

G - Não entendi a questão.

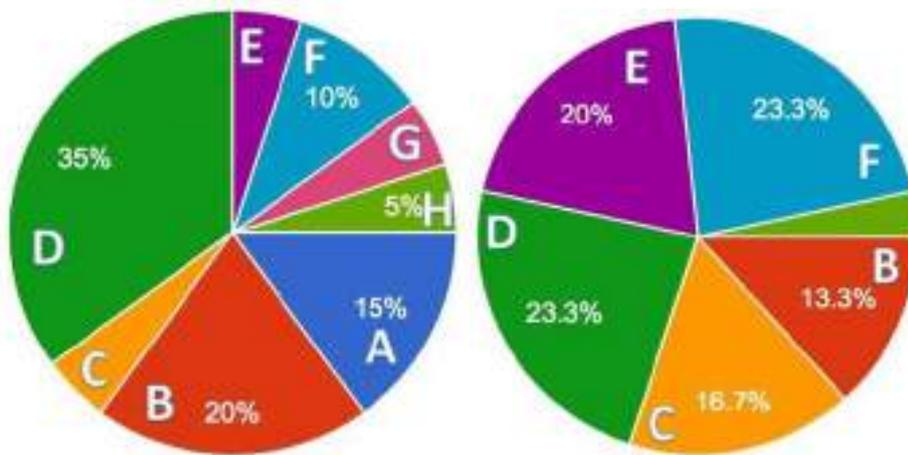
²¹ As demais questões do questionário VOSTS que também haviam sido selecionadas e aplicadas, mas que foram suprimidas nesta análise, foram: 40421, 70231, 70721, 80132, 90211, 90511, 90611, 90637, 90641.

H - Não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha.

I - Nenhuma dessas opções se encaixa no meu ponto de vista básico.

(Aikenhead; Ryan; Fleming, 1989)

Figura 01: Proporção de respostas antes e depois do jogo



As respostas com alterações mais significativas foram:

- As opções A e B, que asseveram que “as classificações correspondem ao modo como a natureza realmente é”, tiveram juntas uma redução de 22%. Enquanto que as opções D, E e F, que expressam que há outras possibilidades de se classificar a natureza, (“mudanças e novas descobertas podem levar a diferentes classificações”; “que a ciência nunca é exata” e que “cientistas classificam a natureza de acordo com suas percepções ou teorias”) tiveram juntas um aumento de 16%.

As alterações nas respostas dessa questão revelam uma reversão do realismo ingênuo na representação científica do mundo, e indicam uma influência positiva do jogo no sentido da compreensão das possibilidades de classificações feitas dentro e fora ciência.

Questão 20411

Várias culturas têm um ponto de vista particular sobre a natureza e o ser humano. Os cientistas e a pesquisa científica são afetados pelas visões religiosas ou éticas da cultura onde o trabalho é feito?

As respostas que tiveram maior alteração foram:

“Opiniões religiosas ou éticas influenciam a pesquisa científica: porque os cientistas podem escolher inconscientemente pesquisas que apóiam as visões de sua cultura”, que aumentou de 20% para 37%

“ Opiniões religiosas ou éticas influenciam a pesquisa científica: porque grupos poderosos representando certas crenças religiosas, políticas ou culturais apoiarão certos projetos de pesquisa, ou darão dinheiro para impedir que certas pesquisas ocorram”, que diminuiu de 15% p 6%.

A grande maioria dos respondentes considera que as opiniões religiosas ou éticas influenciam a pesquisa científica (75% antes e 80% depois), com alterações significativas nas razões apontadas para tal influência; diferenças individuais em cientista ou de grupos poderosos, para algo mais fluído e geral. A proporção que considera que a pesquisa não é influenciada pelas opiniões religiosas ou éticas já era baixa (15%) e diminui um pouco (12%) no grupo que respondeu após a atividade. Embora o jogo explore comparações entre conhecimento religioso e o científico, nele não se aborda explicitamente a questão das influências de valores religiosos e éticos na pesquisa. Assim, as mudanças de visão sobre este aspecto podem estar relacionadas às discussões sobre a dimensão coletiva do conhecimento e dos aspectos socioculturais intervenientes no processo de construção do conhecimento científico, apresentadas acima como 2a e 6a intervenção.

Questão 70212:

Quando os cientistas discordam sobre um assunto (por exemplo, se a radiação de baixo nível é nociva ou não), eles discordam principalmente porque não possuem todos os fatos. Essa opinião científica não tem nada a ver com valores morais (conduta certa ou errada) ou com motivos pessoais (reconhecimento pessoal, empregadores agradáveis ou agências de financiamento agradáveis). Desentendimentos entre os cientistas podem ocorrer:

As respostas que tiveram maior alteração foram:

- “Porque cientistas interpretam os fatos de maneira diferente (ou interpretam o significado dos fatos de maneira diferente)”, que diminui de 35% para 19% do total de respostas.

- “Por razões variadas, como falta de fatos, desinformação, teorias diferentes, reconhecimento público e pressão de empresas ou governos”, que aumentou de 25% para 35% do total das respostas.

- “Porque nem todos os fatos foram descobertos. A opinião científica é baseada inteiramente em fatos observáveis e compreensão científica”, que diminuiu de 15% para 12% do total de respostas;

No conjunto as alterações indicam uma ampliação do entendimento dos fatores que podem levar os cientistas a discordarem sobre determinados tópicos. Ainda que as pessoas já tivessem uma visão sobre a existência de desentendimento entre os cientistas, os motivos atribuídos como causas dos mesmos passaram a ser mais diversificados após o jogo, tendo menos ênfase a noção de fato.

Questão 91013:

Se diz que um garimpeiro “descobre” ouro, enquanto um artista “cria” uma escultura. Algumas pessoas pensam que cientistas descobrem TEORIAS científicas. Outros pensam que os cientistas as inventam. O que você acha?

As respostas com alterações mais significativas foram:

- “Os cientistas descobrem uma teoria porque se baseia em fatos experimentais.”, que teve uma redução de 37% para 26% do total de respostas.

- “Alguns cientistas podem tropeçar em uma teoria por acaso, descobrindo assim. Mas outros cientistas podem inventar a teoria de fatos que eles já conhecem”, que teve uma redução de 21% para 13% do total de respostas.

- “Os cientistas inventam uma teoria porque uma teoria é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas descobriram”, que teve um aumento de 26% para 29% do total de respostas.

Embora tenha ocorrido alterações que indicam uma influência positiva do jogo no sentido da compreensão sobre a criação de teorias científicas, com a construção de situações para a obtenção de dados e interpretação dos mesmos, persiste alta a visão de que os cientistas descobrem teorias.

Questão 90111:

As observações científicas feitas por cientistas competentes geralmente serão diferentes se os cientistas acreditam em teorias diferentes.

As respostas com alterações mais significativas foram:

- “Sim, porque os cientistas experimentam de diferentes maneiras e notarão coisas diferentes”, que teve uma redução de 35% para 26% do total de respostas.

- “As observações científicas não serão muito diferentes mesmo que os cientistas acreditem teorias diferentes. Se os cientistas são realmente competentes, suas observações serão semelhantes”, que teve redução de 25% para 10% do total de respostas.

- “Sim, porque os cientistas pensarão de forma diferente e isso irá alterar suas observações”, que aumentou de 25% para 32% do total de respostas.

Essas modificações indicam o efeito positivo do jogo em prol de uma visão mais adequada sobre a influência das teorias dos cientistas em relação ao que observam, vinculando os fatos ao enquadramento teórico e diluindo peso da observação isolada como competência.

Questão (90411):

Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobriram dessas investigações pode mudar no futuro.

As respostas com alterações mais significativas foram:

- “O conhecimento científico muda porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de cientistas antigos. Os cientistas fazem isso usando novas técnicas ou instrumentos melhorados, encontrando novos fatores ignorados antes ou detectando erros na investigação ‘correta’ original”, que aumentou de 45% para 74% do total de respostas.

- “O conhecimento científico muda porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Fatos científicos podem mudar.”, que teve uma redução de 45% para 23% do total de respostas.

- “Não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha”, que teve redução de 10% para 0%.

Nossa interpretação sobre essas alterações é que, se por um lado elas expressam uma melhor compreensão da abertura histórica para mudanças futuras e do valorda refutação das explicações aceitas no desenvolvimento das teorias científicas, por outro lado, as mudanças assinaladas parecem estar vinculadas a novas técnicas e instrumentos, e não à reinterpretação dos fatos. Seja como for, o jogo parece ter contribuído para a reflexão sobre as razões de revisões teóricas na história.

Questão (90521):

Ao desenvolver novas teorias ou leis, os cientistas precisam fazer certos pressupostos sobre a natureza (por exemplo, a matéria é composta de átomos). Esses pressupostos devem ser verdadeiros para que a ciência avance corretamente.

As respostas com alterações mais significativas foram:

-“Não importa. Os cientistas têm que fazer suposições, verdadeiras ou não, para iniciar um projeto. A história mostra que grandes descobertas foram feitas refutando uma teoria e aprendendo com seus falsos pressupostos”, que aumentou de 10% para 32% do total de respostas.

-“ Depende. Às vezes, a ciência precisa de verdadeiros pressupostos para progredir. Mas a história mostra que grandes descobertas foram feitas refutando uma teoria e aprendendo com seus falsos pressupostos”, que teve uma redução de 40% para 32% do total de respostas.

Alterações indicam uma influência positiva do jogo no sentido da compreensão sobre o papel das pressuposições dos cientistas no desenvolvimento das pesquisas.

Questão (90621):

Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do método científico.

As respostas mais significativas foram:

--“O método científico é útil em muitos casos, mas não garante resultados. Assim, os melhores cientistas também usam originalidade e criatividade”, que se manteve com 25% do total de respostas.

- “O método científico garante resultados válidos, claros, lógicos e precisos. Assim, a maioria dos cientistas seguirá os passos do método científico”, que teve uma redução de 60% para 50% do total de respostas.

-“Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não por meio do método científico”, que aumentou de 5% para 10% do total de respostas.

As alterações indicam uma influência positiva do jogo no sentido de definições menos restritivas sobre o que seja o método científico.

Questão (90651):

Os cientistas NÃO devem cometer erros em seu trabalho porque esses erros retardam o avanço da ciência.

As alterações mais significativas foram nas respostas:

-“Na maioria das vezes os erros ajudam no avanço da ciência. A ciência avança detectando e corrigindo os erros do passado”, que aumentou de 20% para 32% do total de respostas.

-“Erros NÃO PODEM ser evitados: alguns erros podem retardar o avanço da ciência, mas outros erros podem levar a uma nova descoberta ou avanço. Se os cientistas aprenderem com seus erros e os corrigirem, a ciência avançará”, que reduziu de 55% para 42% do total de respostas.

Mesmo com a diminuição das respostas que erros não podem ser evitados, o conjunto das respostas indicam uma influência positiva do jogo na compreensão do papel positivo dos erros no desenvolvimento do conhecimento científico.

Questão (90921):

A ciência se baseia no pressuposto de que o mundo natural não pode ser alterado por um ser sobrenatural (por exemplo, uma divindade).

As respostas mais representativas foram:

- “Os cientistas assumem que um ser sobrenatural NÃO alterará o mundo natural porque o sobrenatural está além da prova científica. Outras visões, fora do domínio da ciência, podem assumir que um ser sobrenatural pode alterar o mundo natural”, que se manteve com 45% do total de respostas.

-“Tudo é possível. A ciência não sabe tudo sobre a natureza. Portanto, a ciência deve ter a mente aberta para a possibilidade de que um ser sobrenatural possa alterar o mundo natural”, que aumentou de 10% para 16% do total de respostas.

A soma das respostas que expressavam dificuldade de compreensão - “Eu não entendi a questão” e “Não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha” - reduziu de 25% para 6%. Já a resposta “Nenhuma dessas opções se encaixa no meu ponto de vista básico” teve apenas uma leve redução, de 15% para 13%. A nosso ver, as respostas assinaladas revelam ressalvas sobre a exclusividade dos pressupostos científicos. O jogo não têm o propósito proselitista de convencer alunos sobre o valor da ciência, mas sim de refletir sobre a natureza da ciência, explicitando alguns de seus pressupostos, exigências argumentativas e revelando a dinâmica na formulação, aceitação e refutação de teorias. Mesmo as ressalvas expressas nas respostas à essa questão, concorrem para os objetivos do jogo de melhor compreensão da natureza da ciência e da pressuposição dos cientistas em relação à regularidade do mundo natural.

À guisa de conclusão

Na busca por soluções criativas para o ensino de história e filosofia da ciência que sejam não apenas informativas mas crítico-reflexivas, a atividade proposta nos parece uma boa maneira de se explorar alguns dilemas acerca da natureza da ciência. A nosso ver, a grande virtude do jogo apresentado está no fato de ele não ser apenas um exemplo ou texto a partir do qual se pode pensar e analisar certas tendências do conhecimento científico, mas, fundamentalmente, uma situação em que seus participantes vivenciam alguns dos dilemas em que se encontram todos aqueles envolvidos na busca do conhecimento. As intervenções sugeridas podem ser desdobradas e acrescidas de outras que, sem tirar a dimensão lúdica, permitam provocar reflexões e promover discussões na medida em que as situações dilemáticas vão aparecendo no jogo.

Na análise das respostas vimos que boa parte delas indica uma efetiva contribuição do jogo na melhoria da compreensão da natureza da ciência. Mas nem todas as respostas encontradas vão nessa direção, indicando que o jogo

não traz o efeito esperado por completo ou sobre todos os itens (ou pelo menos não na dimensão desejada). Por exemplo, após terem vivenciado mudanças de teorias explicativas para o descarte esperávamos que quase todos participantes abandonassem a ideia que os fatos observados garantem a veracidade de uma teoria ou que as teorias sejam consideradas como cópias da realidade.

Embora se saiba da importância de se avaliar o alcance das atividades educativas, as avaliações são sempre limitadas. O próprio questionário VOSTS, de onde selecionamos as questões, vem sendo rediscutido e revisado. Um dos aspectos positivos que encontramos no uso desse instrumento é o de servir, por si próprio, como uma atividade formativa, geradora de discussões e ampliadora da percepção da variedade de perspectivas envolvidas em cada questão.

Os resultados alcançados nesta avaliação podem ser considerados como um pré-teste de um recurso que merece ser aprimorado e reaplicado em outros contextos para sedimentar o impacto e o potencial do jogo proposto.

Referências:

Aikenhead, G. S., Ryan, A. G., Fleming, R. W. (1989). Views on science-technology-society. (form CDN.mc.5). Saskatoon, Canada.

Cachapuz, A. et alli (orgs) (2005). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez.

Latour, B. (2001). **A esperança de Pandora**: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Baurú: Edusc.

Oliveira, B. (1993). O jogo da ciência. **Ensino em Re-vista**. V.2, n.1, p. 73-77.

Oliveira, B., Condé, M. (2002) Thomas Kuhn e a nova historiografia da ciência. **Revista Pesquisa em Educação em Ciências - Ensaio** – v. 4, n. 2, p. 143-153.

Popper, K. (1975) **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix.

Santos, M. E. (1999). **Desafios Pedagógicos para o século XXI**. Lisboa: Livros Horizonte.

Stengers, I. (2002). **A invenção das ciências modernas**. São Paulo: Ed. 34,

CAPÍTULO 08 – A LUA NA SALA DE AULA: UMA PROPOSTA OBSERVACIONAL PARA OS ANOS INICIAIS ENVOLVENDO HISTÓRIA E A NATUREZA DA CIÊNCIAS

Paula Cristina da Silva Gonçalves Simon e Núria Araújo Marques

A Astronomia está presente na cultura de muitos povos desde os tempos remotos e costuma despertar curiosidade entre os estudantes com suas imagens fascinantes, além de reflexões sobre as relações da nossa espécie, os céus e o universo.

Ao longo da história da Astronomia, é possível verificar uma série de compreensões e saberes que além de elaborarem as formas desse conhecimento, também refletiram sobre questões da existência. Segundo Kantor (2014, p. 20), nossa espécie busca compreender o céu desde muito tempo “como elemento filosófico, para nos situarmos no Cosmo, envolvendo, assim, valores e emoções, além de conhecimentos técnico-científico.”

No Brasil, a educação em Astronomia está presente em propostas curriculares da educação básica e é bastante comum que os estudantes aprendam sobre a Lua e suas fases nos anos iniciais de escolarização.

A Lua é o objeto mais facilmente observável do céu mesmo a olho nu, todavia há uma forte tendência em se abordar os movimentos e as fases da Lua em sala de aula usando diversos recursos, tais como, o quadro negro, slides, aulas expositivas, modelos com bolas de isopor e até recursos computacionais, explorando a aparência das fases principais, seus nomes e a perspectiva do fenômeno como ocorre fora do planeta Terra, no sistema Sol-Terra- Lua, sem incluir a observação e aspectos históricos desse conhecimento (Simon, 2016).

É importante pensar em uma educação em Astronomia nos anos iniciais conforme Fracalanza, Amaral e Gouveia (1987) propõem o ensino de ciências: com a participação ativa do estudante, que não se reduz aos aspectos intelectuais ou à memorização e que aproxime os estudantes do ambiente natural por meio do estudo sistemático.

Compiani (2012) destaca que existe primazia na escola das representações e dos conceitos, fomentando uma conexão entre a teoria e o

mundo vivido. Ainda acrescenta que as cognições mais complexas, “pelo menos uma boa parte delas, não deveriam perder suas relações de contexto espaço-temporal de origem e nem adquirir essa ideia de explicação única” (Compiani, 2012, p. 133). Assim, nesse sentido é importante considerar aprender sobre a Lua e suas fases, incluindo a observação e as significações possíveis por meio delas como parte importante para a construção desse conhecimento pelos estudantes.

A observação no ensino da Astronomia não tem sido uma possibilidade muito explorada enquanto recurso didático para os diferentes níveis de ensino. Nesse sentido, concordamos que:

uma Astronomia “de gabinete” pode ser justificada no caso de um astrônomo profissional, experiente, adulto, porém julgamos que uma Astronomia livresca, desembelezada, de sala de aula, é completamente fora de propósito no ensino fundamental, onde uma das atitudes mais importantes a exercitar nos alunos é a sua capacidade de observação da natureza, onde é essencial sensibilizá-los com relação à beleza e diversidade do universo, instigar sua curiosidade e imaginação. (Bisch, 1998, p. 125)

Dessa maneira, apresentar as fases da Lua de forma pronta, sem oportunizar que o aluno elabore significados próprios sobre o fenômeno que ocorre na natureza, é excluir parte importante do que o aprendizado sobre o tema pode oferecer.

Além da importância do acesso ao ambiente imediato no processo de ensino e aprendizagem, temos a dimensão histórica e filosófica da ciência que pode contribuir significativamente para que os estudantes entendam que a mesma não é constituída por meio da autoridade, mas sim repleta de percalços e reelaborações como atividade humana.

Segundo Mathews (1995), a história, a filosofia e a sociologia da ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões e ainda que

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se

compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem à ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (Mathews, 1995, p. 172).

De acordo com Conant (1946, p. 15), seria possível uma melhor compreensão da Ciência “mediante o estudo aprofundado de alguns casos relativamente fáceis”, com o objetivo que o ensino da Ciência não seja restrito aos resultados da atividade científica, mas também às táticas e estratégias da ciência.

Sobre o tema Lua, temos na história da ciência episódios importantes baseados na observação e nos desenhos, que podem ser muito interessantes e acessíveis para crianças, contribuindo assim para o conhecimento histórico e para a compreensão da natureza da ciência.

Considerando as especificidades dos primeiros anos de escolarização e levando em consideração que o que compreendemos sobre a Lua não se desenvolveu de forma evolutiva e linear, organizamos sugestões de atividades para incluir a observação da Lua no céu e episódios da história da ciência, explorando diferentes formas de interação e registros, bem como os processos de pensamento.

A Lua na sala de aula: uma proposta

O presente trabalho busca divulgar uma proposta de atividade com o tema Lua a ser desenvolvida em sala de aula, especialmente para os anos iniciais do Ensino Fundamental. Neste contexto, a presente proposta didática, composta por várias etapas, propõe: identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática Lua; observar e registrar por meio de desenho o ciclo lunar; estudar a superfície da Lua; conhecer alguns dos cientistas que contribuíram para o conhecimento que temos hoje sobre o tema; e, por fim, uma avaliação coletiva a respeito do processo de aprendizagem.

Buscamos, ao longo de todo desenvolvimento da atividade, contemplar um método de uma astronomia vivencial, ou seja, proporcionar às crianças experiências com os astros do céu, neste caso a Lua, levando em

consideração a rotina, as emoções, as relações e os sentimentos individuais. É intencional que com isso as crianças percebam os ciclos da Lua, relacionando-o também como parte integrante do nosso meio ambiente (Jafelice, 2015), podendo extrapolar posteriormente para outros astros.

Nesse sentido, destacamos também a importância das rodas de conversa, atividades em grupos de forma colaborativa como momentos de socialização, para que cada criança tenha a oportunidade de verbalizar, expressar seus pensamentos, aprender com ideias diferentes e estreitar a comunicação.

Consideramos relevante ressaltar que tal atividade não se trata de uma receita a ser seguida fielmente passo a passo, mas de sugestões e ideias que devem se adaptar com cada realidade escolar, levando em consideração os conhecimentos prévios e os interesses das crianças diante da temática Lua.

Entretanto, antes de iniciarmos a apresentação da atividade didática, é importante compreendermos brevemente alguns dos episódios ao longo da história das ciências que consideramos relevantes para os conhecimentos em astronomia.

Contextos históricos

A Lua foi representada desde tempos remotos de diferentes formas e por diferentes povos, segundo Olson e Pasachoff (2001), com registros que datam séculos antes de Cristo. Neste trabalho, nos deteremos mais no período histórico dos séculos XVI e XVII, sendo que este último representa um período significativo para a ciência (Koyré, 2001).

A Lua frequentemente foi objeto de especulações (Leitão, 2010) e apesar de dos gregos acreditarem que seria um corpo parecido com a Terra (Anaxágoras, Heraclides, Platão, Plutarco segundo Leitão, 2010, p. 57), ainda era um tema muito discutido e polêmico nos séculos XVI e XVII. Algumas das discussões se relacionavam à crença de que a Lua seria um círculo perfeito e que as suas manchas, visíveis a olho nu, seriam um reflexo da Terra, como em um espelho, entre outras questões similares.

O conhecimento aristotélico celeste dividia o mundo entre o supralunar e sublunar, sendo ambos regidos por princípios diferentes: o mundo supralunar era considerado incorruptível e imutável, com formas perfeitas, porém finito e

determinado. Por outro lado, no mundo sublunar, a Terra era corruptível, imperfeita e mutável.

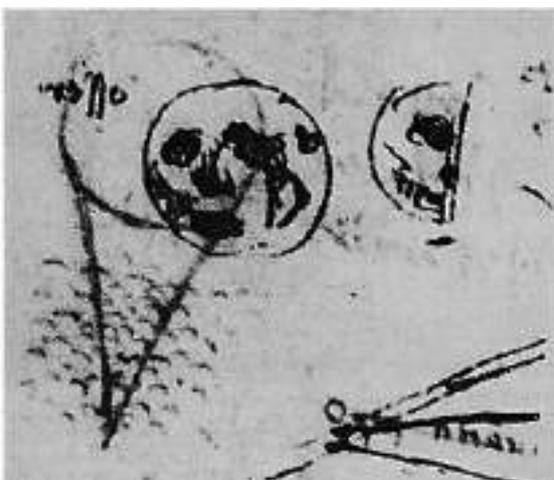
No século XVI, antes mesmo das observações com lunetas propriamente, encontramos os desenhos de Leonardo Da Vinci que estudou a Lua com uma atitude científica, fazendo anotações extensas segundo Pasachoff e Olson (2001, p. 316). Seus desenhos sobre a Lua (Figuras 01, 02 e 03) mostram mapeamentos da superfície lunar com suas marcas. Tais anotações indicam que percebia essas marcas como parte da própria Lua e não como reflexo da Terra, afirmando que a superfície da Lua não deveria ser lisa e polida, baseado em suas observações.

Figura 01: Desenho de Da Vinci sobre a Lua



Fonte: Olson; Pasachoff, 2001.

Figura 02: Esboços da Lua de Da Vinci



Fonte: Olson; Pasachoff, 2001.

Figura 03: Desenho de Da Vinci sobre a Lua



Fonte: Olson; Pasachoff, 2001.

Na Figura 03, é possível verificar o registro de Da Vinci da região do Mar das Crises e da Tranquilidade, entre outras. Um observador que desene a Lua do hemisfério Sul com esses detalhes, registraria essa região à esquerda e de forma invertida, como é possível ver na Figura 04:

Figura 04: Imagem da Lua cheia vista do Hemisfério Sul



Fonte: <https://svs.gsfc.nasa.gov/4605>.

No livro “Sidereus Nuncius: o mensageiro das estrelas”, Galileu trata das suas observações sistemáticas sobre a Lua, os satélites de Júpiter e um pouco também sobre as estrelas fixas. Apesar de não ser o primeiro a observar e fazer desenhos sobre a Lua (Leitão, 2010; Olson; Pasachoff, 2001), este é um tema de muita exploração por Galileu, que fez vários desenhos como registros de suas observações de forma sistemática.

Em sua obra, Galileu expõe que, a partir da aproximação possível pela sua luneta, seria possível

[...] que qualquer pessoa compreenda, com a certeza dos sentidos, que a Lua não é de maneira nenhuma revestida de uma superfície lisa e perfeitamente polida, mas sim de uma superfície acidentada e desigual, e que, como a própria face da Terra, está coberta em todas as partes por enormes protuberâncias, depressões profundas, e sinuosidades. (Galilei, 2010 [1610], p. 152)

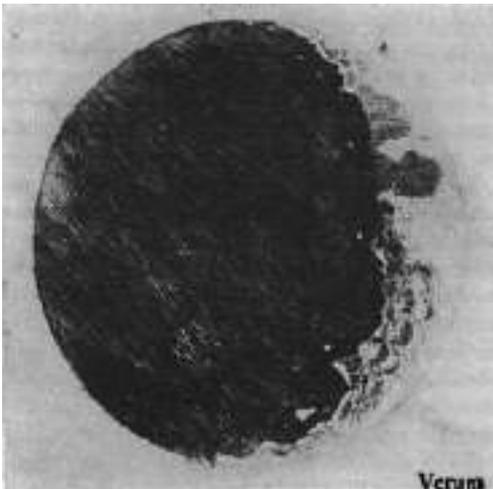
E ainda que:

Do seu exame muitas vezes repetido deduzimos que podemos discernir com certeza que a superfície da Lua não é perfeitamente polida, uniforme e exactamente esférica, como um exército de filósofos acreditou, acerca dela e dos outros corpos celestes, mas é, pelo contrário, desigual, acidentada, constituída por cavidades e protuberâncias, como a face da própria Terra, que está marcada, aqui e acolá, por cadeias de montanhas e profundezas de vales. (Galilei, 2010 [1610], p. 156)

Ao longo da obra, Galileu descreve minuciosamente o que observou da Lua, em suas diferenças de luminosidade ao longo das noites, estabelecendo comparações com as formas presentes na superfície terrestre, ilustrando de maneira minuciosa e habilidosa, fruto de seu desenvolvimento pessoal nessa área.

Apesar de não ser o primeiro a observar e se manifestar a respeito da superfície lunar, Galileu é um grande divulgador da sua observação, inclusive publicando na sua língua nacional, o italiano, quando o costume era utilizar o latim, além de ilustrar a obra com seus desenhos de forma muito didática (Figura 05):

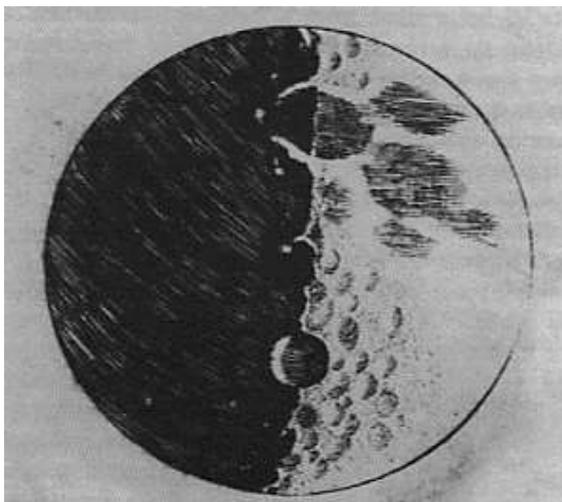
Figura 05: Desenho da Lua de Galileu



Fonte: Galilei 2010 [1610], p. 157

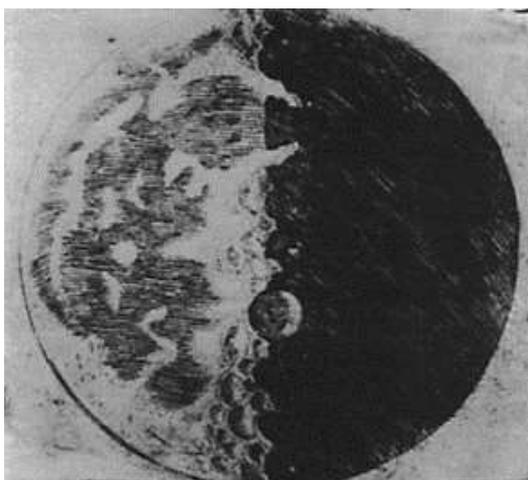
É possível ver semelhança de registros entre o desenho de Da Vinci da Figura 03 e o de Galilei da Figura 06 em relação às regiões registradas. Desta forma, os desenhos de Galileu mostram que as observações foram muitas e ao longo do tempo, em diferentes fases da Lua.

Figura 06: Desenho da Lua de Galileu



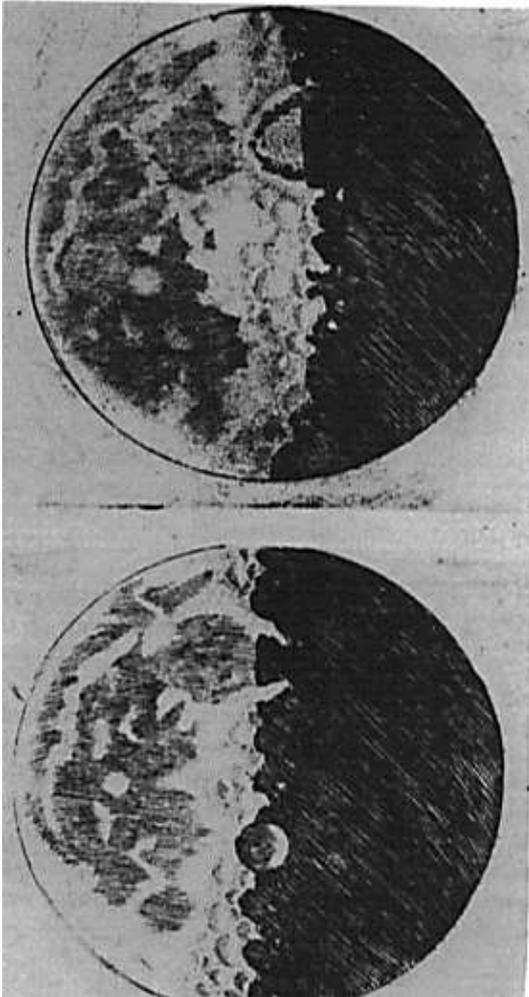
Fonte: Galilei 2010 [1610], p. 160

Figura 07: Desenho da Lua de Galileu



Fonte: Galilei 2010 [1610], p. 161

Figura 08: Desenho da Lua de Galileu

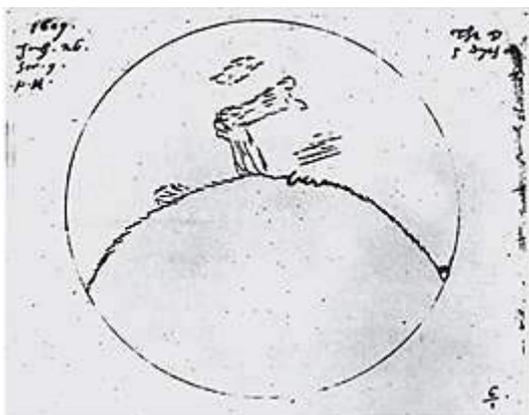


Fonte: Galilei 2010 [1610], p. 162

Galileu não foi o único a observar e desenhar a Lua: no mesmo período dos seus desenhos e observações, o inglês Harriot também realizou e registrou algumas observações por meio de desenhos.

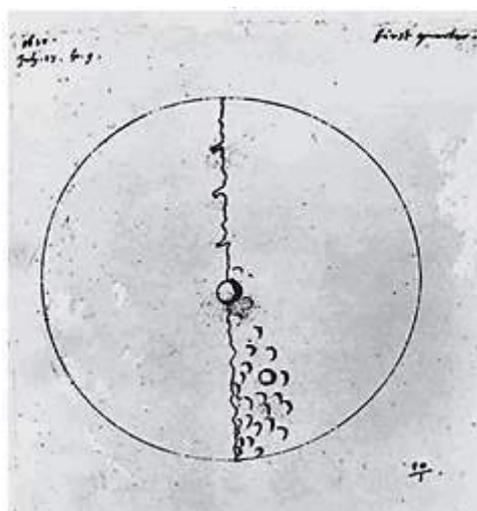
Diferentemente de Galileu, Harriot não tinha uma formação voltada para a arte, assim desenvolveu sua forma de observar a Lua pelo telescópio e registrá-la com os detalhes que havia observado. Segundo Olson e Pasachoff (2001, p. 328), Harriot foi o primeiro a desenvolver um mapa lunar pela observação no telescópio, porém o fez cheio de letras e números, diferente de Galileu, que usava suas técnicas de pintura. Apesar disso, de acordo com os autores, Harriot fez uma tentativa honesta de retratar as principais características da Lua (Figuras 09 e 10)

Figura 09: Desenho da Lua de Harriot (1609)



Fonte: Edgerton, 2006

Figura 10: Desenho da Lua de Harriot (1609)



Fonte: Edgerton, 2006

Proposta de atividade

Considerando o contato e as relações do ser humano com a Lua ao longo da história e os conhecimentos que se organizaram, apresentaremos a seguir a proposta de atividade elaborada. Importante lembrar que estas sugestões devem adequar-se a cada realidade escolar, em seus diferentes contextos, e que o papel do (a) docente é essencial nesse processo.

Nesta proposta, além das questões históricas, consideradas de grande importância no processo de ensino e aprendizagem, também priorizamos a

observação do céu para o ensino de Astronomia, além dos saberes que os estudantes já possuem e o diálogo como basilares para os processos.

- Roda de conversa sobre os astros

Para as diferentes etapas de ensino, muitas vezes, uma conversa inicial sobre o assunto que será abordado pode ser uma estratégia rica de avaliação dos saberes que os alunos possuem sobre o tema, assim como uma forma de introduzir um novo assunto. Com isso, o educador pode analisar os conhecimentos prévios que os estudantes possuem.

Ao iniciar uma nova temática perguntando aos alunos o que sabem, o que já ouviram falar, entre outros questionamentos, abrem-se possibilidades de conhecer o que os alunos já entendem sobre o assunto e suas curiosidades. É importante proporcionar um ambiente onde os estudantes sintam-se à vontade para falar e ouvir, e, para isso, uma das ferramentas possíveis é a roda de conversa.

Tais perguntas, realizadas pelo (a) docente, podem ser o pontapé inicial para essa etapa da atividade, como por exemplo: Vocês costumam observar o céu? Se sim, em que momento vocês observam o céu? O que vocês veem quando olham para o céu?

É possível que, a partir da fala dos estudantes, surja o tema Lua, o que pode ser aproveitado pelo educador para já indicar o que será trabalhado, mas caso isso não aconteça, é possível perguntar diretamente se os alunos já notaram a Lua no céu e a partir daí desenvolver outras perguntas relacionadas ao astro.

Importante destacarmos que durante esse momento é possível que surjam perguntas, dúvidas, inquietações e curiosidade da turma como um todo. Uma sugestão seria o registro docente desse primeiro momento para, posteriormente, durante o desenvolvimento da temática, buscar aproximações com as questões dos estudantes.

- Observação e registro, em forma de desenho, de parte de uma lunação

No processo de ensino sobre a Lua, é importante que não falte o estímulo à observação, uma vez que o astro é bastante acessível e seu ciclo é relativamente curto, podendo proporcionar uma aprendizagem que se vincule

ao contexto de vivência e ao ambiente imediato dos estudantes, sejam crianças, adolescentes ou adultos.

Uma proposta de atividade seria combinar com os alunos, como tarefa para a casa, que observem a Lua e que a desenhem. Esse desenho pode ser feito de forma mais ou menos sistematizada, de acordo com a faixa etária e tempo disponível, podendo envolver o desenho da Lua unicamente ou incluir o horizonte local, pode ser feito diariamente ou em dias intercalados.

Existem alguns trabalhos que desenvolveram uma proposta envolvendo a observação com alunos que podem ser consultados, com diferentes propostas, tais como: Lima (2006) que construiu o calendário lunar coletivo nos anos iniciais por meio dos desenhos diários dos estudantes, Pellenz (2015) que também desenvolveu a observação e registro por desenho com os alunos dos anos finais do Ensino Fundamental por cerca de um mês e Simon (2016) que construiu o caderno de observações com alunos dos anos iniciais, incluindo com o desenho da Lua o registro do horizonte local.

Na proposta para os anos iniciais, o desenho pode ser feito diariamente em um pedaço de papel que pode ser em torno de 10 cm x 10 cm. A cada desenho, nos momentos iniciais da aula, é possível ao educador retomar essa lição de casa. Sugerimos um momento diário de poucos minutos na rotina da turma para a socialização entre as crianças, de forma que cada uma delas mostre e comente, caso desejem, seus registros por meio do desenho da Lua observada no dia anterior.

Percebemos, portanto, por parte das crianças, um procedimento importante: a utilização espontânea, ou a recriação independente, de uma medida arcaica de tamanhos ou distâncias aparentes no céu. Essa forma de medida, na verdade, é usada até hoje, quando se trata de nos orientarmos com relação às distâncias aparentes relativas entre os astros em geral” (Jafelice, p.52, 2015).

Após cada criança divulgar seu registro, os alunos devem escolher, por meio de votação, um desenho para representar o que foi observado na noite anterior. O desenho escolhido comporá o quadro lunar que ficará exposto em lugar acessível na sala de aula.

Figura 11: Calendário Lunar



Fonte: Jafelice, 2015; Lima, 2006.

Lembramos que é sempre importante retomar desenhos anteriores já anexados no Calendário Lunar, de forma que as crianças possam notar as mudanças existentes com o passar dos dias. É relevante ter em vista que observar a natureza é estar sujeito ao seu ritmo e imprevisibilidade, então pode ter momentos que o estudante não consiga encontrar a Lua no céu, por diversas razões, como tempo fechado ou horário e local que impeçam a observação; mas tudo isso é relevante uma vez que trará questões que podem ser exploradas em sala.

- A forma e superfície da Lua

Nesta etapa da atividade, podemos trabalhar com as crianças a ideia da superfície da Lua. Para isso, precisaremos de massinha de modelar, de preferência de cores diferentes. A massinha de modelar caseira pode ser uma oportunidade de trabalhar com os alunos o gênero textual receita. Também é possível desenvolver esta atividade com papel machê ou argila.

Após a distribuição das massinhas, as crianças podem ser convidadas a modelar como elas acreditam que seja a superfície lunar. Nesta fase, as crianças poderão trabalhar individualmente, em duplas ou em trios.

Neste sentido, é de grande relevância propor ao discentes um espaço coletivo em sala de aula para discussão da temática, na qual cada um deles pode apresentar suas modelagens e suas ideias. É importante ficar atento ao conceito exposto pelas crianças, como lua plana, em forma de foice, lisa, com buracos, entre outros.

Durante esse processo, sugere-se proporcionar um espaço de discussão, principalmente se houver posicionamentos diferentes entre os estudantes. Trata-se de um espaço não somente para a apresentação de novos conceitos, mas também para ouvir novas dúvidas e curiosidades sobre a temática estudada. Pode-se aproveitar o espaço para sanar questionamentos já expostos pelos alunos em momentos anteriores.

Em sua pesquisa, Bisch (1998) verificou o pensamento das crianças em relação ao formato da Lua, catalogando três tipos básicos de concepção: Lua em forma de foice, de disco e esférica. De acordo com Bisch (1998, p. 38):

Os dois primeiros são representações bidimensionais, em que a Lua é essencialmente plana, as quais correspondem exatamente ao que o nosso sentido da visão nos informa diretamente, pois a enorme distância em que a Lua se encontra impede completamente a percepção direta de sua profundidade. Apenas o terceiro tipo é tridimensional. Os dois primeiros acham-se próximos do pólo do realismo ingênuo, da crença de que a Lua é exatamente da maneira como a percebemos, enquanto que o terceiro tipo filia-se ao pólo conceitual.

Por essa variedade de concepções é que é interessante verificar e explorar a representação tridimensional com a massinha de modelar. Bisch (1998) ainda completa que algumas crianças acreditam que existe mais de uma Lua no céu: uma em forma de foice e outra em forma de disco, representando as fases crescente (ou minguante) e cheia, revezando-se no céu, entre outras ideias dessa natureza.

Uma sugestão é guardar a massinha em sala de aula e retomá-la posteriormente para rever as ideias e conceitos dos estudantes.

- Adultos também desenharam a Lua

Nesta etapa de desenvolvimento da temática, sugere-se trabalhar com as crianças uma parte do processo de constituição de conhecimento a respeito da Lua ao longo do processo histórico. Para isso, uma atividade a ser considerada é a apresentação de pessoas, ao longa da história, que estudaram a Lua por meio da observação e realizaram registros em forma de desenho, como: Leonardo Da Vinci, Galileu Galilei e Thomas Harriot.

Este seria o momento apropriado para apresentar tais cientistas para a turma e também seus desenhos. Uma sugestão seria a utilização de um projetor multimídia para a exibição das diferentes imagens, de forma a permitir que a turma fique livre para fazer comentários e destacar detalhes observados pelas imagens, além de semelhanças e diferenças com os desenhos expostos no Calendário Lunar da sala de aula.

É muito importante ter cuidado para não estereotipar os cientistas apresentados, como se eles fossem os únicos responsáveis por parte dos conhecimentos que compartilhamos sobre a Lua. Cabe lembrar que o trabalho científico é coletivo e realizado por homens e mulheres ao longo do processo histórico como um todo.

- Como a Lua é para mim?

Neste momento, sugere-se deixar as crianças se expressarem a respeito da temática estudada, e, para isso é necessário mostrar para os alunos obras de arte de pinturas, músicas e poemas que tratam da Lua. Além disso, as crianças podem apresentar novos trabalhos artísticos caso conheçam.

Posteriormente, uma ideia é pedir para que cada um realize um registro livre sobre a Lua, da maneira como acharem melhor, sejam por palavras, textos, poemas, desenhos, pinturas, composição de músicas, entre outros. Para isso, seria apropriado disponibilizar diferentes materiais como canetinha, folhas de papel, tinta, lápis de cor, recortes de revistas, cola, tesoura sem ponta, entre outros.

Para essa etapa da atividade selecionamos algumas sugestões que podem contribuir:

- Pinturas: Tarsila do Amaral - A Lua; Van Gogh - Passeio sob o Crepúsculo; Van Gogh - Estrada com Ciprestes; Candido Portinari - Baiana ao Luar.
- Poemas: Cecília Meireles - Lua Adversa; Cecília Meireles - Tenho fases como a Lua.

- Avaliação do trabalho

Embora consideremos que a avaliação do trabalho acontece ao longo de todo processo, é importante ter um momento dedicado para uma conversa com as crianças com a intenção de retomada do trabalho desenvolvido.

É interessante retomar modelagens realizadas anteriormente, os desenhos do Calendário Lunar, assim como os desenhos realizados pelos cientistas. Busca-se, então, um espaço propício para sistematização de todos os conhecimentos desenvolvidos até o momento pela turma, além de sanar dúvidas, caso ainda estejam em abertas.

Nesse sentido, sugerimos também um momento de roda de conversa para que seja realizada uma avaliação coletiva com os estudantes sobre tudo que aprenderam sobre a Lua. É interessante que os alunos tenham liberdade para indicar qual etapa do processo de conhecimento mais gostaram, quais acharam interessante dessa unidade de ensino, além de apresentar críticas construtivas e novas ideias para futuras atividades.

Considerações finais

A presente proposta de atividade busca contribuir para novas possibilidades em sala de aula no que diz respeito à astronomia, principalmente sobre a temática Lua, podendo ser realizada com diferentes faixas etárias de escolarização e adaptadas conforme as singularidades de cada unidade escolar.

Destacamos a importância da dimensão histórica desses saberes, especialmente quando objetivamos um processo de ensino que não deixe de lado as questões da natureza da ciência enquanto atividade humana, social, histórica e coletiva, com dificuldades, belezas e percalços.

Os conhecimentos possíveis de sistematizar com os estudantes a partir da proposta se relacionam à observação do céu, o formato da Lua, sua superfície, suas fases, uma parte da história do estudo da mesma com observações e desenhos desenvolvidos nos séculos XVI e XVII, além das possibilidades sinalizadas de envolvimento com outras disciplinas escolares.

Consideramos também que o desenho é uma linguagem muito acessível à infância, assim como a observação da natureza, sendo bastante adaptável para diferentes contextos e faixas etárias.

Referências Bibliográficas

Bisch, S. M. (1998). Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores. *São Paulo: FEUSP (Tese de doutorado)*.

Compiani, M. (2012). O desprestígio das imagens no ensino de ciências, até quando? Uma contribuição das geociências com a Gestalt. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 5(1), 127-154.

Conan, J. B. (1964) A Educação científica do leigo. In: CONANT, J. B. *Como compreender a ciência – acesso histórico* (A. D. Nina, Trad.) São Paulo: Cultrix. 15-46. (Obra original publicada em 1946).

Edgerton, S. Y. (2006). Brunelleschi's mirror, Alberti's window, and Galileo's 'perspective tube'. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 13, 151-179.

Fracalanza, H., do Amaral, I. A., & Gouveia, M. S. F. (1987). *Ensino de ciências: no primeiro grau*. Atual.

Galilei, G. (2010) *Sidereus Nuncius: o mensageiro das estrelas* (H. Leitão, Trad.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. (Obra original publicada em 1610).

Pérez, D. G., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(2), 125-153.

Jafelice, L. C. (2015). Astronomia cultural nos ensinos fundamental e médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, (12), 57-92.

Kantor, C. A. (2014). O céu e a Terra: imagens no espelho. *Ensino de Astronomia na escola: concepções, ideias e práticas*. Campinas-SP: Editora Átomo, 17-31.

Koyré, A. (2001). Do mundo fechado ao universo infinito. *Lisboas: Gradiva*, 269.

Leitão, H. (2010) Estudo introdutório In: *Sidereus Nuncius: o mensageiro das estrelas*. (H. Leitão, Trad.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 17-136. (Obra original publicada em 1610).

Lima, M. L. D. S. (2006). *Saberes de Astronomia no 1º e 2º ano do ensino fundamental numa perspectiva de letramento e inclusão* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Mathews, M. S. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 12(3), 164-214.

Olson, R. J., & Pasachoff, J. M. (2001). Moon-Struck: Artists rediscover nature and observe. In *Earth-Moon Relationships*. Springer, Dordrecht. 303-341.

Paiva, J. R.; Barrelo JR. N. ; Carvalho, A. M. P. O uso de desenhos na construção de conhecimento científico. *XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2015.

Pellenz, D. (2015). Astronomia no ensino de ciências: uma proposta potencialmente significativa (Dissertação de mestrado, Universidade de Caxias do Sul).

Simon, P. C. S. G. *Ensino de Astronomia para os anos iniciais*: uma proposta a partir da observação da Lua (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos).

CAPÍTULO 09 – HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA A SALA DE AULA NOS CICLOS INICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Suseli de Paula Vissicaro e Márcia Helena Alvim

Ao longo das últimas décadas pesquisas em Didática das Ciências têm contribuído para mudanças significativas no Ensino de Ciências. Uma destas contribuições, mais intensa a partir dos anos 1990, diz respeito à inclusão da História das Ciências no ensino, já defendida há décadas por diferentes pesquisadores. Um dos muitos argumentos favoráveis à inclusão da História das Ciências no ensino, que apresentaremos na primeira parte deste capítulo, aponta para o desenvolvimento de aulas que favoreçam discussões acerca da historicidade das ciências. Neste sentido, consideramos importante, a elaboração e o desenvolvimento de propostas didáticas que visem uma abordagem histórica das ciências, discutindo e apresentando o conhecimento como uma produção humana, de homens e mulheres que se encontram inseridos em contextos socioculturais, políticos e econômicos específicos. Neste texto, apresentaremos os resultados de uma proposta didática (Sequência Didática) desenvolvida com alunos do 3º ano do Ensino Fundamental I com a temática das navegações portuguesas dos séculos XV e XVI. Dentre as atividades realizadas nesta SD, podemos destacar a leitura de livro paradidático, o trabalho com mapas, a pesquisa e apresentação sobre instrumentos científicos do período e a elaboração e utilização de um destes instrumentos, o quadrante. A atividade presente neste texto resulta de pesquisa originada de uma dissertação de mestrado defendida por Vissicaro (2014), sobre a temática das relações entre História das Ciências e educação científica. Este estudo insere-se como uma pesquisa de natureza qualitativa,

com análise de um estudo de caso, o desenvolvimento e a execução da SD. A proposta didática foi realizada a partir de discussões com as professoras responsáveis pelas turmas, que participaram como observadoras. A condução das atividades propostas e organizadas na SD ficou a cargo da professora pesquisadora, oriunda da própria rede pública de ensino e da escola onde a pesquisa foi realizada. Dentre os resultados, podemos destacar o potencial da história das ciências como instrumento de reflexão e promoção da interdisciplinaridade, já que mobilizou conhecimentos geográficos, como os mapas; científicos, como o conhecimento astronômico; e matemáticos, sendo estudados os ângulos. Deste modo, este estudo busca apontar caminhos possíveis para a utilização da História das Ciências em sala de aula, não se constituindo como um modelo finalizado, mas, passível de adaptações, mudanças ou adequações diante das diferentes realidades escolares.

História das Ciências

Há muito se argumenta sobre as contribuições da história das ciências ao ensino, como possibilidade de romper com a fragmentação e a compartimentação dos conteúdos e visando à formação crítica do cidadão, destacando-se sua inserção no ensino de ciências para uma melhor compreensão do mundo e suas transformações. Os que defendem a inclusão da História e Filosofia das Ciências no ensino, “[...] advogam em favor de uma abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico” (Matthews, 1995, p. 166). A visão tradicional sobre a ciência a apresenta como uma atividade neutra, atemporal e livre de pressões de natureza política, econômica ou social. Numa certa caricatura, uma ciência feita por alguns poucos gênios, que buscam a verdade e utilizam um método científico único e infalível.

Porém, estudos iniciados na década de 1970 (atualmente desdobrados e conhecidos como Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia) situam a ciência como um produto cultural, resultante de um processo, rompendo com a visão apresentada nos livros didáticos e conteúdos programáticos da área. Em outras palavras, ciência como cultura, como “[...] construção humana sobre os fenômenos do mundo natural a partir de elementos de seu universo cultural,

possuindo uma relação dialógica com a sociedade em que é produzida, pois a ciência sofre e exerce impactos sócio-político-econômicos e culturais na mesma” (Alvim, 2012, p. 3).

As contribuições da história das ciências para o ensino, segundo a tradição contextualista sintetizada por Matthews (1995, p.166) em seu sempre citado artigo, apontam que ela

(1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência - a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente.

Em outras palavras, a história das ciências auxiliaria na compreensão de que cientistas são pessoas passíveis de erros, cujas verdades são provisórias, que a atividade científica não é limitada apenas à observação e a experimentação, que o conhecimento científico é construído de forma coletiva, que a ciência não é linear e envolve rupturas e controvérsias.

Nessa perspectiva, a história das ciências transformar-se-ia num instrumento de reflexão sobre a prática científica e a produção da ciência enquanto objeto sociocultural, assumindo um papel primordial na educação, incentivando uma postura mais crítica, reflexiva e cidadã, através de um trabalho interdisciplinar. No entanto, a introdução da dimensão histórico-social pode se tornar inviável se tentarmos inseri-la em todo o conteúdo, dada a extensão dos programas escolares e os modos de funcionamento das escolas brasileiras. O que sugerimos é que os professores selecionem o tema ou conteúdo considerados mais relevantes ou pertinentes para inclusão da componente histórica, sem, contudo, recorrer a simplificações reducionistas, sob o risco de se oferecer uma visão distorcida sobre a construção do conhecimento.

Assim, a proposta descrita no presente capítulo enfatiza que os professores elaborem e apliquem, nas suas aulas, sequências didáticas que introduzam a ciência pelo viés da dimensão histórica.

História das Ciências no Ensino: uma Proposta Didática

A História dos Instrumentos de Navegação

Uma possibilidade de inserção da história das ciências no ensino pode se dar por meio da história dos instrumentos científicos. O estudo dos instrumentos e sua utilização como fonte histórica é relativamente recente e surgiu a partir das críticas de alguns historiadores da ciência, que propuseram novos temas de estudos – especificamente, a cultura material das ciências (Granato, 2007; Pestre, 1996; Gourdaroulis, 1994). Segundo Granato (2007, p. 3), a cultura material das ciências, “[...] seria o estudo não do objeto em si, mas das diferentes técnicas e tecnologias contidas naquele objeto, por quem e para quem este objeto foi construído, com que finalidade e se seu uso correspondeu ao objetivo para que foi originalmente construído”.

Ainda hoje encontramos trabalhos que se voltam apenas aos aspectos descritivos dos instrumentos (técnicos e estéticos), nos quais a preocupação central é “[...] a descrição cuidadosa e minuciosa dos aparatos e máquinas” (Granato, 2007, p. 3). No entanto, esse olhar começou a mudar a partir de meados de 1990, quando a preocupação passou a ser “[...] a interação do instrumento com a experimentação, com o desenvolvimento do conhecimento científico, e seu impacto no método científico e nas mudanças de crenças científicas” (Granato, 2007, p. 4), valorizando a interação deste com a ciência, o lugar e a época no qual foi produzido.

Assim, olhar para os objetos, que até então eram considerados invisíveis do ponto de vista da cultura material das ciências, amplia as possibilidades de pesquisas e de propostas didáticas em História das Ciências, considerando-se

que estes “[...] podem revelar aspectos sociais, econômicos e culturais das sociedades em que foram produzidos e/ou utilizados” (Mast, 2016)²².

Para a proposta didática, escolhemos os instrumentos de navegação utilizados nas Grandes Navegações Portuguesas, por entendermos que estes oferecem a possibilidade de um trabalho integrado entre as ciências numa abordagem interdisciplinar, ao apresentar a contribuição de diferentes áreas na realização da empreitada marítima. Nessa proposta, em particular, descreveremos uma sequência didática aplicada com alunos dos anos iniciais do ensino fundamental e discutida na dissertação de mestrado de Vissicaro (2014). A partir do estudo de alguns instrumentos do período tradicionalmente nomeado “Era dos Descobrimentos”, buscou-se promover a reflexão entre os mesmos e o contexto da época, através da abordagem histórica.

A construção da proposta didática

Para a construção da proposta didática, nos remetemos aos documentos oficiais que definem o currículo das ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental: Parâmetros Curriculares Nacionais, Proposta Curricular do Município de São Bernardo do Campo e o Projeto Político pedagógico da Escola (PPP). Para a proposta didática, elegemos como tema As Grandes Navegações Portuguesas com foco para os instrumentos de navegação utilizados no período compreendido entre os séculos XV e XVI, temática desenvolvida no 3º ano do Ensino Fundamental, conforme apresentaremos adiante.

Uma vez definido o tema, buscamos nos documentos os conteúdos necessários para a construção da proposta. Nos PCNs do ensino fundamental, os conteúdos de história são apresentados divididos em dois eixos principais, sendo: História Local e do Cotidiano, abordada no primeiro ciclo e História das Organizações Populacionais, no segundo ciclo. O tema das Grandes Navegações é abordado dentro do eixo temático História das Organizações Populacionais, constando nos LD de História dos 4º e 5º anos.

Seguindo a orientação expressa nos PCNs, a Proposta Curricular do Município de São Bernardo do Campo, onde o estudo foi desenvolvido, destaca

²² Apresentação projeto Valorização do Patrimônio C&T Brasileiro. MAST.
<http://www.mast.br/projetovalorizacao/new-page/new-page.html> Acesso em 15/04/2016.

que os conteúdos de História no ciclo I (1º, 2º e 3º anos), referem-se “a história local e no ciclo II há um aprofundamento, uma ampliação dos horizontes do aluno através da comparação com outras localidades em outros tempos e espaços” (SBC, 2007, p. 99 – 101). Isto porque, segundo o PCN de História, “os estudos da história local conduzem aos estudos dos diferentes modos de viver no presente e em outros tempos, que existem ou que existiram no mesmo espaço” (Brasil, 1997, p. 40), acrescentando no segundo ciclo, “as caracterizações e distinções entre coletividades diferentes, pertencentes a outros espaços” (Brasil, 1997, p. 46).

Assim, as Navegações Portuguesas e o “Descobrimento” são temáticas introduzidas aos alunos do segundo ciclo (3ª e 4ª séries), aparecendo, portanto, nos LD do 4º ano e retomadas, superficialmente, no 5º ano, apenas para garantir a continuidade do estudo acerca da História do Brasil do período colonial até a República.

A proposta foi realizada durante o primeiro semestre de 2014, nas aulas da disciplina de história, dialogando com conhecimentos e conteúdos de outras áreas de conhecimento, como geografia, ciências e matemática. Embora a temática seja abordada prioritariamente nos 4º e 5º anos, elegemos os alunos do 3º ano para o desenvolvimento da proposta didática considerando-se que estes alunos possuem muitos conhecimentos sobre as navegações anteriores ao contato com o conteúdo.

Ao elaborarmos nossa proposta didática, dialogamos com a teoria sócio-interacionista, por entendermos que a interação social tem um papel relevante na construção do conhecimento pelo indivíduo e pode levá-los à alfabetização científica (Sasseron & Carvalho, 2011). Segundo as ideias de Vygotsky, “o desenvolvimento pleno do ser humano depende do aprendizado que realiza num determinado grupo cultural, a partir da interação com outros indivíduos da sua espécie” (Rego, 1998, p. 143), entendendo-se nesta perspectiva que “é o aprendizado que possibilita e movimenta o processo de desenvolvimento” (Rego, 1998, p. 143)

Nesse sentido, destacamos o papel do professor no planejamento de atividades cada vez mais complexas que favoreçam o desenvolvimento do aluno, “promovendo o suporte e apoios necessários para que o aluno consiga

realizá-las com o auxílio também dos colegas e companheiros” (Krasilchik, 2008, p. 28).

Desta forma, planejamos a proposta contemplando momentos de trabalho em grupo, por entendermos que ele é necessário quando se objetiva no ensino a construção do conhecimento pelo aluno e permeada por questões a serem feitas pela professora para orientar e potencializar a construção do conhecimento (Carvalho et al, 2010). Garantimos também momentos individuais e buscamos variar as estratégias didáticas, contemplando: momentos de produção escrita, aula expositiva, pesquisa, atividade prática, discussão e socialização de hipóteses, observações e resultados. Os recursos selecionados também seguem o mesmo princípio: mapa, apresentação e elaboração de instrumento de navegação: quadrante, e aplicação de atividades de registro.

A condução das atividades propostas e organizadas em forma de SD ficou a cargo da professora pesquisadora, oriunda da própria rede pública de ensino e da escola onde a pesquisa foi realizada. Após o planejamento e a revisão das atividades, a SD foi levada à escola e desenvolvida com três turmas do 3º ano, nas quais as professoras responsáveis pelas turmas participaram como observadoras da ação.

Apresentaremos a seguir um quadro síntese da proposta da SD “Grandes Navegações Portuguesas” seguindo o modelo proposto e utilizado por Souza (2010). A sequência apresenta-se organizada em 5 aulas, de “45” minutos aproximadamente. As aulas aconteciam uma vez por semana, conforme disponibilidade da professora da sala, do agendamento da data e do planejamento da mesma.

Além de contextualizarmos o período em questão com os alunos, apresentamos os instrumentos de navegação que se fizeram necessários para a empreitada, selecionando um para construção e estudo do cálculo de alturas e distâncias. Desta forma, a proposta de tornar o assunto mais significativo e favorecer a reflexão, através do uso da HC, implicou em pesquisas, leituras, busca por materiais e estratégias diversas para não apenas contextualizar melhor a temática desenvolvida, mas também apresentar a possibilidade de realizar, em cinco aulas, discussões sobre a natureza do conhecimento da época. Sendo assim, a SD planejada organiza-se de modo não só a favorecer

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

o papel ativo do aluno na construção do conhecimento, mas também procurando garantir que este seja significativo.

Quadro 1: Descrição da sequência didática desenvolvida em sala de aula²³.

Aula	Atividade(s) proposta(s)	Temática(s) trabalhada(s)
1.	<p>Leitura de texto paradidático introdutório</p> <p>Apresentação da problemática: Como os portugueses chegaram ao Brasil? Que conhecimentos eles precisaram desenvolver/construir?</p> <p>Utilização do Mapa Mundi para localização dos países</p> <p>Registro escrito e por meio de desenhos sobre a chegada dos portugueses e os conhecimentos necessários.</p> <p>Tarefa para a aula seguinte: Pesquisa sobre alguns instrumentos de navegação;</p>	<p>Problematização inicial para levantamento dos conhecimentos prévios sobre o assunto a partir da leitura da obra de Lúcia Fidalgo "Pedro menino navegador";</p> <p>Conhecimentos de diferentes naturezas que contribuíram para a viagem e instrumentos utilizados;</p>
2	<p>Retomada da aula anterior, com destaque para os instrumentos utilizados nas navegações;</p> <p>Socialização das pesquisas e comentários.</p>	<p>História dos instrumentos de navegação e o contexto histórico do período.</p> <p>Aula dialogada subsidiada pela leitura de trechos dos livros "Por mares nunca dantes navegados" de Fábio P. Ramos e "O porto onde estamos" de Paulo Miceli.</p>
3	<p>Discussão sobre os instrumentos pesquisados;</p> <p>Apresentação e construção do quadrante utilizando modelo;</p>	<p>Apresentação de imagens dos instrumentos, com atenção para as pesquisas que apresentam sua utilidade ou descrição.</p> <p>Aula dialogada sobre a História do quadrante.</p>
4	<p>Atividade prática (em grupo) de cálculo de altura utilizando o quadrante;</p> <p>Registro escrito das observações realizadas.</p> <p>Socialização das observações da atividade prática em sala;</p>	<p>Importância dos instrumentos nas navegações;</p> <p>Relação entre a resolução de problemas e o conhecimento.</p> <p>Conhecimento interdisciplinar (matemático e astronômico): ângulos e a observação dos astros no cálculo de distâncias.</p>
5	<p>Sistematização e avaliação da pesquisa</p>	<p>Retomada da atividade anterior, com registro escrito relacionando a importância dos conhecimentos construídos na prática com o conhecimento "científico" e o papel dos instrumentos no contexto da expansão marítima portuguesa.</p>

Fonte: Vissicaro (2014)

A proposta desta sequência didática objetiva discutir o papel desempenhado pelos instrumentos de navegação no contexto das navegações. Tradicionalmente, a historiografia afirma que o projeto expansionista português envolveu o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas e instrumentos, além de conhecimentos de diferentes naturezas. Tanto o projeto expansionista português quanto a navegação marítima se caracterizam pela necessidade de

²³ A sequência didática apresenta modificações em relação à versão original constante da dissertação de mestrado de Vissicaro (2014).

conhecimentos de diferentes naturezas, sendo que, nesta última, o sucesso estava vinculado à utilização de conhecimentos, técnicas e instrumentos desenvolvidos e/ou aperfeiçoados, já que a navegação na época era feita “[...] por rumo e estima, uma espécie de adivinhação, com base na direção que o navio havia tomado e na orientação fornecida pela bússola e pelos astros” (Ramos, 2008, p. 100).

Foi a necessidade de determinar no mar a posição do navio que favoreceu o aprimoramento dos instrumentos de navegação, sendo que “quase todos foram adaptados de instrumentos já existentes e utilizados com outros fins, para a nova função” (Gonçalves, 2002, p. 01). A este respeito, Ganesella (2008, p. 16) destaca que um dos avanços mais significativos foi “[...] o aprimoramento do astrolábio para as medições diurnas da altura do sol”. Patrícia Seed (1999, apud Ganesella, 2008, p. 17) explica que o astrolábio era um “[...] instrumento de observação noturna, provavelmente de origem grega, datando do século II ou III”. A utilização diurna do astrolábio implicou, também, na tradução das posições de latitude pela altura do sol, considerando-se esta a “[...] melhor solução para se navegar onde os céus noturnos ainda não eram conhecidos” (Ganesella, 2008, p. 17). Ressalte-se, de todo modo, que o estabelecimento do cálculo das longitudes ocorreria alguns séculos mais tarde, em finais do século XVIII.

O quadrante, o astrolábio e a balestilha eram instrumentos que permitiam a obtenção da posição de latitude a partir da observação da altura dos astros, apresentando “soluções baseadas na astronomia” para o problema da localização, traduzindo uma estreita relação entre os conhecimentos astronômicos e a navegação. A utilização dos instrumentos norteou a conquista do mundo e permitiu assinalar novos territórios, pois “[...] a expansão marítima, com a matemática dos astros, redesenhou o mundo moderno sob olhares europeus” (Ganesella, 2008, p.19).

Diante do exposto, é possível discutir a finalidade de tais instrumentos e sua relação com o contexto no qual foram produzidos/adaptados, bem como os conhecimentos implicados em sua utilização, destacando que, mais do que um elemento ilustrativo, acessório, acreditamos que os instrumentos tiveram papel fundamental e extremamente relevante no contexto das navegações marítimas dos séculos XV e XVI. Isso, sem dúvida, abre espaço para importantes

reflexões sobre a estreita relação entre os instrumentos e a chegada à América.

Assim, a decisão de abordar o tema por meio da História das Ciências demandou um olhar para a história dos instrumentos de navegação utilizados no período e para a possibilidade de uma abordagem interdisciplinar, ao articular diferentes áreas, como a geografia, a história, a matemática e as ciências, uma vez que implicou conhecimentos diversos, como: o uso de instrumentos e observação dos astros para determinar posições e localização, o cálculo de distâncias e posições a partir da leitura de ângulos, a construção de caravelas e naus, a determinação de posição e localização geográficas, a criação de mapas e cartas portulanas, além do desenvolvimento técnico, saberes discutidos em sala de aula, contribuindo para uma educação científica reflexiva, objetivo da proposta didática apresentada.

O potencial interdisciplinar da História das Ciências possibilita que o professor possa explorar diferentes temáticas, como a História do Sistema de Medidas, a partir da reflexão sobre a necessidade de se determinar a posição das embarcações; os ângulos, através da construção e utilização dos instrumentos, o modelo de sistema-mundo medieval e contemporâneo, os diferentes saberes articulados no período das Navegações portuguesas, entre outros, buscando um projeto interdisciplinar, com alunos de 3º ano em diante.

É possível encontrar diversos modelos de instrumentos para serem construídos e utilizados com os alunos, como o quadrante e a balhastilha²⁴. Estas atividades revelam o potencial de se articular diferentes saberes e áreas do conhecimento, através de sua história e o contexto de construção e utilização dos instrumentos.

Aplicação da proposta: alguns comentários

Ao longo do desenvolvimento da proposta didática solicitamos aos alunos produções escritas, bem como registramos o desenvolvimento de algumas atividades realizadas, por meio de gravação de áudio e fotografias. Neste momento, iremos apresentar algumas reflexões sobre os resultados

²⁴ O site Ciência Viva apresenta diversas propostas de trabalho com os instrumentos, disponibilizando alguns modelos. <http://www.cienciaviva.pt/equinocio/download/instrumentos.pdf> Acesso em 15/04/2016.

alcançados nas atividades, valorizando as situações de interdisciplinaridade e de fomento à educação científica reflexiva.

Ao analisarmos os dados obtidos nas atividades realizadas, pudemos observar que, no que diz respeito às estratégias utilizadas, o uso da leitura como elemento disparador e introdutório ao tema despertou o interesse dos alunos pelo assunto e favoreceu o conhecimento de suas concepções iniciais. A pergunta desenvolvida com os alunos: “Como os portugueses chegaram aqui?”, realizada após a leitura do texto “Pedro menino navegador”, instigou o aluno a pensar sobre a questão e inferir sobre o como e o porquê das navegações portuguesas, introduzindo a reflexão sobre a temática. Neste momento, exploramos a prática de leitura, discussão oral, produção textual e de imagens e estudo cartográfico.

A pesquisa sobre os instrumentos marítimos do período, a construção e utilização do quadrante oportunizaram, aos alunos, a percepção do papel dos instrumentos no contexto e no desenvolvimento de conhecimentos imprescindíveis para a expansão marítima. A atividade prática com o quadrante, além de motivar os alunos, favoreceu a construção de hipóteses sobre as relações entre os astros e a posição das embarcações e, conseqüentemente, a compreensão do conhecimento matemático advindo desta relação, ressaltando a importância que os instrumentos tiveram para a história das navegações. Em relação aos saberes sobre os astros, a aula promoveu discussões que apresentaram o sistema mundo medieval e o contemporâneo, conteúdos didáticos do Ensino Fundamental I.

O trabalho em grupo, o diálogo, a socialização e a problematização acerca das diferentes medidas para a altura do mesmo objeto, favoreceram a compreensão não apenas da definição de medidas padronizadas como da utilização destas em função das necessidades existentes, e as dificuldades enfrentadas para determinar a posição da embarcação em alto mar. Outra situação valorizada nestas ações didáticas refere-se ao fomento da interdisciplinaridade, especialmente no momento do uso do quadrante, a partir da medida do prédio da escola e a discussão sobre o conceito e usos dos ângulos.

As atividades da SD promoveram, ainda, a reflexão sobre como o homem, em sua história, resolve problemas cotidianos através do

conhecimento, e como este se interliga com sua história, contribuindo para o entendimento da ciência enquanto construção humana, permeada pelas necessidades de cada tempo e localidade. Durante a execução da SD a professora pesquisadora apontou diversas discussões sobre esta relação, buscando analisar aspectos sobre a natureza da ciência.

A interdisciplinaridade da proposta se faz presente através dos conhecimentos de diferentes naturezas necessários à compreensão dos elementos que se fizeram indispensáveis para que os portugueses realizassem as navegações dos séculos XV e XVI. Podemos destacar as discussões geográficas realizadas através da leitura dos textos, aula expositiva e trabalho com mapas, a apresentação de conceitos matemáticos na elaboração do quadrante, como ângulos; aproximação com temáticas de ciências, através de discussões sobre os astros e seus conhecimentos no período, durante a elaboração do quadrante. Sendo assim, o objetivo da SD foi agregar conhecimentos que permitissem contextualizar o período conhecido como “Era das Navegações”, através de seus âmbitos político, econômico, social, cultural e científico, buscando torná-lo significativo aos alunos e valorizando a interdisciplinaridade presente nas práticas didáticas que envolvem a História das Ciências.

Considerações finais

Acreditamos que os argumentos e a proposta didática apresentada valorizam a utilização da História das Ciências no Ensino de Ciências, principalmente referente à promoção de uma educação científica reflexiva desde os anos iniciais do ensino fundamental, fase escolar em que esse tipo de trabalho é escasso e através do desenvolvimento de práticas didáticas interdisciplinares.

Buscou-se, na proposta didática, promover articulações interdisciplinares entre conteúdos de natureza diversa, possibilitando ao aluno uma visão mais abrangente sobre a temática, evitando, assim, o estudo por vezes descontextualizado, fragmentado de disciplinas estanques e isoladas. A diversidade de estratégias utilizadas justifica-se pelo fato de que “para aprender é necessário viver situações em que se possa refletir, perguntar, discordar, aceitar, reformular; em que seja possível se posicionar de maneira

intelectualmente ativa”, possibilitando ao aluno, no decorrer das atividades, discutir a ciência enquanto construção humana (Espiniza, 2010, p.80).

Desta forma, ao possibilitar que o aluno, no decorrer das atividades, pergunte, pesquise, reflita, investigue, acreditamos estar contribuindo para sua alfabetização científica, discutindo a ciência enquanto construção humana, dentro de uma proposta de Educação Científica reflexiva. Este estudo procura, ainda, promover no professor inspiração para que realize em suas aulas a inserção da História das Ciências, numa perspectiva interdisciplinar, como elemento contextualizador, de modo a favorecer a compreensão do processo de construção dos conhecimentos científicos.

Referências

Alvim, M. H. História das Ciências e Ensino de Ciências: potencialidades para uma educação cidadã. In: **VII SEMINÁRIO IBÉRICO/ III SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO CTS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS**. 2012, Madrid. Anais Eletrônicos.... Madrid: OEI, 2012. Disponível em: http://www.oei.es/seminarioctsm/PDF_automatizado/C2textocompleto.pdf Acesso em 15/04/2016.

Brasil. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 2001.

Carvalho, A. Ma. P. de et al. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 2010.

Espinoza, A. Ma. **Ciências na escola: novas perspectivas para a formação dos alunos**. São Paulo: Ática, 2010.

Gianesella, R. R. **Paisagens no tempo: vilas litorâneas paulistas**. 2008. Dissertação. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Gonçalves, A. Instrumentos de navegação. In: **INSTITUTO CAMÕES**. 2002, Lisboa. Disponível em: <http://cvc.instituto-camoes.pt/navegaport/a06.html>. Acesso em janeiro de 2016.

Gourdaroulis, Y. Can the History of instrumentation tell us anything about Scientific Practice. In Gavroglu, Kostas et al. (eds.) **Trends in the Historiography of Science**. Netherlands: Kluwer Academic publishers, 1994.

Granato, M. Objetos de ciência e tecnologia como fontes documentais para a história das ciências: resultados parciais. In: **VIII ENANCIB**. Salvador, Universidade Federal da Bahia, outubro de 2007.

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Krasilchik, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

Matthews, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.12, n.3, p.164-214, dezembro de 1995.

Miceli, P. **O ponto onde estamos: viagens e viajantes na história da expansão e da conquista**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1998.

Oliveira, M. K de. **Vygotsky. Aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 2006.

Pestre, D. Por uma nova história social e cultural das ciências: novas definições, novos objetos, novas abordagens. **Cadernos IG-UNICAMP**, v.6, n.1, 1996.

Ramaos, F. P. **Por mares nunca dantes navegados: a aventura dos Descobrimentos**. São Paulo: Contexto, 2008.

Rego, T. C. **Vygotsky – Uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis: Vozes, 1998.

Rosa, K.; Martins, Ma. C. **O que é alfabetização científica, afinal?** Disponível em:
http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/snef/_oqueealfabetizacaocienti.trabalho.pdf

Sasseron, L. H.; Carvalho, A. Ma. P. de. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.16 (1), p. 59-77, 2011.

Souza, L. S. **Compreensão leitora nas aulas de ciências**. 2010. 217 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da USP. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Vissicaro, S. P. **A construção de uma proposta didático-pedagógica a partir da história dos instrumentos de navegação marítima portugueses**. Dissertação (Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática). Universidade Federal do ABC, 2014.

CAPÍTULO 10 – HISTÓRIA GLOBAL DA CIÊNCIA: UMA ESTRATÉGIA INTERCULTURAL PARA O ENSINO DE NATUREZA DA CIÊNCIA

Haira Gandolfi

Nesse capítulo, descrevo e analiso uma experiência de ensino em uma escola secundária em Londres/Inglaterra que visou promover a introdução mais culturalmente diversificada de aspectos da Natureza da Ciência (NdC) na prática de um professor de ciências. Essa experiência, informada por perspectivas interculturais sobre o desenvolvimento científico advindas do campo da ‘História Global da Ciência’, envolveu a elaboração de sequências didáticas (SDs) conectando NdC e conteúdos regulares do Currículo Nacional de Ciências na Inglaterra. A construção colaborativa dessas SDs junto ao professor participante, incluindo as decisões histórico-epistemológicas e pedagógicas tomadas, e os resultados de sua implementação em uma turma do 8º ano (estudantes com idade entre 12-13 anos) serão explorados aqui com o objetivo de ilustrar as possibilidades oferecidas pelo campo da ‘História Global da Ciência’ à integração de aspectos da NdC ao ensino de conteúdos científico através do uso narrativas históricas sobre ciência mais culturalmente diversificadas.

Enquanto os argumentos para o uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) na ciência escolar destacam seu potencial na promoção de discussões sobre a Natureza da Ciência (NdC), algumas dessas ideias passaram a ser recentemente questionadas (Erduran, 2014; Gandolfi, 2018; Ideland, 2018), especialmente em relação a que tipos de narrativas históricas são comumente empregadas pelas propostas disponíveis para professores. Com materiais baseados principalmente em contextos culturais/geográficos muito específicos e restritos (essencialmente focando em desenvolvimentos científicos europeus), aspectos importantes por trás da produção científica (como colaborações, negociações e adaptações do conhecimento; exploração e lutas pelo poder sobre recursos naturais; questões éticas, financeiras e políticas;

etc.) continuam a ser pouco explorados na maioria das propostas para o ensino da NdC (Erduran, 2014; Ideland, 2018; Kelly, 2018).

Uma nova tendência decorrente de trabalhos de historiadores da ciência parece oferecer possibilidades interessantes para esse ensino e aprendizagem sobre a NdC sob uma perspectiva mais ampla e culturalmente diversificada: a ‘História Global da Ciência’ (Roberts, 2009; Fan, 2012). Essa abordagem específica de pesquisa no campo da História da Ciência (HC) baseia-se na ideia de que a ciência moderna é um produto de trocas, apropriações e colaborações no campo material e intelectual entre diferentes tradições culturais promovidas por contextos histórico-geográficos (por exemplo, o comércio na Rota da Seda ou projetos imperialistas e colonizadores), olhando para o desenvolvimento científico pelas lentes dessas conexões entre diferentes pessoas e lugares.

Nesse capítulo descrevo uma experiência de sala de aula que utilizou perspectivas da História Global da Ciência na elaboração de narrativas históricas sobre ciência pautadas em exemplos mais culturalmente diversificados (‘interculturais’), visando implementar discussões e reflexões sobre NdC nas práticas regulares de um professor de ciências.

Ensino sobre NdC: possibilidades da História Global da Ciência

A importância do conhecimento desenvolvido no campo da HFC para o Ensino de Ciências tem sido explorada por vários educadores, historiadores e filósofos da ciência nas últimas décadas (Matthews, 1992; Figueirôa, 2009; Allchin, 2014; Hodson, 2014). Segundo Matthews (1992), algumas das possibilidades da HFC para a ciência escolar são: entender a ciência como um processo de produção de conhecimento e não apenas um produto (seus ‘conteúdos’); motivação com relação à disciplina escolar de ciência e ao trabalho científico; humanização da ciência e da comunidade científica; etc. Da mesma forma, em sua revisão sobre o campo, Höttecke e Silva (2011) resumiram algumas das principais contribuições da HFC à ciência escolar destacadas por diversas investigações empíricas: promoção de mudança conceitual; aprendizagem sobre NdC; construção de uma imagem pública da ciência mais realista; e fomento de atitudes positivas com relação à área por parte dos estudantes.

Intimamente ligado a essa defesa da HFC na ciência escolar está o ensino e aprendizagem sobre NdC. Sua integração ao ensino de ciências é parte de uma reflexão mais ampla sobre as comunidades científicas que foram iniciadas pelos estudos em História, Filosofia e Sociologia da Ciência nas décadas de 1950 e 1960, os quais visavam repensar como a produção do conhecimento científico (e tecnológico) é retratada e entendida pelo público (Figueirôa, 2009; Hodson, 2014). O desafio então proposto seria deixar de analisar a ciência como apenas um produto útil e necessário à vida nas sociedades modernas e começar a considerá-la como uma atividade epistemológica e sociológica envolvendo experimentação, modelagem, teorização, colaborações e negociações, questões éticas e relações sociais em diferentes níveis de complexidade (Erduran e Dagher, 2014).

O argumento principal para a introdução da NdC nas escolas é que aprender sobre ciência como um 'processo' – e não apenas o seu conteúdo (os 'produtos da ciência') – é essencial para a compreensão das complexidades de um campo que vem constantemente ganhando importância e impactando, para melhor ou para pior, as vidas da maioria das pessoas ao redor do mundo (Driver et al., 1996; Erduran e Dagher, 2014). Uma exploração explícita da NdC com estudantes, portanto, teria o potencial de promover uma visão mais crítica, realista e menos idealizada da área, considerando seus benefícios e limitações (Gasparatou, 2017). Nesse cenário, casos históricos e contemporâneos relacionados a diferentes desenvolvimentos científicos têm sido usados na elaboração de propostas de ensino que incluem tanto o aprendizado de conteúdos quanto sobre NdC (Figueirôa, 2009; Höttecke e Silva, 2011; Allchin, 2014; Aragón-Méndez, Acevedo-Díaz e García-Carmona, 2018).

Esse potencial que a HFC apresenta para o ensino sobre NdC vem sendo, no entanto, recentemente questionado por alguns autores (Jegede e Aikenhead, 1999; Erduran, 2014; Sarukkai, 2014; Gandolfi, 2018; Ideland, 2018; Kelly, 2018), especialmente em relação a 'qual HFC' é normalmente empregada pela maioria das propostas de ensino disponíveis para professores. Segundo Sarukkai (2014, p. 1996), a “ênfase explícita nas figuras do Iluminismo Ocidental” por parte da HFC no âmbito escolar muito pouco contribui para o entendimento da complexidade envolvida no desenvolvimento científico, promovendo uma imagem muito específica de ciência e do trabalho

científico que pode levar a uma 'humanização enviesada' dessa comunidade. Portanto, Sarukkai e outros educadores (Erduran, 2014; Ideland, 2018) vêm criticando os tipos de narrativas históricas que são tradicionalmente usados pela ciência escolar, estando estas muitas vezes ligadas a uma ideia específica da ciência moderna como sendo um produto exclusivo do Iluminismo Ocidental.

Trabalhos recentes no campo de Estudos Pós/Decoloniais da Ciência têm contribuído para este debate, propondo, entre outras estratégias, a análise do desenvolvimento científico baseado no campo da 'História Global da Ciência' (Roberts, 2009; Fan, 2012). Essa perspectiva de pesquisa considera a ciência ocidental moderna como intercultural, isto é, como produto de intercâmbios entre diferentes culturas e da circulação de diversos tipos de conhecimentos e materiais promovidos por diferentes contextos históricos e geográficos, como o comércio na Rota da Seda e projetos imperialistas e colonizadores.

De acordo com Roberts (2009), uma perspectiva global da HC olha para a ciência como um produto dinâmico de vários encontros e intercâmbios culturais e econômicos (forçados ou não) entre diferentes comunidades, focando em importantes reflexões, como:

- Como a ciência se consolidou como uma forma de propriedade intelectual como resultado de processos globais?
- Como a globalização das formas culturais impactou a colocação da ciência no global? Qual é a relação entre a globalização da ciência e a ciência imperialista?
- Por quais caminhos a ciência viajou, e isso pode ser elucidado em relação aos caminhos tomados pelo arquivamento e pelos vestígios materiais? Como a ciência se tornou vinculada a impérios e nações, e como as narrativas globais foram perdidas por historiadores do passado? (Exploring traditions, n.d.).

Logo, como argumentado por Fan (2012, p. 251), “em vez de olhar a ciência e a tecnologia como produtos de uma nação ou civilização em particular, o foco principal da história global da ciência está na transmissão, troca e circulação de conhecimento, habilidades e objetos materiais”. Segundo Orthia (2016, p. 363), essa “contextualização da ciência em um cenário global” não significa entender o conhecimento científico em si como global (uma

perspectiva 'universalista'), mas sim entender seu desenvolvimento como resultado de interações em diferentes escalas (locais e globais).

Lee (2018, p. 491) argumenta que essa perspectiva mais global e intercultural tem o potencial de retratar a ciência e a tecnologia como “produtos de interações culturais dentro do contexto mundial e não como produtos ocidentais se desenvolvendo em uma cultura mundial universal como se fossem independentes de outros aspectos humanos”. Nesse cenário, uma ‘visão intercultural da HC’ aplicada à ciência escolar envolveria a compreensão da ciência como produto dessas trocas, conectando narrativas históricas locais (por exemplo, tradições de variação) com uma perspectiva histórica global (por exemplo, trocas de conhecimento sobre variação entre diferentes comunidades da China, Turquia e Europa) (Gandolfi, 2018).

De acordo com Sarukkai (2014), esse modelo (que ele chama de ‘origens multiculturais da ciência’) pode então desafiar longas tradições em HFC que “levaram gerações de estudantes em sociedades não-ocidentais a acreditarem que suas culturas não tiveram contribuição para a ciência do mundo moderno” (Sarukkai 2014, p. 1696), abordando as questões de ‘humanização enviesada’ e representatividade da comunidade científica mencionadas anteriormente. Outros autores (Pomeroy, 1994; Erduran, 2014; Gondwe e Longnecker, 2015; Ideland, 2018; Lee, 2018) também destacam seu possível impacto no entendimento da comunidade científica como um espaço mais diversificado: “estudantes de diferentes origens poderão se relacionar com mais facilidade e orgulho à ciência e aos cientistas se puderem estudar as contribuições de pessoas de diversas culturas para o corpo e o processo da ciência que aceitamos hoje em dia” (Pomeroy, 1994, p. 56). Essa estratégia também poderia influenciar as atitudes dos estudantes em relação às carreiras científicas, essencialmente por mostrar-lhes que diferentes tipos de culturas, pessoas e sociedades podem se dedicar ao trabalho científico, ao invés de simplesmente promover uma visão da “prática da ciência e da pessoa culta em ciência como ligada a um certo lugar: o Ocidente” (Ideland, 2018, p. 784).

Esse modelo intercultural de HC também se relaciona de forma muito próxima a um recente debate no campo do Ensino de Ciências sobre os diferentes aspectos da NdC introduzidos pela maioria das propostas disponíveis aos professores. Como argumentado por Erduran (2014), Aragón-

Méndez, Acevedo-Díaz e García-Carmona (2018) e Ideland (2018), grande parte desses materiais tende a se concentrar principalmente em aspectos epistêmicos (de natureza mais filosófica, como teorias e explicações, modelagem, métodos e experimentação), em detrimento a ideias de caráter mais sócio-institucionais. O potencial dessa abordagem intercultural reside no fato de que o uso de HC nessas aulas de ciências seria informado por noções de colaboração, negociação e adaptação do conhecimento científico, exploração e luta pelo poder em relação a recursos naturais e conhecimentos, aspectos éticos, econômicos e políticos da ciência, entre muitos outros (Erduran, 2014; Ideland, 2018). Baseando-se numa perspectiva mais global da HC, essa estratégia pode promover um cenário em que discussões sobre aspectos sócio-institucionais são igualmente importantes àquelas sobre aspectos epistêmicos, sendo ambos integrais para o entendimento da NdC em toda sua complexidade.

Relatos de desenvolvimento de propostas que adotam essa perspectiva intercultural da HC ao selecionar exemplos e construir narrativas sobre NdC são, no entanto, escassos na área de Ensino de Ciências, como argumentado por Erduran (2014), Ideland (2018) e Gandolfi (2018). A maioria das discussões ainda está ocorrendo no 'campo teórico', com autores destacando possibilidades e estratégias, mas sem transformá-las em materiais de ensino e experiências de sala de aula. Neste trabalho irei explorar um projeto que envolveu o desenvolvimento e implementação de sequências didáticas (SDs) com base no modelo intercultural de HC e relacionadas a diferentes tópicos do Currículo Nacional de Ciências na Inglaterra, com foco no impacto dessas propostas na introdução da NdC e de exemplos culturalmente e historicamente diversos sem práticas de sala de aula.

Ciência intercultural: uma experiência de ensino sobre NdC

Nessa seção, especial atenção será dedicada às principais características das SDs desenvolvidas em colaboração com um professor de ciências (professor F) visando a integração de NdC em sua prática através da perspectiva intercultural de HC discutida na seção anterior. A escola participante nesse projeto é uma escola pública de nível secundário em Londres/Inglaterra, com pelo menos 50% de seus 860 alunos tendo o inglês

como segundo idioma; trata-se, portanto, de uma típica escola urbana londrina, com um corpo discente consideravelmente multicultural. Dentre todos os professores de ciências da escola, o professor F, especialista em Biologia e com nove anos de experiência em ensino, foi convidado a participar desse projeto devido ao seu interesse em melhorar sua prática em torno do ensino de NdC, apesar de não ter nenhuma experiência prévia com esse tema. A turma participante foi um 8º ano (12-13 anos) composto de 26 estudantes (42% meninas, 58% meninos) e que tinha duas aulas simples (de uma hora cada) semanais da disciplina de 'Ciências'²⁵ com o professor F.

Durante nosso trabalho colaborativo, quatro SDs diferentes foram produzidas para serem implementadas ao longo de um ano letivo. Levamos em conta o conteúdo regular esperado pelo Currículo Nacional de Ciências na Inglaterra, e exploramos as possibilidades do modelo intercultural de HC para o ensino sobre NdC em conjunto ao conteúdo regular delineado por esse currículo. A escolha de desenvolver quatro SDs estava ligada ao desejo de diversificar nossa experiência com o modelo intercultural de HC, trabalhando com diferentes áreas científicas (Biologia, Química e Física). Os quatro tópicos do currículo para o 8º ano escolhidos para essas SDs foram 'Medicamentos', 'Magnetismo', 'Evolução', e 'Recursos da Terra' – cada um com cerca de cinco horas de ensino e incorporando exemplos e discussões culturalmente diversos sobre ciência.

Após a escolha dos tópicos, esse estudo continuou com o desenvolvimento das SDs, envolvendo essencialmente duas etapas: histórico-epistemológica e pedagógica (Forato et al., 2012). A etapa histórico-epistemológica consistiu no trabalho dentro do campo de HC, incluindo a análise de fontes primárias e secundárias sobre os tópicos escolhidos sob uma perspectiva de História Global da Ciência (Roberts, 2009; Fan, 2012). Esse trabalho foi então fundamentado em visões do conhecimento científico como produto de trocas e colaborações entre diferentes culturas, e da circulação de diversos tipos de conhecimento ao redor do mundo, resultando nas seguintes narrativas que embasaram as SDs:

²⁵ Na Inglaterra, o 8º ano é considerado já de nível secundário e, ainda que as aulas de Ciências não sejam separadas oficialmente nas disciplinas de Química, Física e Biologia, os conteúdos curriculares abordam de forma igualmente proporcional essas três áreas.

Medicamentos: relatos sobre a história dos medicamentos, conhecimento médico, usos dos recursos naturais e tratamentos.

Magnetismo: a história da relação entre ciência e tecnologia, ciências dos materiais, viagens marítimas, mineração e campo magnético terrestre.

Evolução: narrativas histórico-culturais sobre processos de evolução das espécies, relação entre viagens naturalistas, recursos naturais e biodiversidade.

Recursos da Terra: relatos sobre a história do uso e exploração de metais em diferentes sociedades e sobre a relação entre esses recursos naturais, o meio ambiente e o conhecimento químico.

O objetivo durante essa etapa foi coletar informações históricas sobre os usos de medicamentos, narrativas e usos do magnetismo, o desenvolvimento de ideias relacionadas à evolução e extinção de espécies, e sobre a exploração de metais por diferentes culturas ao redor do mundo, dedicando atenção especial ao movimento desses conhecimentos (e materiais) entre diversos contextos ao longo da história. Para a SD sobre Medicamentos, o plano foi destacar, dentre outras coisas: a importância dos recursos naturais para a produção de medicamentos; como os conhecimentos locais e nativos sobre esses recursos foram empregados por culturas específicas; e como os contatos frequentes com outros grupos permitiram trocas, colaborações e adaptações desses conhecimentos resultando na formação da área farmacêutica moderna. Isso abrangeu pesquisas sobre práticas e conhecimentos sobre medicamentos nas tradições dos povos europeus, nativos americanos, africanos, árabes e asiáticos, e sobre os processos de expansão desse conhecimentos por diferentes comunidades através de viagens marítimas e terrestres (como a Rota da Seda e as Grandes Navegações), comércio, migração forçada (diásporas, escravidão), colonização, e viagens naturalistas.

Na SD sobre Evolução, optamos por conectar ideias sobre recursos naturais, biodiversidade e viagens naturalistas, já anteriormente exploradas pela SD sobre Medicamentos, com a narrativa por trás do desenvolvimento da teoria da Evolução, incluindo o mecanismo da seleção natural e biodiversidade. A narrativa central dessa SD se relacionou então com a

construção de ideias e explicações sobre porque as espécies são tão diferentes ao redor do mundo; porque elas estão constantemente mudando; e o impacto da atividade humana e da exploração dos recursos naturais na biodiversidade do planeta.

No caso das SDs sobre Magnetismo e Recursos da Terra, o trabalho sob uma perspectiva histórica global foi também fundamentado em discussões sobre troca e expansão de conhecimentos e materiais. Na primeira sequência, exploramos a relação entre o conhecimento sobre magnetismo e o desenvolvimento da bússola, incluindo discussões sobre propriedades magnéticas e aplicações do magnetismo exploradas por diferentes comunidades (por exemplo, chineses, gregos, indianos e árabes), e como os contatos entre esses povos resultou em diferentes inovações tecnológicas. Da mesma forma, estudos recentes sobre a história da exploração mineral ao redor do mundo foram empregados para informar a elaboração da SD sobre Recursos da Terra, levando em conta o impacto das viagens naturalistas no desenvolvimento de conhecimentos químicos e tecnológicos sobre metais e em técnicas de extração e questões ambientais.

Essa investigação da complexidade histórica e intercultural por trás do desenvolvimento de nosso conhecimento sobre medicamentos, magnetismo, evolução e recursos da Terra resultou em uma grande quantidade de informação, incluindo diferentes exemplos e casos históricos de períodos e culturas diversos. A próxima etapa dessa experiência foi, então, de natureza pedagógica (Forato et al., 2012), envolvendo a criação de narrativas mais simplificadas, mas ainda historicamente significativas e adequadas, que iriam informar as SDs.

Transformar o conhecimento histórico em uma proposta de ensino não é um processo simples ou direto, como discutido por outros no campo de HC e Ensino de Ciências (Höttecke e Silva, 2011; Forato et al., 2012; Rudge et al., 2014). Alguns dos desafios enfrentados aqui foram: selecionar os aspectos da NdC a serem apresentados; selecionar os exemplos históricos a serem usados nas aulas; o nível de contextualização necessário para evitar uma ‘simplificação excessiva’; entre outros. Para superar esses obstáculos encontrados no estágio inicial de desenvolvimento das SDs, seguimos

recomendações de experiências empíricas similares (cf. Forato et al., 2012, p. 677-678), como:

- a) Estabelecer desde o início os objetivos (conteúdos e aspectos da NdC) para cada SD e para cada aula de uma SD.
- b) Escolher os aspectos a enfatizar ou omitir de cada contexto histórico de acordo com os aspectos da NdC a serem explorados pela SD.
- c) Mediar a possibilidade de simplificações e omissões excessivas, tanto em termos científicos quanto históricos.
- d) Contornar a falta de pré-requisitos dos alunos em relação ao seu conhecimento matemático, científico, histórico e/ou filosófico.
- e) Apresentar diferentes exemplos de diferentes contextos culturais/históricos para promover conexões e comparações (sobre conteúdo e NdC).
- f) Optar por abordar questões que despertam a curiosidade dos alunos participantes (os textos e atividades devem ser capazes de promover a interação dos alunos com o assunto).

Os itens (a) e (b) dessa lista foram abordados de forma interconectada, através da seleção dos principais aspectos da NdC que poderiam emergir de uma abordagem intercultural do tema (como visto na tabela 01 abaixo). Esses aspectos selecionados informaram o processo de adaptação dos relatos históricos em uma narrativa intercultural que permitiria ao professor F abordá-los explicitamente.

Tabela 01: Aspectos da NdC explorados por cada SD

Aspectos da NdC	Medicamentos	Magnetismo	Evolução	Recursos da Terra
Influências sócio-culturais na produção do conhecimento científico				
Recursos naturais e a produção do conhecimento científico (incluindo questões ambientais e de propriedade intelectual)				
Natureza coletiva do trabalho científico, trocas e transmissões de conhecimento				
A relação entre ciência, ética, economia/comércio, política, etc.				
Explicações científicas, evidências e testemunho em ciência				
Experimentos, investigações e controle de qualidade em ciência				
A relação (e diferenças) entre ciência e tecnologia				
Observações, evidências e modelagem em ciência				
Ciência é criativa, envolve tentativas e não responde todas as questões				
O papel de controvérsias, discordâncias e processos de certificação (peer review) na ciência				
A relação entre evidência, explicações e teorias				

Os itens (c), (d) e (f), relacionados ao impacto dessas seleções e adaptações no entendimento dos alunos sobre elementos históricos e sobre a NdC e à sua participação nas aulas, foram abordados por meio de um engajamento com suas próprias ideias sobre ciência através do planejamento de questões específicas para serem exploradas durante as aulas. Essas questões foram criadas numa perspectiva de 'avaliação formativa' (Black e Harrison, 2004), não tendo como objetivo verificar o conhecimento dos alunos

sobre NdC de forma declarativa, mas sim de promover discussões que envolveriam diferentes perspectivas levantadas pelos próprios alunos sobre NdC. Portanto, o objetivo era não apenas ouvir as respostas, mas também ouvir o raciocínio dos alunos quando discutindo NdC.

Essa abordagem pode ser ilustrada, por exemplo, por uma tarefa introdutória da SD sobre Magnetismo, onde os alunos foram convidados a ler relatos curtos sobre os usos das propriedades magnéticas por diferentes culturas no passado (comunidades gregas, chinesas, árabes e indianas) e a refletir sobre as seguintes questões:

1. Pensando nesses diferentes exemplos de usos do magnetismo, o magnetismo é algo que podemos ver?
2. Que tipo de evidência temos para isso?
3. Ter provas para algo é o mesmo que saber explicar esse fenômeno?
4. Se o magnetismo não pode ser visto, como você acha que as pessoas aprenderam mais sobre ele?
5. Como você acha que os cientistas hoje em dia investigam e aprendem sobre coisas e fenômenos que não podem ser vistos, como o magnetismo?

Por fim, o item (e) foi explorado através de uma sobreposição dentro e entre as diferentes SD – uma abordagem ‘em espiral’ –, com os mesmos aspectos da NdC fazendo parte de diferentes aulas e tópicos (como visto na tabela 01 acima). Essa abordagem em espiral foi desenvolvida através de uma mistura entre estratégias de ‘enredo’ e de ‘integração’ (Matthews, 1994) ao longo das aulas. A estratégia de ‘enredo’ planeja o ensino de um conteúdo específico (por exemplo, Medicamentos) sob uma “estrutura na qual um tópico de ciência (...) pode ser colocado em uma narrativa em desenvolvimento” (Matthews, 1994, p. 71), o que permite reflexões, comparações e retrabalho de diferentes aspectos da NdC à medida que a narrativa avança.

Enquanto isso, a estratégia ‘integrada’ compreende e planeja o ensino de diferentes tópicos sob uma mesma abordagem histórico-epistemológica (Matthews, 1994), ligando diferentes narrativas (SDs) através de uma perspectiva semelhante – nesse caso, a HC como intercultural. Portanto, essa mistura entre as estratégias de ‘enredo’ e ‘integrada’ informaram a construção de uma abordagem em espiral para as SDs, que acabaram conectando

diferentes tópicos do currículo de ciências através de narrativas histórico-epistemológicas semelhantes baseadas no modelo intercultural de HC.

Outro desafio pedagógico envolvido no desenvolvimento dessas SDs foi a integração de HC/NdC com o conteúdo esperado pelo currículo para o 8º ano. Como argumentado por diferentes autores (Clough, 2006; 2011; Taber, 2008), um trabalho integrado entre NdC e conteúdo pode contornar os obstáculos tradicionais na implementação de práticas inovadoras em salas de aula, tais como limitações de tempo e falta de conhecimento do professor sobre NdC. A abordagem explícita, contextualizada e baseada em questões adotada no desenvolvimento dessas SDs foi importante então para a promoção dessa conexão entre diferentes aspectos da NdC e conteúdos científicos. Ao falar ativamente sobre estes elementos da NdC através de uma estratégia histórica, o conteúdo foi tratado como parte de um processo de produção de conhecimento que acontece em diferentes contextos e através de trocas e colaborações, tornando-se assim um componente natural das aulas.

A integração entre exemplos históricos, aspectos da NdC, questões planejadas e conteúdo regular informada pelas narrativas globais previamente mencionadas foi construída na forma de slides e tarefas a serem exploradas ao longo das aulas de um tópico específico. As figuras 1-4 abaixo (em inglês) exemplificam alguns dos slides e tarefas que faziam parte dessas SDs.

Figura 01: Amostra dos slides usados na SD sobre Medicamentos

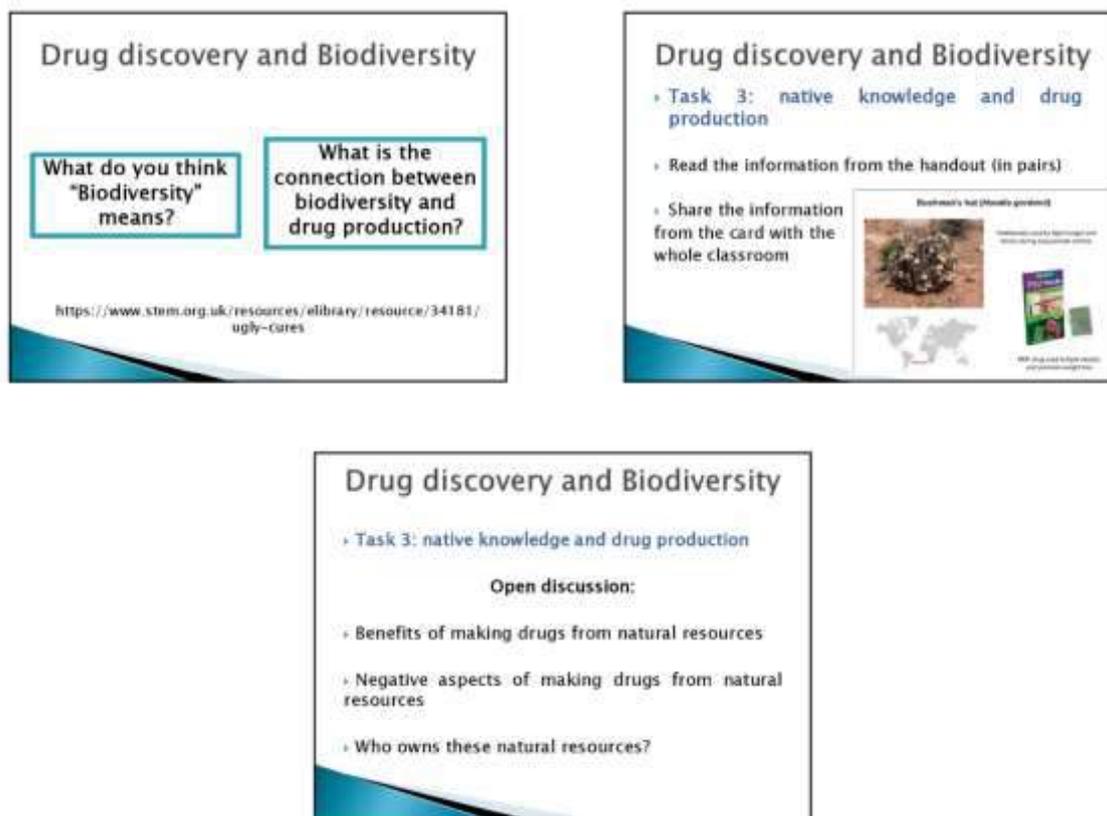


Figura 02: Amostra dos slides usados na SD sobre Magnetismo

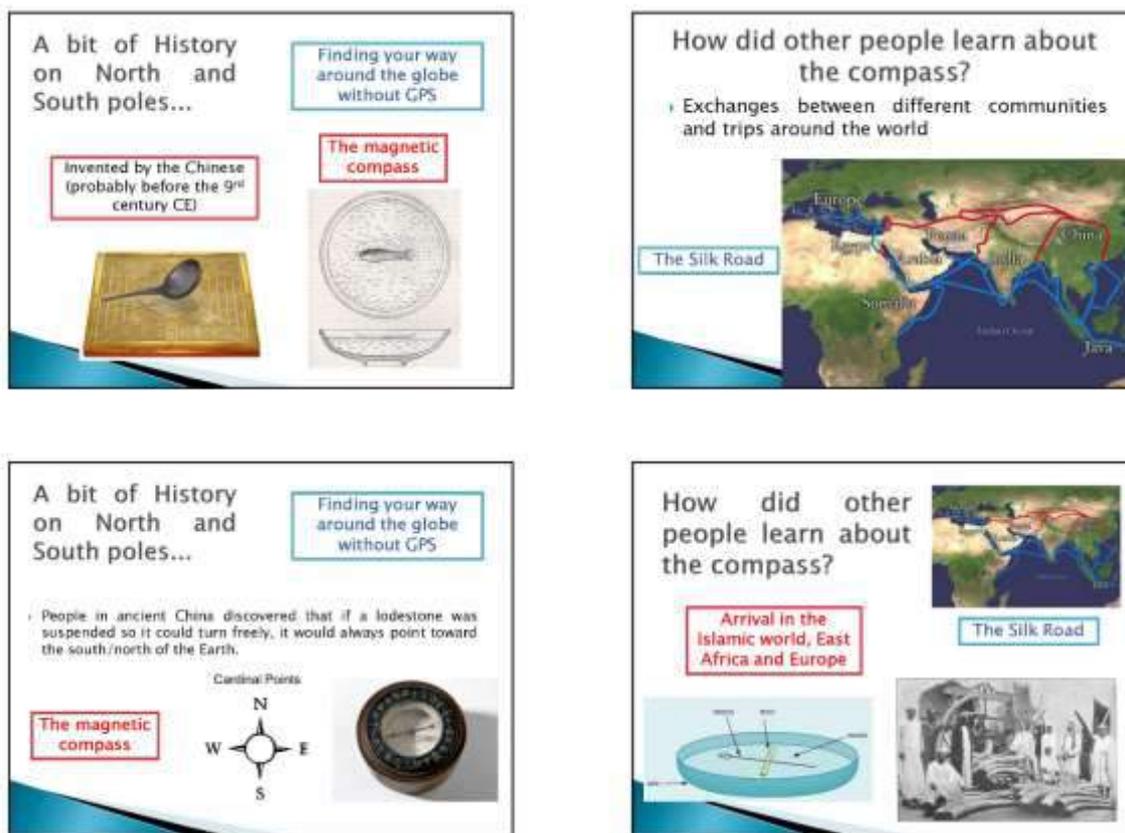


Figura 03: Amostra dos slides usados na SD sobre Evolução

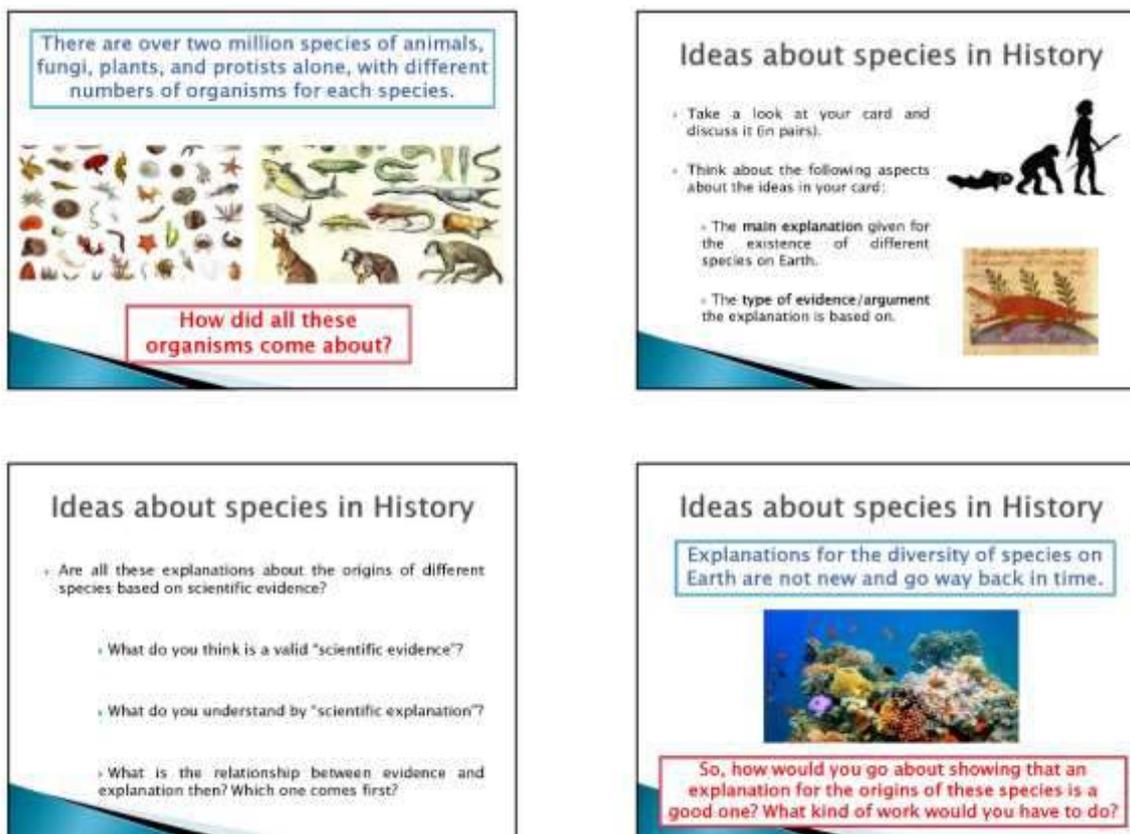
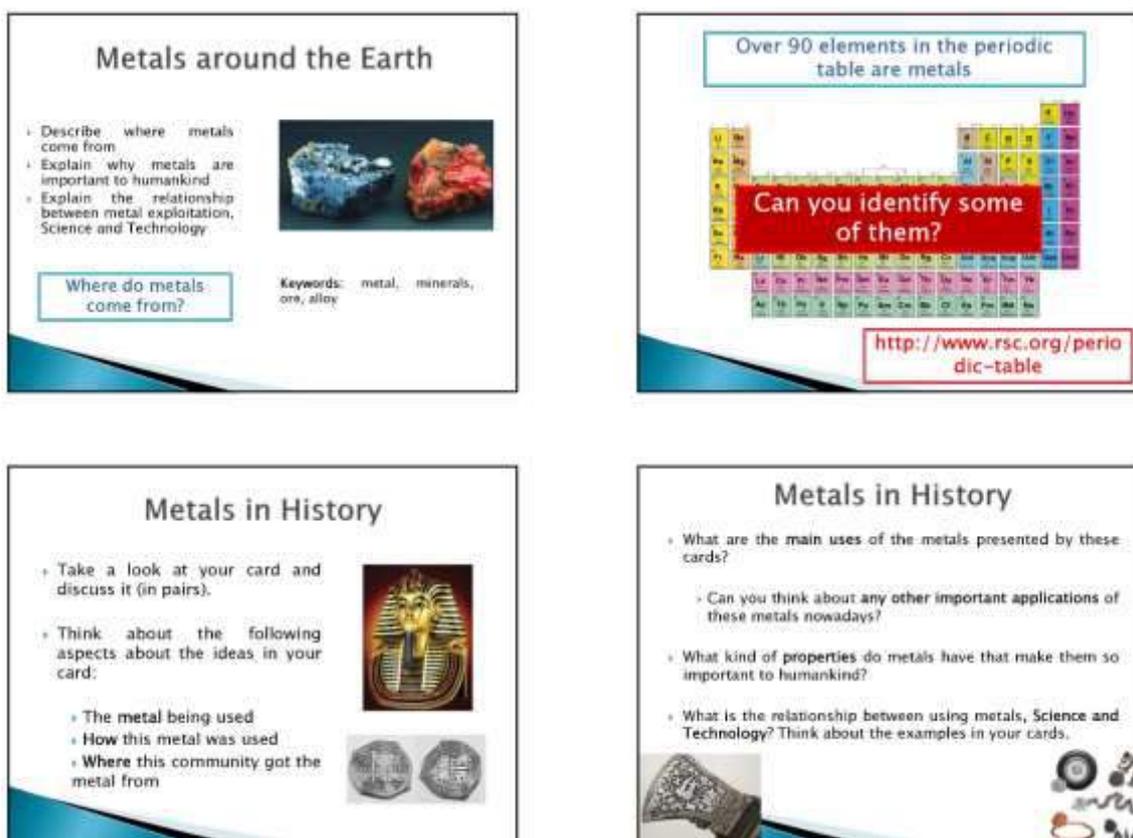


Figura 04: Amostra dos slides usados na SD sobre Recursos da Terra



Ciência intercultural: aprendizagem sobre NdC

O aprendizado sobre NdC resultante do trabalho do professor F com as quatro SDs foi principalmente explorado durante e após o ensino desses materiais, através do uso de diferentes métodos qualitativos de coleta e análise de dados. Uma das principais fontes de informações relacionadas ao entendimento dos alunos sobre a NdC foram os “diários sobre NdC”, escritos após cada aula de uma SD (quando possível) e orientados pela pergunta "o que você aprendeu hoje sobre como o mundo científico funciona?". A tabela 02 a seguir apresenta as principais tendências das ideias dos alunos participantes sobre NdC encontradas nesses diários durante três SD (Medicamentos, Magnetismo e Evolução)²⁶.

²⁶ O trabalho dos alunos nesses diários não foi realizado durante o tópico de Recursos da Terra devido à necessidade de concluir as aulas mais rapidamente durante aquele bimestre para que eles pudessem participar de atividades extra-curriculares promovidas pela escola.

Tabela 02: Exemplos de entradas nos diários de NdC

SD	Tendências encontradas nos diários	Citações nos diários (exemplos)
Medicamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Natureza colaborativa e de longo prazo do trabalho científico; • Conhecimento sobre plantas e medicamentos vem de diferentes lugares do mundo; • A importância da experimentação em ciências. 	<ul style="list-style-type: none"> • "Os cientistas aprendem uns com os outros para aumentar seus conhecimentos." • "Aprendi que pessoas de diferentes países compartilhavam recursos naturais e medicamentos. Isso ajuda na ciência, pois hoje os cientistas podem estudar e criar novos medicamentos baseados na biodiversidade." • "Leva muito tempo para produzir novos medicamentos, porque eles têm que ser testados muitas vezes por segurança."
Magnetismo	<ul style="list-style-type: none"> • Natureza colaborativa e de longo prazo do trabalho científico; • Relação entre ciência e tecnologia. 	<ul style="list-style-type: none"> • "Aprendi que cientistas de diferentes lugares compartilham ideias." • "Eu aprendi sobre a diferença entre Tecnologia e Ciência." • "Eu aprendi que levou muito tempo para os cientistas perceberem como os ímãs funcionam."
Evolução	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de evidências para respaldar idéias científicas; • Relação entre evidências e teorias; • Natureza colaborativa e coletiva do trabalho científico e processos de certificação nas ciências. 	<ul style="list-style-type: none"> • "Aprendemos diferentes teorias e explicações sobre como diferentes espécies surgiram, como a mudança devido ao habitat." • "Os cientistas trabalham através de evidências e explicações, eles estão constantemente pensando em explicações científicas que irão melhorar suas teorias." • "Eles [cientistas] nem sempre concordam. Mas quando eles colaboram entre si e compartilham ideias, são mais bem-sucedidos."

Uma primeira análise da tabela 02 revela que muitos aspectos da NdC originalmente planejados pelas SDs foram de fato identificados pelos estudantes como algo que eles haviam aprendido durante essas aulas. No caso da SD sobre Medicamentos, por exemplo, os alunos escreveram sobre a importância de colaborações, testes, evidências e recursos naturais para o nosso conhecimento sobre a área. Na SD sobre Magnetismo, eles mencionaram discussões sobre Ciência e Tecnologia, colaborações e investigações de longo prazo na área científica. Da mesma forma, seus diários sobre a SD sobre Evolução mostraram o impacto esperado dessas aulas em suas conversas sobre evidências científicas e teorias, trabalho colaborativo e processos de certificação em comunidades científicas.

Curiosamente, podemos ver uma clara influência das discussões planejadas em sala de aula e das tarefas propostas pelo professor F durante essa experiência nas escritas de seus alunos sobre NdC. Durante a segunda

aula da SD sobre Magnetismo, por exemplo, eles trabalharam em uma tarefa sobre a bússola e foram convidados a pensar sobre os possíveis impactos históricos de viagens pelo mundo em diferentes áreas como economia, ciência e tecnologia, política e vida cotidiana. Ideias produzidas por esse trabalho (em duplas) envolveram, dentre outras: “isso poderia beneficiar a política porque os países querem desenvolver negócios entre si”; “as pessoas podem ter acesso a mais recursos naturais”; “isso pode ajudar cientistas a se encontrarem com outros cientistas para compartilhar suas ideias”; “uma empresa vai lucrar mais se puder fazer negócios ao redor do mundo”; “eles [políticos] podem viajar e fazer acordos e negócios”.

Professor F: Você tem um [exemplo de impacto] para ciência e tecnologia?

Aluno D: Então eu disse que, por exemplo, quando falamos na aula sobre medicamentos obviamente nem sempre temos todas as substâncias químicas que precisamos para fazer remédios, então é bom que as pessoas possam viajar para outros países e colaborar com outros cientistas. E, obviamente, se você tem mais pessoas trabalhando e compartilhando conhecimento e materiais, você pode ter mais conhecimento indo para a medicina.

Aqui é importante notarmos como, embora tenha ocorrido em uma aula sobre magnetismo, esse trabalho com aspectos da NdC levou a turma (como exemplificado pelo aluno D acima) a retomar ideias discutidas na SD anterior (Medicamentos). A abordagem espiral adotada no planejamento dessas SDs parece então ter oferecido aos estudantes a chance de entrar em contato com discussões semelhantes sobre NdC em diferentes momentos do ano letivo, permitindo-lhes estabelecer conexões e revisitar essas ideias constantemente.

Outra fonte relevante de informação sobre o envolvimento dos alunos com diferentes aspectos da NdC foi o ‘mapa de ideias’ desenvolvido no final de cada SD por um grupo diferente de quatro a cinco participantes. O objetivo com a construção desses mapas foi estimular a reflexão dos alunos sobre o que eles haviam aprendido sobre NdC ao longo de suas aulas com as SDs, e como todas essas ideias estão interconectadas com o desenvolvimento do conhecimento científico sobre esses tópicos. Este trabalho em grupo foi de natureza não estruturada e gerou um mapa de ideias para cada SD (todos vistos nas figuras 05-08, em inglês).

Figura 05: Mapa de ideias sobre Medicamentos

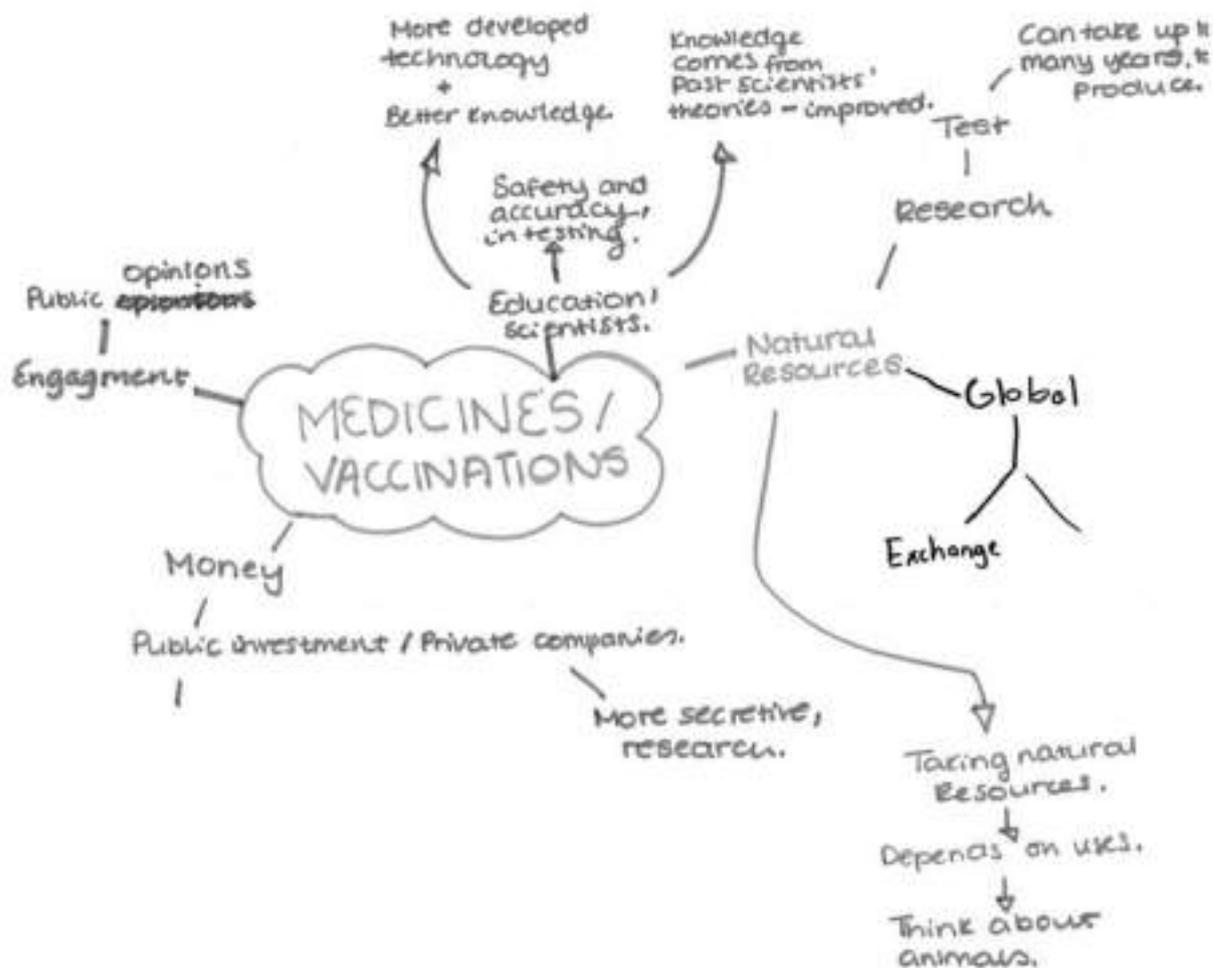


Figura 06: Mapa de ideias sobre Magnetismo



Figura 07: Mapa de ideias sobre Evolução

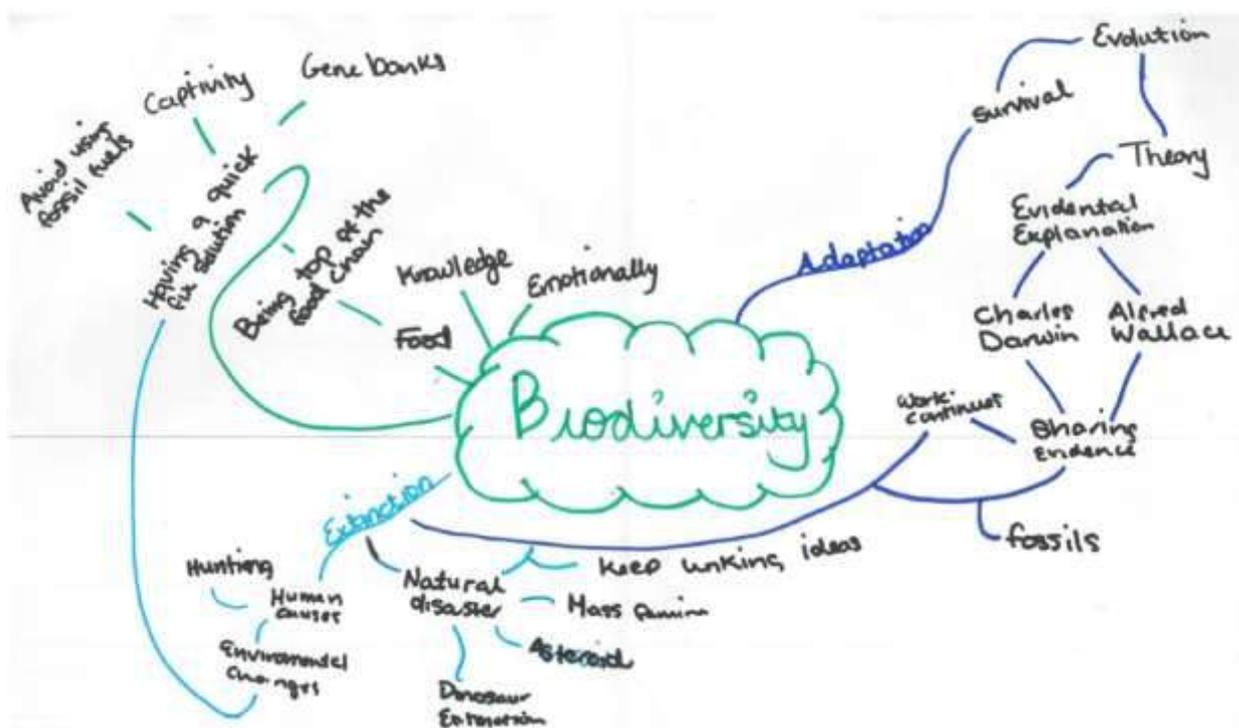


Figura 08: Mapa de ideias sobre Recursos da Terra

medicamentos; e como todo esse processo também está sujeito à influência da opinião pública.

Pesquisador: Então, você disse recursos naturais. Onde os encontramos?

Aluno I: Globalmente.

Aluno J: Indo ao redor do mundo, como através da Rota da Seda.

Aluno K: Da pesquisa sobre esses recursos.

Pesquisador: E como você faz essa pesquisa?

Aluno J: Você os testa.

Aluno I: Para ver se funcionam e se há perigo, ou se existem consequências semelhantes.

Aluno J: Leva tempo.

Aluno I: Sim, vai depender da planta, como é raro, de onde vem.

Aluno K: Pode levar muitos anos.

Aluno J: Eu também acho que depende de quão confiável o teste é.

Aluno I: Se o material puder ser perigoso, você terá que testá-lo várias vezes para garantir que está tudo bem.

No mapa sobre Recursos da Terra (figura 08), por exemplo, também podem ser identificadas várias ideias sobre NdC: “não havia tecnologia suficiente, então eles tinham que se aprofundar mais para encontrar mais informações sobre metais”; “a reciclagem é uma preocupação social porque não haveria tecnologia [sem metais]”; “[precisamos reciclar porque] não temos o suficiente, alguns metais são difíceis de extrair”; “extração [de metais] é cara, [envolve] carbono e aquecimento, [impacta no] aquecimento global”; “devem minerar mais fundo para encontrar mais informações [sobre metais]”; “difícil de extrair”; “[eletrólise] tem que estar sob controle”. Além disso, vale a pena notar como esses mapas incluem não apenas aspectos da NdC, mas também o conteúdo tradicional esperado pelo currículo para o 8º ano.

Esse resultado destaca as possibilidades oferecidas pelas escolhas feitas ao longo do desenvolvimento das SDs, como o uso de narrativas baseadas no modelo intercultural de HC e a abordagem explícita sobre NdC através das questões planejadas, à integração entre conteúdo científico e elementos da NdC, como exemplificado pela discussão entre pesquisador e alunos durante a elaboração do mapa de ideias sobre Magnetismo (figura 06):

Pesquisador: Eu vejo aqui que você tem navegação. Por quê?

Aluno L: Pólo Norte e Polo Sul.

Pesquisador: Ok, por quê?

Aluno M: Porque a bússola pode ajudar a orientar para onde você quer ir. Por exemplo, se você quiser ir a um país no norte, então você pode seguir uma bússola, como a dos chineses que era feita de magnetita.

Aluno N: A força magnética da Terra não é forte o suficiente para nos puxar para baixo, mas é forte o suficiente para guiar a bússola.

Pesquisador: Então a navegação está conectada ao magnetismo terrestre?

Aluno N: Sim, aos campos magnéticos.

Aluno M: E nós também podemos escrever negociações aqui.

Pesquisador: Ok, e por que você está escrevendo sobre isso?

Aluno N: Porque essa é a história, saber usar a bússola ajudou as pessoas a se orientarem, por isso é um desenvolvimento importante. Você está em um navio transportando mercadorias, você poderia usar essa bússola para se localizar.

Aluno L: É importante para o conhecimento também.

Pesquisador: O que você quer dizer?

Aluno L: Porque eles puderam viajar e avançar seus conhecimentos sobre diversos assuntos ainda mais.

Em suma, o principal impacto das SDs nos estudantes parece residir no entendimento da ciência como um processo de produção de conhecimento que envolve trocas, colaborações, trabalho de longo prazo e que está relacionado a diferentes áreas da sociedade. Além disso, esperava-se que o uso de um modelo intercultural de HC para informar o desenvolvimento das SDs gerasse narrativas sobre trabalhos científicos que incluíssem uma exploração mais equilibrada e interconectada de aspectos epistêmicos e sócio-institucionais da NdC, como defendido por outros pesquisadores na área (Erduran, 2014; Erduran e Dagher, 2014; Aragón-Méndez, Acevedo-Díaz e García-Carmona, 2018; Ideland, 2018). Como ilustrado pela presença constante de ideias relacionadas a essa dimensão da NdC nos mapas, diários e discussões em durante as aulas, esse modelo parece ter impactado positivamente o envolvimento dos estudantes com a dimensão sócio-institucional da NdC, destacando seu efeito positivo na inclusão de uma NdC mais ampla, diversificada, intercultural e complexa na ciência escolar.

Considerações finais

Diferentes pesquisadores (Höttecke e Silva, 2011; Hodson, 2014) argumentam que ensinar sobre NdC e conteúdo pode (e deve) ser feito de forma interconectada, com esses objetivos entrelaçados em uma mesma

proposta. Nesse contexto, esse projeto também se interessou pelas notas dos alunos em seu exame de fim de ano aplicado pela escola participante (os quais eram essencialmente focados em conteúdos científicos e não em NdC), avaliando possíveis efeitos positivos, negativos ou neutros das SDs nesses resultados. A média obtida pelos participantes foi de 38% ($n = 26$; $DP = 18\%$) contra uma média de todos os alunos de outros 8º ano nessa escola de 33% ($n = 178$; $DP = 18\%$). Esse grupo participante também se classificou em primeiro lugar entre todas as turmas do 8º ano naquele ano letivo, com 3% acima da média do grupo ficou em segundo lugar.

Embora os valores de desvio padrão sejam muito altos, fazendo com que comparações estatísticas não resultem em uma diferença significativa entre a turma participante e os outros alunos da mesma faixa etária²⁷, podemos ao menos inferir um impacto não-negativo dessa experiência no desempenho dos participantes em seus exames finais. Isso indica as possibilidades que as narrativas interculturais sobre HC empregadas ao longo desse projeto, integrando aspectos da NdC e conteúdo curricular, oferecem a discussões mais explícitas e complexas em sala de aula sobre o trabalho científico, sem perder de vista as demandas curriculares e de avaliação comuns às realidades escolares em diferentes países.

O impacto dessas narrativas interculturais em como os alunos vêm a participação na ciência também foi observado para além de suas ideias específicas sobre a NdC. Durante nossa entrevista ao final do projeto, alguns estudantes destacaram o que haviam aprendido sobre a diversidade da comunidade científica:

Aluno D: Acho que as pessoas esquecem, não é apenas uma pessoa, são muitas pessoas em diferentes lugares trabalhando em muitas ideias.

Aluno E: Foi mais diversificado do que estávamos acostumados, por isso é interessante aprender sobre isso.

Aluno H: Eu gosto porque nós realmente não sabíamos disso; antes era apenas 'aquele cara da Europa', mas nunca pensamos em outras pessoas trabalhando na ciência, como pessoas da África ou da China.

²⁷ Um teste t (duas caudas), por exemplo, não mostra diferença significativa entre essas duas médias, com $t(202) = 0,06$, $p = 0,05$.

Portanto, além de auxiliar na integração de aspectos da NdC (especialmente os de caráter sócio-institucional) às aulas de ciência regulares, as SDs informadas por uma perspectiva intercultural de HC também parecem ter impactado a conscientização dos estudantes sobre contribuições mais diversas para o desenvolvimento científico. Esse resultado ilustra então as possibilidades que a área de História Global da Ciência pode trazer para o Ensino de Ciências em relação ao ensino sobre NdC e aos recentes debates a respeito de 'diversidade na ciência'.

Referências

- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542.
- Aragón-Méndez, M. del M.; Acevedo-Díaz, J. A.; García-Carmona, A. (2018). Prospective biology teachers' understanding of the nature of science through an analysis of the historical case of Semmelweis and childbed fever. **Cultural Studies of Science Education**.
- Black, P. J.; Harrison, C. (2004). **Science inside the black box: assessment for learning in the science classroom**. London: nferNelson.
- Clough, M. P. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. **Science & Education**, v. 15, n. 5, p. 463-494.
- Clough, M. P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. **Science & Education**, v. 20, n. 7-8, p. 701-717.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). **Young people's images of science**. Buckingham; Bristol, PA: Open University Press.
- Erduran, S. (2014). Beyond Nature of Science: The Case for Reconceptualising Science for Science Education. **Science Education International**, v. 25, n. 1, p. 93-111.
- Erduran, S.; Dagher, Z. R. (2014). **Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education**. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Exploring Traditions: sources for a global history of science** (n.d.). Faculty of History - University of Cambridge. Available at: <https://www.hist.cam.ac.uk/research/research-projects/world-history/exploring-traditions-sources-for-a-global-history-of-science>

Fan, F. (2012). The Global Turn in the History of Science. **East Asian Science, Technology and Society**, v. 6, n. 2, p. 249-258.

Figueirôa, S. F. M. (2009). História e Filosofia das Geociências: relevância para o ensino e formação profissional. **Terrae Didática**, v. 5, n. 1, p. 63-71.

Forato, T. C. de M.; de Andrade Martins, R.; Pietrocola, M. (2012). History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 657–682.

Gandolfi, H. E. (2018). In defence of non-epistemic aspects of nature of science: insights from an intercultural approach to History of Science. **Cultural Studies of Science Education**.

Gasparatou, R. (2017). Scientism and Scientific Thinking: A Note on Science Education. **Science & Education**, v. 26, n. 7-9, p. 799-812.

Gondwe, M.; Longnecker, N. (2015). Scientific and Cultural Knowledge in Intercultural Science Education: Student Perceptions of Common Ground. **Research in Science Education**, v. 45, n. 1, p. 117-147.

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 1-20.

Höttecke, D.; Silva, C. C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. **Science & Education**, v. 20, n. 3-4, p. 293-316.

Ideland, M. (2018). Science, Coloniality, and “the Great Rationality Divide”: How Practices, Places, and Persons Are Culturally Attached to One Another in Science Education. **Science & Education**, v. 27, n.7-8, p. 783-803.

Jegede, O. J., & Aikenhead, G. S. (1999). Transcending Cultural Borders: implications for science teaching. **Research in Science & Technological Education**, v. 17, n. 1, p. 45-66.

Kelly, L. B. (2018). An analysis of award-winning science trade books for children: Who are the scientists, and what is science? **Journal of Research in Science Teaching**.

Lee, Y. C. (2018). When technology, science and culture meet: insights from ancient Chinese technology. **Cultural Studies of Science Education**, v. 13, n. 2, p. 485-515.

Matthews, M. R. (1992). History, philosophy, and science teaching: The present rapprochement. **Science and Education**, v. 1, n. 1, p. 11-47.

Matthews, M. R. (1994). **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York, London: Routledge.

Pomeroy, D. (1994). Science Education and Cultural Diversity: Mapping the Field. **Studies in Science Education**, v. 24, n. 1, p. 49-73.

Roberts, L. (2009). Situating Science in Global History: Local Exchanges and Networks of Circulation. **Itinerario**, v. 33, n. 1, p. 9-30.

Rudge, D. W.; Cassidy, D. P.; Fulford, J. M.; Howe, E. M. (2014). Changes Observed in Views of Nature of Science During a Historically Based Unit. **Science & Education**, v. 23, n. 9, p. 1879-1909.

Taber, K. S. (2008). Towards a Curricular Model of the Nature of Science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p.179-218.

Sarukkai, S. (2014). Indian Experiences with Science: Considerations for History, Philosophy, and Science Education. In Matthews, M. R. (org.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 1691-1719.

CAPÍTULO 11 – OS ARES E AS PLANTAS NO SÉCULO XVIII: ASPECTOS FORMATIVOS DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA

Matheus Luciano Duarte Cardoso e Thaís Cyrino de Mello Forato

História das ciências, natureza das ciências, ensino investigativo e a formação de professores

O conceito de fotossíntese é um conteúdo presente em diversos currículos oficiais e sobre o qual a literatura especializada ainda aponta inúmeras concepções inadequadas em materiais didáticos, entre alunos e professores (Almeida, 2005).

A escolha por uma abordagem da História das Ciências (HC), para o ensino desse conceito biológico, se dá por suas diversas potencialidades formativas apontadas pela literatura (Augusto e Basilio, 2018; El-Hani, 2006; Martins. L. 1998; Prestes e Caldeira, 2009). Além de as abordagens históricas permitirem a contextualização de experimentos, conceitos e elementos fundamentais para a elaboração de teorias, Damasio e Peduzzi (2017) destacam outros benefícios, por exemplo, motivar estudantes para o aprendizado das ciências; envolvê-los em debates históricos para promover a competência argumentativa; desenvolver metacognição, fomentar a aprendizagem sobre os processos de pensamento a partir de debates históricos; e propiciar melhor compreensão sobre a natureza das ciências (NDC).

Apesar de não existir uma única visão sobre a NDC entre filósofos das ciências, ou mesmo um consenso a respeito de uma imagem ‘correta’ da atividade científica para o ensino de ciências (Allchin, 2011; El-Hani, 2006; Matthews, 2012; Moura, 2014), muitos estudos recentes inquietam-se com as concepções do professor sobre a ciência e seu ensino e aprendizagem. Preocupa seus efeitos sobre a prática docente e como ela contribui para a imagem que alunos desenvolvem sobre a ciência, pois são as visões do professor sobre o conhecimento científico, e não as visões de especialistas e filósofos, que serão implementadas em sala de aula (Carvalho, 2001).

Assim, cremos ser fundamental preparar o professor para uma reflexão crítica sobre as ciências e seu caráter sócio-histórico, e sobre as implicações que isso traz para sua futura prática profissional, quanto à visões que fomenta e o aluno da escola básica que buscará formar (Forato, 2019). Adotamos a perspectiva do estudo diacrônico e crítico do episódio histórico, evitando uma interpretação essencialista ao exemplificar a pluralidade metodológica das ciências. Desse modo, ao oferecer um contexto para a compreensão de conceitos e teorias das ciências, elucidando aspectos epistêmicos e metacientíficos peculiares (Forato et al., 2017) e fundamentando a concepção das Ciências como constructo sócio-histórico (Moura, 2012), pode-se favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico e promover os direitos humanos na formação de professores e estudantes (Allchin et al., 2014).

Disciplinas que introduzem discussões sobre a História, Filosofia e Sociologia das Ciências possibilitam ampliar a visão sobre os processos de desenvolvimento científico como um todo, assim como da integração existente entre diversos aspectos, áreas e contextos das Ciências (Ferreira, 2018). Diante do desafio de se selecionar conteúdos tão complexos, amplos e associados às concepções que se tem sobre as ciências, seu papel social e seu ensino, torna-se crucial questionar sobre quais disciplinas e abordagens de HC são mais apropriadas para a formação do professor (Forato, 2019). A literatura recente apresenta diferentes possibilidades e indica que os cursos de maior efetividade são aqueles aplicados ou práticos, que buscam incorporar concepções epistemológicas críticas e tenham um caráter explícito e reflexivo acerca da NDC (Ferreira, 2018; Rudge e Rowe, 2009).

Apesar dos avanços, ainda existem lacunas na formação inicial de professores, por cursos comprometidos com essa vertente (Ferreira, 2018; Höttecke e Silva, 2011). A grande maioria das propostas com esse viés ainda tem foco no ensino e não na aprendizagem, tratando-a como uma consequência natural do que consideram boas abordagens instrucionais (Damasio e Peduzzi, 2017).

Tendo em vista a preocupação com processos focados na aprendizagem e em desenvolver uma proposta didática para a formação de professores, adotamos o ensino por investigação (EI), que mobiliza diferentes propósitos formativos. Em geral, podemos identificar a proposição de questões-

problema, procedimentos de investigação, coleta de dados, interpretação de resultados, e ainda, que o processo de aprendizagem dos estudantes se desloca da mera aquisição de conteúdos científicos para uma inserção na cultura científica, trabalhando o desenvolvimento de habilidades que são próximas do “fazer científico” (Azevedo, 2004). Nota-se a importância de se promover situações em que os alunos possam aprender sobre os tipos de afirmações que os cientistas fazem, como avançam nessa construção, que tipos de evidência são necessários para garantir uma ou outra hipótese e como as evidências observacionais podem ser introduzidas e interpretadas pelos padrões da comunidade científica (Trivelato e Tonidandel, 2015). Assim, aspectos epistêmicos da NDC são incorporados na estrutura das atividades e também acabam por representar uma das características do ensino por investigação (Carvalho, 2001).

Nesse tipo de abordagem, o professor deve incentivar a formulação de hipóteses, promovendo condições para a busca de dados, auxiliando as discussões e orientando atividades nas quais os alunos reconhecem as razões de seus procedimentos (Sasseron, 2015). É importante oferecer informações aos estudantes, explicitando os objetivos e procedimentos, de forma que as atividades adquiram sentido para eles. Orientá-los nas ações desenvolvidas ao longo das diferentes etapas da investigação, favorece que se familiarizem com as práticas argumentativas (Jiménez-Aleixandre et al., 2000).

A abordagem histórica em perspectiva do ensino por investigação, formando a chamada abordagem histórico-investigativa, também apresenta diferentes possibilidades (Kipnis, 1996). Heering e Höttecke (2014) apontam diferentes vertentes de uma abordagem histórico-investigativa, ora inspiradas na reprodução de experimentos científicos do passado, ora estruturando as investigações por narrativas históricas interrompidas.

Dentre as possibilidades, Douglas Allchin desenvolveu, na Universidade de Minnesota, uma coleção de estudos de caso baseados em problemas históricos, inspirada na obra de James B. Conant, “Estudo de casos de Harvard sobre história das ciências experimentais” (1957). Considerando limitações e críticas posteriores à coleção de Conant, por exemplo, não contemplar algumas das recomendações atuais sobre o ensino de ciências e não instigar a reflexão dos alunos, Allchin busca introduzir demandas atuais, como destacar também

fatores sociais e culturais na abordagem de aspectos da NDC (p.ex. financiamento, estruturas institucionais ou valores culturais que moldam as ideias científicas); fatores biográficos (como crenças filosóficas pessoais); a cultura material do laboratório e dimensões de gênero e classe, por exemplo (Allchin, 2011). Os chamados *Minnesota case studies*²⁸ exemplificam uma abordagem histórico-investigativa buscando envolver os estudantes em problemas abertos, que são intercalados ao longo de uma narrativa histórica. O nível de autonomia do aluno e a orientação necessária dependerão do contexto educacional e das habilidades do professor em conduzir a discussão. Atividades investigativas de laboratório podem ser integradas e contextualizadas pelas narrativas históricas (mas nem todos os casos de Minnesota incluem laboratórios). Os estudos de caso devem ser histórica, filosófica e sociologicamente bem informados para propiciar uma visão de NDC bem informada, ou apresentariam uma caricatura distorcida, suscetível a preconceitos ingênuos sobre a NDC (Allchin, 2011).

A escolha entre as possibilidades para abordagens histórico-investigativas pode estar relacionada à disponibilidade de recursos, além do bom conhecimento de considerações teóricas. Uma implementação bem-sucedida só poderá acontecer se as abordagens histórico-investigativas realmente atenderem às necessidades e desejos dos professores (Heering e Höettecke, 2014).

Os docentes formadores de professores são os grandes responsáveis para que esse tipo de inovação curricular ocorra, e o seu desafio é desenvolver e implementar processos que tragam elementos formativos que contemplem todas essas dimensões acima discutidas na formação inicial de professores (Forato, 2019). Esse é o interesse em se propor e analisar uma intervenção no contexto de formação de professores, aqui materializada no tema fotossíntese, oferecendo mais subsídios para a reflexão e uso para o docente formador.

Para a organização do recorte histórico em uma abordagem investigativa, propusemos a organização de Unidades Histórico-Investigativas, conforme esclareceremos na próxima seção deste texto. Apresentaremos

²⁸ Allchin apresenta algumas orientações em seu livro *Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources* (Ensinando a Natureza das Ciências: Perspectivas e Recursos), sobre o que ele chamou de: “como escrever um bom estudo de caso?” (*How does one write a good case study?*) (Allchin, 2013, p. 252-257).

também, em uma outra seção, uma síntese do episódio histórico, para ser entregue aos licenciandos depois da aula, como um resumo do que foi discutido, trazendo referências para o aprofundamento. Vale destacar que a omissão ao termo fotossíntese no título da proposta e do texto histórico é proposital, conforme esclarecemos na próxima seção.

A construção de uma proposta didática histórico-investigativa

Matthews (1994) destaca duas tendências para a inclusão da HC nos currículos científicos. A “abordagem inclusiva” onde a introdução de episódios históricos específicos (ou “estudos de caso” de HC) é feita em unidades de um Curso de Ciência padrão. E a “abordagem integrada”, em que a perspectiva histórica serve de linha condutora de todo o conteúdo científico a ser trabalhado com os estudantes em um dado programa de curso (Matthews, 1994). Por mais que ambas tenham seu devido valor, existe uma tendência em prevalecer contribuições pontuais, ao menos até que sejam desenvolvidos suportes mais amplos para projetos de grande escala (Prestes e Caldeira, 2009).

Alinhada à abordagem inclusiva, implementamos uma abordagem histórico-investigativa, considerando particularidades específicas do contexto de aplicação da pesquisa, o curso de Licenciatura em Ciências da Universidade Federal de São Paulo, em Diadema, região metropolitana de São Paulo. Composto por quatro matrizes curriculares distintas, relativas às trajetórias específicas em Biologia, Física, Matemática ou Química, os discentes devem optar por uma das áreas, cujas unidades curriculares específicas são oferecidas nos dois últimos anos do curso.

A proposta didática desenvolvida teve como inspiração os estudos de caso de Minnesota, no entanto, considerou, também, outros referenciais teórico-metodológicos. A delimitação do episódio histórico e a construção da proposta contaram com a perspectiva da transposição didática de conteúdos da história das ciências para o ambiente educacional (Forato, 2009), com fundamentos do ensino por investigação (Heering e Höettecke, 2014; Sasseron, 2015; Trivelato e Tonidandel, 2015), com elementos para uma

formação crítico-transformadora (Moura, 2012), além do modelo de estudo de caso histórico de Allchin (2011)²⁹.

Tendo em conta o contexto educacional, o conceito curricular “fotossíntese” e a delimitação do recorte foi relevante propor questões de investigação voltadas também aos conceitos científicos, enquanto a aprendizagem sobre a NDC é o foco principal das questões presentes nos estudos de caso apresentados por Allchin (2011). Ambos os componentes aparecem, tanto em um caso como no outro, a diferença está na ênfase dada, por quem elabora a narrativa e pelo professor que a utiliza. Assim, foi necessário selecionar, no próprio recorte histórico já delimitado, as informações mais relevantes para o contexto educacional e mais adequadas a cada um dos nossos objetivos pedagógicos. Como coloca Martins (2010, p. 4-7):

“[...] cada acontecimento histórico sofre muitas influências diferentes. Algumas delas são mais importantes, outras menos, mas é difícil analisar essas diferenças. [...] há uma rede de inúmeras influências que vão interagindo entre si, produzindo efeitos parciais, e tudo isso influencia cada situação histórica que se quiser analisar. [...] A partir do caos histórico, o historiador cria uma ordem compreensível, através de um processo de seleção daquilo que é descrito e pelas conexões que ele próprio inventa. Mesmo se sua seleção não levar a uma história linear, houve uma omissão de inúmeros aspectos, e uma grande simplificação da complexidade histórica. Deixar de selecionar e resumir é impossível.”

Durante a elaboração da proposta, visando a organização necessária para conciliar a abordagem histórica com o ensino por investigação, dividimos o recorte histórico propondo o que chamamos de Unidades Histórico- Investigativas (UHI) (Cardoso, 2018). Cada unidade de investigação busca apresentar um problema a ser debatido ou selecionado. O quadro com os conteúdos presentes em cada UHI destaca os elementos dos fenômenos da natureza a serem investigados, em seu respectivo contexto histórico, de modo a oferecer informações que permitam a conjectura de hipóteses e a reflexão explícita sobre conceitos das ciências e aspectos da NDC. Isso nos permitiu

²⁹ Devido às limitações de espaço, apresentamos uma breve síntese da metodologia de construção da proposta, a qual pode ser encontrada com mais detalhes em Cardoso (2018, p. 32-62).

avaliar se todas as informações necessárias estariam sendo oferecidas aos estudantes (Jiménez-Aleixandre et al., 2000).

Elaboramos uma forma de organização desses diferentes elementos em um quadro que organiza uma UHI, com informações que pretendem motivar os alunos e conferir significado ao problema em questão. Para compor cada UHI elencamos os tópicos: O tema da UHI; informações relevantes sobre o contexto (O que é crucial para contextualizar a resolução do problema, no tempo disponível para a implementação da unidade); conceitos científicos que o contexto permite abordar; aspectos de NDC que cada recorte permite explicitar; fenômeno a ser investigado; problema que os filósofos naturais ou cientistas buscavam solucionar; e a estratégia didática alinhada à perspectiva de ensino por investigação (Cardoso, 2018).

Apresentamos um exemplo no quadro 1, a seguir, com a síntese da UHI 1.

Quadro 1: Unidade 1 - Contexto do século XVIII e o ar fixo

Unidade Histórico-Investigativa 1	
Tema	Aspectos do contexto do século XVIII europeu; Os 4 elementos e o Ar fixo
Informações relevantes sobre o contexto	Ideais Iluministas Mudanças sociais e revoluções Divulgação do conhecimento, para além do público acadêmico Desenvolvimento de equipamentos Teoria dos 4 elementos Ar fixo - Joseph Black (1728 - 1799) Joseph Priestley muda-se para próximo de uma cervejaria e decide investigar o ar fixo liberado na produção da cerveja
Conceitos científicos	A teoria dos 4 elementos Desprendimento de ar fixo na produção de cerveja
Aspectos de NDC observados	Influências das teorias e do contexto social na observação do fenômeno
Fenômeno a ser investigado	O ar fixo desprendido pela produção da cerveja
Problema	Pensando em 1771... Quais tipos de experimentos Joseph Priestley poderia ter feito com esse "ar fixo"?
Estratégia didática	Uso de <i>slides</i> , com conteúdos e imagens de experimentos, discussão em grupos com elaboração de hipóteses e propostas de experimentos, seguida de socialização com o resto da classe

Fonte: Cardoso (2018, p. 60)

Esta primeira UHI faz parte da proposta didática implementada, um estudo de caso histórico intitulado “Mistério no ar: investigação no século XVIII”³⁰, e foi dividida em cinco UHIs:

Unidade 1 - Contexto do século XVIII e o ar fixo

Unidade 2 - Joseph Priestley, experimentos e o flogisto

Unidade 3 - Jan IngenHousz, planta e luz

Unidade 4 - Jean Senebier e as plantas em água

Unidade 5 - Química de Lavoisier e desdobramentos

Como se observa no exemplo no quadro 1, acima, os quadros de cada UHI explicitam os temas e as informações necessárias a serem oferecidas aos estudantes, em cada etapa da proposta didática. Com isso, pôde-se confrontar os objetivos formativos pretendidos, com os conteúdos abordados no tempo didático disponível, para o contexto educacional. Essa análise foi apoiada por reflexões propostas em Forato (2009), que auxiliam reflexões sobre a consistência da transposição didática de conteúdos da HC para a sala de aula³¹ (Cardoso, 2018).

A omissão do termo “fotossíntese” no título do estudo de caso é proposital, uma vez que a narrativa busca problematizar ideias anteriores, que contribuíram para o surgimento desse conceito. Isso é necessário para que os licenciandos se engajem nos problemas que vão sendo propostos, sem conhecerem a solução que os filósofos naturais viriam a propor para os fenômenos estudados. Depois de conjecturarem experimentos, hipóteses explicativas e vivenciarem toda a proposta didática, o termo fotossíntese foi apresentado na parte final da investigação. Partindo do estudo sobre os diferentes tipos de ares que eram conhecidos pelos filósofos naturais do século XVIII, são apresentados alguns indícios acerca da relação entre o ar e as plantas. No decorrer do estudo de caso, surgem pesquisadores do período e os licenciandos são convidados a pensarem nos problemas da época, considerando os aspectos do contexto, como tecnologia, sociedade, religião, inclusive ideias das ciências que diferem do arcabouço teórico atual, como a

³⁰ Um resumo do recorte histórico será apresentado na próxima seção, esclarecendo sobre os conteúdos dessas UHIs.

³¹ Essa análise é apresentada entre as páginas 32 e 39 de Cardoso (2018).

teoria dos quatro elementos ou a ideia do flogisto, por exemplo (Cardoso, 2018).

A exposição de uma narrativa histórica, apresentada com o auxílio de *slides*, é interrompida em determinados momentos para que sejam respondidas algumas questões-problemas enunciadas pelo título “PENSANDO BEM...”, buscando promover a reflexão a partir de atividades investigativas (Cardoso, 2018), por exemplo:

[1]... Quais experimentos poderiam ser feitos com esse “AR FIXO”? (Atividade de discussão em pequenos grupos seguida de socialização para a classe).

[2]... Considerando a Teoria do Flogisto qual explicação seria possível para os fenômenos observados por Priestley? (Discussão em pequenos grupos com registro por escrito das conclusões).

[3]... O que você investigaria? Quais variáveis Priestley pode ter deixado passar? (Levantamento de hipóteses com anotação das sugestões na lousa).

[4]... Agora que os autores substituíram a Teoria do Flogisto pela química de Lavoisier, como explicar suas ideias? (Atividade individual escrita guiada por ilustrações de montagens experimentais).

Outras questões também foram apresentadas, porém, de forma aberta para o grupo todo, sem serem seguidas por uma atividade específica, como por exemplo: O que Joseph Priestley estava procurando? Como ele acendia a vela que estava dentro de uma campana de vidro? É possível que o camundongo viva indefinidamente confinado com uma planta? Mas como se sabia se tinha muito ou pouco flogisto no ar? Jean Senebier desenvolveu um método para que voltasse a desprender o ar desflogisticado. Qual era esse método?

Esse estudo de caso buscou envolver as concepções de NDC e dos conceitos científicos dos licenciandos, além de motivar o interesse dos futuros docentes pela investigação, situando a pesquisa em contextos humanos e culturais.

Na próxima seção será apresentada uma síntese do episódio histórico, visando esclarecer sobre os conteúdos que integraram a proposta didática, implementada na formação inicial de professores de Ciências/Biologia. Essa síntese foi escrita em linguagem coloquial, mas com o cuidado de manter os termos utilizados na época, buscando oferecer um resumo do conteúdo

discutido em aula. Ela deve ser entregue apenas depois da aula, como apoio para os licenciandos revisarem as informações e encontrarem referências para o aprofundamento de seus aspectos.

Síntese do episódio histórico: O contexto dos estudos sobre os ares e as plantas no século XVIII

No continente europeu, o século XVIII, foi marcado por inúmeros movimentos intelectuais e profundas mudanças sociais e culturais. Embora com peculiaridades intrínsecas aos diferentes países, algumas características foram recorrentes na maior parte destes (McClellan III, 2008). Um exemplo é a perspectiva que defendeu a razão como principal fonte de autoridade e legitimidade. Ainda, a defesa de ideais associados à liberdade, ao progresso, à tolerância e à fraternidade, bem como a apologia dos modelos constitucionais de governo e o crescente questionamento da ortodoxia religiosa – que sugeria uma separação entre Igreja e Estado – tornaram-se marcas dos movimentos sociais em grande parte do continente europeu (Silva et al., 2012).

No início do século XVIII, o ensino da filosofia natural ocorria, predominantemente, nas universidades; poucas pessoas, além dos homens de uma elite intelectual, tinham acesso aos estudos. Mas, ao longo dos Setecentos, instituições educacionais alternativas foram estabelecidas, oferecendo ensino sobre a nova física e a filosofia natural, e alcançando um público um pouco mais amplo (McClellan III, 2008). O crescente interesse popular pela filosofia natural estimulou o patrocínio de governos, sociedades eruditas e indivíduos com posses, reorganizando os estudos dessa área em academias nacionais, observatórios e jardins botânicos, e ampliando as formas de publicação e comunicação dos desenvolvimentos ocorridos em quase todas as áreas do conhecimento (McClellan III, 2008). A grande maioria dos filósofos naturais mantinha relações estreitas com as sociedades de ciências, e participava de discussões e reconhecimento entre pares, experimentações e observações como formas de aprofundamento do conhecimento e de sua divulgação (Olios, 2004). Em 1789, já havia cerca de setenta sociedades espalhadas por toda a Europa. Essas sociedades ofereciam os conhecimentos técnicos necessários para os Estados que se organizavam e, em troca,

recebiam reconhecimento formal, legal e, muitas vezes, apoio financeiro (Hankins, 2002).

A mentalidade da época ressaltava o uso do conhecimento para fins práticos e o desenvolvimento de novos instrumentos trazia novas possibilidades ao mundo da filosofia natural. Instrumentos ópticos, a máquina elétrica, a bomba de ar e o microscópio tornaram-se cada vez mais populares no período (Hankins, 2002).

Nesse contexto, viveu Joseph Priestley (1733 – 1804). Nascido na Inglaterra, ele foi criado por avós e tios protestantes. Estudou línguas, matemática, filosofia e física, e tornou-se pastor aos 22 anos. Em paralelo às atividades religiosas, escreveu obras sobre educação e demonstrou grande interesse e dedicação aos estudos em filosofia natural (Martins, 2009). Entre os vários temas aos quais se dedicou, Priestley pesquisou a eletricidade, despertando o interesse de muitos contemporâneos que acabaram por indicá-lo como membro da *Royal Society*, em 1766.

Nessa época, a filosofia natural pautava-se fortemente na ideia dos quatro elementos (fogo, ar, água e terra), influenciando estudos sobre os diferentes tipos de ares, que nada mais eram do que o elemento ar carregado de eflúvios, que poderiam diferenciar suas características (Tosi, 1989). O médico escocês Joseph Black (1728 - 1799), por exemplo, observou que a magnésia e o calcário perdiam peso durante seu aquecimento e desprendiam um tipo de ar que ele chamou de ar fixo. Em 1757, Black mostrou que esse mesmo ar fixo era emitido pelos pulmões na respiração, na combustão do carvão e, também, na fermentação da cerveja (Hill, 1971). O ar fixo era parecido com o ar comum, porém, em vez de subir quando liberado na fermentação, ficava acima do líquido dentro dos recipientes, ou descia por suas bordas até o chão. Black observava fenômenos e construía proposições ou hipóteses para tentar explicá-los a partir de sua concepção sobre a natureza da matéria, pautada na ideia dos quatro elementos.

Naquele contexto de divulgação da filosofia natural, outros pensadores tomaram conhecimento destes resultados. Por volta de 1771, morando próximo a uma cervejaria, Joseph Priestley começou a observar o ar fixo que se desprendia durante a fermentação e passou a fazer experimentos (Martins,

2009). Mas, quais tipos de experimentos poderiam ser feitos com esse ar fixo, naquela época?

Observava-se que, quando uma vela acesa e qualquer outro objeto pegando fogo eram colocados em contato com o ar fixo, a chama apagava imediatamente. Sabia-se, também, que animais mantidos dentro dessa atmosfera poderiam morrer em pouco tempo. Priestley manteve um gato confinado em ar fixo até que ele morresse. Fez experimentos com insetos, lesmas e sapos, procurando verificar quais resistiam mais tempo no ambiente do ar fixo (Martins, 2009). Ao colocar água perto dos recipientes de fermentação, ele percebeu que a água absorvia esse “ar fixo” e adquiria um sabor levemente ácido. Isso levou à publicação, no verão de 1772, de um panfleto sobre a fabricação de água gaseificada, até então encontrada apenas em algumas fontes minerais naturais (Hill, 1971).

Como membro da *Royal Society*, Priestley era responsável por apresentar periodicamente diferentes experimentos. Isso o manteve na investigação relacionada à produção de ar fixo, estudando detalhadamente o ar comum sob os efeitos da queima de velas (ou outras chamas) e da respiração animal, buscando entender as propriedades dos ares. Muitas perguntas inspiravam-no; uma delas dizia respeito às formas como uma atmosfera, continuamente danificada pela combustão e respiração, não chegava a seu limite e se deteriorava por completa

Sabia-se que a respiração animal e a queima de uma vela só seriam mantidas por pouco tempo em um recipiente fechado, e ambas produziam ar fixo. Priestley já havia realizado experimentos colocando ramos de hortelã na presença do ar fixo e a planta havia morrido. Resolveu, então, fazer um experimento para investigar o comportamento da planta no ar comum (Martins, 2009).

“Poder-se-ia imaginar que, como o ar comum é necessário igualmente para a vida animal e para a vegetal, que tanto plantas quanto animais seriam afetadas da mesma maneira; e confesso que tinha essa expectativa quando coloquei pela primeira vez um ramo de hortelã dentro de uma jarra de vidro, invertida sobre um recipiente de água; mas ela cresceu lá durante meses...” (Priestley, 1772, p.166-167 *apud* Martins, 2009).

Priestley começou a conjecturar se as plantas poderiam ser a resposta para sua pergunta, ou seja, se elas seriam a provisão da natureza que permitiria modificar o ar de forma positiva ao invés de piorá-lo, como acontecia com a respiração. Tal reflexão fez com que seguisse adiante com as investigações que utilizavam velas, ramos de hortelã e camundongos:

“[em] 17 de agosto de 1771 eu coloquei um ramo de hortelã em certa quantidade de ar na qual uma vela de cera havia se apagado, e descobri que, no dia 27 do mesmo mês, uma outra vela queimou perfeitamente bem dentro dele [...] Várias vezes eu dividi em duas partes a quantidade de ar na qual a vela havia se apagado, e colocando a planta em uma delas, deixei a outra exposta do mesmo modo, contida também dentro de um recipiente de vidro imerso em água, mas sem nenhuma planta; e nunca deixei de observar que na primeira, uma vela conseguia queimar, mas não na segunda.” (Priestley, 1772, p.168 *apud* Martins, 2009)

“Eu tomei uma quantidade de ar que havia se tornado completamente nociva por camundongos, que haviam respirado e morrido nele, e o dividi em duas partes, uma das quais coloquei em um frasco imerso na água, e no outro eu coloquei um ramo de hortelã e depois de oito ou nove dias, descobri que um camundongo ficava perfeitamente vivo na parte do ar onde havia crescido o ramo de hortelã³², mas morria no instante em que era colocado na outra parte da mesma quantidade original de ar que eu havia mantido exposto da mesma forma, mas sem nenhuma planta crescendo nela” (Priestley, 1772 p. 193-194 *apud* Martins, 2009).

No decorrer de 1772, Priestley apresentou resultados de suas experiências à *Royal Society* (que envolviam também processos de combustão), resultando no artigo “Experimentos e observações sobre diferentes tipos de ar” (Magiels, 2010). Entretanto, nessa época, os próprios conceitos de fogo e combustão eram discutidos, e a chamada Teoria do Flogisto, apresentada pelo médico alemão George Ernst Stahl (1660-1734) em 1702, tinha grande aceitação.

De acordo com Stahl, o flogisto não poderia ser criado nem destruído, se constituindo naquilo que cria o fogo. Liberado em processos que só ocorrem na presença do ar, como na

³² Muitos livros didáticos trazem uma imagem com um rato e uma planta dentro de um recipiente fechado, sugerindo, erroneamente, que ambos poderiam sobreviver indeterminadamente ali, pois um supriria o ar necessário para o outro (Martins, 2009).

combustão, ele passa para a atmosfera e assume diferentes formas, como chamas, nuvens, raios. Ou seja, o flogisto é um elemento eterno na natureza, que passa de um ente para o outro. Isto respondia questões como a impossibilidade de ocorrer combustão de materiais no vácuo, onde não haveria ar para a transformação do flogisto (Silva et al., 2013, p. 505).

Em um período de crescente racionalismo empirista, os entes inobserváveis, como o flogisto, passaram a ser considerados problemáticos. Porém, para muitos filósofos naturais, no caso do flogisto, o inobservável ainda desempenhava importante papel explicativo para as teorias do período. Joseph Priestley era um dos adeptos da Teoria do Flogisto, na qual pautava as explicações para seus experimentos (Martins, 2009). Mas qual relação poderia ser estabelecida entre uma vela, um rato, uma planta e o flogisto?

Priestley aceitava que, em "processos flogísticos", como a respiração animal, a combustão e a putrefação, o flogisto seria distribuído para o ar. Conjeturava que um volume confinado de ar logo ficava saturado de flogisto, tornando-se assim viciado ou "flogisticado". Como esse ar não podia absorver mais quantidades de flogisto, emitido pela chama ou pelo animal, estes pereciam prontamente devido à acumulação. A restauração do ar viciado só poderia ser trazida por algum agente capaz de "desflogisticá-lo". Priestley considerou as plantas como esse agente e, assim, apresentou a ideia e o termo "ar desflogisticado", um ar considerado mais puro por conter menor quantidade de flogisto (Martins, 2009).

Mas, se existiam ares com mais flogisto, e outros com menos, como seria possível mensurar a quantidade de flogisto em determinada amostra de ar? Para isso, Priestley utilizava o chamado teste nitroso, cujo princípio básico era juntar a medida do ar a ser testado a uma medida de outro ar conhecido na época, o "ar nitroso". Descrito por John Mayow (1643-1679), esse ar estaria contido em todos os ácidos e seria necessário para a combustão e a respiração (Martins, 2009). Ao adicionar o ar a ser testado ao ar nitroso, formava-se um vapor vermelho que se dissolvia em água, diminuindo o volume de ar restante. Essa diminuição era considerada uma medida da "bondade" do ar. Quanto mais ar desflogisticado na amostra testada, mais o volume desaparecia. O ar muito puro, ou seja, saturado de ar desflogisticado, resultava em diminuição maior do que o ar comum (Magiels, 2010).

Interessante observarmos processos complexos envolvidos na conjectura de hipóteses, e sua refutação ou validação por parte da comunidade. Em 1777, diferentes pesquisadores não conseguiram replicar os resultados de Priestley; aliás, o próprio Priestley tinha dificuldades em reproduzir muitos de seus experimentos (Magiels, 2010). Isso criou um ambiente favorável para que Priestley realizasse mais experimentos durante a primavera e o verão de 1778. Dessa vez, apresentou os fatos observados afirmando não ter grande apego a qualquer hipótese em particular, e sugeriu que seu leitor tirasse suas próprias conclusões.

Foi isso o que muitos fizeram, entre eles o médico holandês Jan IngenHousz (1730-1799). Com interesses amplos sobre a filosofia natural, o médico serviu às casas reais da Inglaterra e da Áustria em diversas ocasiões, atuando inclusive na inoculação contra a varíola. Seu interesse na purificação do ar pela vegetação foi despertado durante a premiação de Priestley, com a Medalha Copley da *Royal Society* (1773) (Hill, 1971). Ao entregar o prêmio, Sir Jon Pringle (1707-1782), presidente da *Royal Society*, e amigo da família IngenHousz, referiu-se como brilhante a “descoberta” de Priestley sobre o equilíbrio da natureza, sendo animais e vegetais complementos vitais uns para os outros. O prestígio e o retorno financeiro eram aspectos valorizados pelas sociedades de ciências da época, influenciando as áreas estudadas e fortalecendo determinadas visões sobre a natureza.

IngenHousz era um homem de devoção religiosa e a ordem natural sobre a qual Priestley falava era de uma beleza que o impressionou bastante. Durante o período em que viveu em Viena (1773-1779), IngenHousz não teve o tempo, tampouco as facilidades, para desenvolver trabalhos experimentais a esse respeito. Contudo, em 1779, durante alguns meses de ausência de seu posto como médico da família real austríaca, ele voltou para a Inglaterra e, ao final de julho, deu início a uma série de experimentos sobre as plantas e o ar, sobre os quais ele manteve um diário meticulosamente detalhado (Magiels, 2010). Durante o verão, ele realizou mais de 500 experimentos que ajudaram a preparar seu livro, “Experiências sobre Vegetais” (1779).

IngenHousz isolou alguns fatores que poderiam influenciar a purificação do ar (ou produção de ar desflogisticado) pelas plantas. Ele isolou duas plantas em frascos de vidro separados, colocou um na soleira da janela ao sol, e o

outro em um lugar sombreado. Com a ajuda do teste nitroso, verificou que o ar na jarra exposta à luz melhorava após algumas horas, enquanto piorava o ar no frasco sombreado. Então, inverteu o experimento, colocando o frasco que estava perto da janela na sombra e vice-versa, e notou que os ares nos dois jarros, depois de algumas horas, estavam revertidos em qualidade (Matthews, 2009). IngenHousz mostrou que esse processo ocorria quando as plantas eram iluminadas diretamente pela incidência da luz solar, pois não se obtinha o mesmo resultado em um cômodo aquecido.

Considerando a teoria do flogisto, IngenHousz propôs muitas explicações: à luz do sol, as plantas emitiam um ar desflogisticado, melhorando assim o ar viciado e tornando o ar comum um pouco melhor; quanto mais intensa a iluminação, mais vigorosa era essa função (“purificação” do ar); o sol não tinha poder para reparar o ar sem a presença de plantas; as folhas jovens não pareciam produzir tanto ar bom quanto as cultivadas há mais tempo; a planta inteira não participava nessa função, exercida apenas pelas folhas verdes e os talos da planta, e somente quando esses membros estavam iluminados; raízes, flores, frutas, seja na luz ou no escuro, viciavam a atmosfera; todas as plantas contaminavam o ar ao redor durante a noite, embora algumas piorassem mais que outras (Magiels, 2010).

Ele estava, aparentemente, muito impressionado com essas duas capacidades paradoxalmente opostas das plantas, as vezes melhorando e as vezes viciando a atmosfera. IngenHousz chamou a atenção para elas no subtítulo de sua obra “Experiências sobre Vegetais – Descobrimo seu grande poder de purificar o ar comum na luz do Sol e de prejudicar na sombra e na noite” (1779), o que fez com que seus mais de 500 experimentos fossem estudados por muitos pesquisadores, entre eles Jean Senebier (1742-1809), um pastor e botânico genebrês³³, escritor e experimentalista metuculoso.

Senebier replicou muitos experimentos de IngenHousz (Kim, 1995). Nesse momento, o papel da iluminação para que o processo de produção de ar desflogisticado pelas plantas ocorresse já estava sendo contemplado pelas pesquisas. O que despertou o interesse de Senebier foi a descrição de

³³ Na época, Genebra era um estado independente.

IngenHousz, , sobre as folhas verdes não produzirem "ar desflogisticado" em água destilada e fervida (Kim, 1995).

Senebier estudou plantas submersas em água, observando o desprendimento desses ares. Ele colocou folhas dentro de dois recipientes, um deles contendo água fervida, o outro com água contendo "ar fixo". No primeiro caso, as folhas não produziram ar desflogisticado mas, no segundo caso, sim. Observou que, depois de algum tempo, as folhas paravam de desprender o ar desflogisticado (Martins, 2009). Mas o que poderia ser feito para que as plantas voltassem a produzir o ar desflogisticado? Senebier reparou que, mesmo colocando folhas novas na água, nada acontecia; porém, ao renovar a água com ar fixo, notou que a produção de ar desflogisticado recomeçava (Kim, 1995). Assim, obteve uma série de indicações de que a quantidade de ar desflogisticado produzida pelas folhas submersas estava diretamente relacionada à quantidade de ar fixo fornecido a elas (Nash, 1957).

Entretanto, naquele contexto de racionalismo e empirismo, a busca por banir a metafísica da ciência intensificava cada vez mais os questionamentos sobre o flogisto (Silva et al., 2013). Nesse panorama, surgiu a obra de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), um aristocrata francês com destaque na Academia de Ciências de Paris. Apresentando "O tratado elementar de química" (1789), um trabalho em que refutava a teoria do flogisto, ele retomou a ideia de conservação da massa³⁴, propôs a definição de elemento químico e uma nova nomenclatura para a química. Enquanto isso, Priestley considerava o ar como uma substância elementar, e afirmava ter encontrado um "ar deflogisticado", ou seja, o elemento "ar" sem o flogisto. Lavoisier considerava que o ar não seria mais um dos quatro elementos, e sim uma mistura de elementos simples (Tosi, 1989).

Em suas "Experiências sobre a ação da luz solar na vegetação" (1788), Jean Senebier utilizou a nova nomenclatura de Lavoisier e estabeleceu que as plantas absorviam gás carbônico (antigo ar fixo) e liberavam oxigênio (antigo ar desflogisticado) na presença de luz (Magiels, 2010). Um ano depois, IngenHousz também aderiu à química de Lavoisier, e concluiu que as partes verdes das plantas produziam oxigênio sob a luz do Sol, e produziam gás

³⁴ Martins e Martins (1993) destacam que Lavoisier retoma a ideia de conservação da massa já presente em manuscritos gregos da Antiguidade clássica.

carbônico quando no escuro. No entanto, Priestley continuou adepto do flogisto até sua morte, em 1804 (Nash, 1957).

Após o século XVIII, segundo Martins (2009), muitas outras realizações foram realizadas nesse campo de pesquisa. Nicolas - Théodore de Saussure (1767-1845) indicou, em 1804, que a variação de peso das plantas não poderia ser explicada apenas pela absorção do gás carbônico. Era preciso supor que a planta utilizasse tanto água quanto gás carbônico para formar substâncias úteis para seus tecidos e liberar oxigênio. Mas foi somente em 1893, noventa anos depois, que o botânico Charles Barnes propôs o termo fotossíntese para esse processo.

Implementação, coleta e análise de dados

A proposta didática foi apresentada para licenciandos em Biologia do curso de Ciências, da Universidade Federal de São Paulo - *campus* Diadema, nos períodos vespertino e noturno, na disciplina de Práticas Pedagógicas de Biologia II, uma disciplina específica para a trajetória em Biologia, do último ano do curso. Como a implementação ocorreu em uma véspera de feriado, dos 12 alunos matriculados por turno, contamos com participação efetiva de apenas 6 discentes em cada período.

A análise de dados foi guiada por uma perspectiva da pesquisa qualitativa em Educação, no escopo de um estudo de caso (André, 2010). A tomada de dados seguiu recomendações do comitê de ética em pesquisa da Unifesp. Dados foram coletados utilizando: imagens e áudios vídeo-gravados durante a aplicação em cada turma; resposta ao questionário pós-aula; materiais produzidos pelos participantes no decorrer da aula; e registros de campo de uma pesquisadora observadora.

Para a análise de dados adotamos a análise de conteúdo (AC), que tem sido utilizada no ensino de ciências para descrever mensagens emitidas em processos de comunicação (Bardin, 1977). Utilizamos um conjunto de técnicas de análise que visam obter indicadores, que permitam a inferência de conhecimentos sobre o conteúdo de mensagens, por meio de procedimentos objetivos e sistemáticos de sua descrição (Bardin, 1977). As diferentes fases da análise organizam-se em torno de três polos: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados.

Na primeira fase de preparação do material realizamos a transcrição de trechos críticos das vídeo-gravações, trazendo falas dos discentes em discussões e exposição de idéias; transcrevemos as atividades de sala, as respostas ao questionário e transcrevemos o caderno de notas da pesquisadora observadora. Dessa forma, foi constituído o *corpus* que, segundo Bardin, é o conjunto dos documentos a serem submetidos aos procedimentos analíticos.

Com o *corpus* delimitado e o material organizado deu-se inicio a leitura fluante, estabelecendo contato com o conteúdo a analisar, deixando-se invadir por impressões e orientações, buscando criar unidades de registro (UR), grifando palavras, expressões ou frases, agrupando mensagens e construindo categorias para a análise de conteúdo. Foram criadas as unidades de contexto (UC), para recolocar as URs em seu contexto. Foram elaborados alguns índices, identificando menções explícitas ou implícitas sobre um tema em mensagens. Essa análise foi realizada para cada fonte de dados. O quadro 2 apresenta um extrato dessa organização, a partir de respostas ao questionário:

Quadro 2: Análise de Conteúdo - Respostas aos questionários pós-aula

Unidades de Registro	Unidades de contexto	Categorias - Índices
foi mais fácil, criativo e produtivo as respostas das questões que fizemos em grupo	Com certeza <u>foi mais fácil, criativo e produtivo as respostas das questões que fizemos em grupo</u> , as questões individuais tiveram o mesmo nível de dificuldade, porém menos criativas.	Formativo - Entender que atividades em grupo são mais criativas e produtivas
Sem querer	Não, às vezes acontece por curiosidade ou <u>sem querer</u> .	NDC - Visão ingênua - Ateórica - "sem querer"
o que dá errado também é importante para a ciência	a construção do conhecimento é assim mesmo, possui falhas. Mas os erros / <u>o que dá errado também é importante para a ciência</u> .	NDC - Importância do erro para a ciência
adorei a experiência de se (sic) colocar na época	Sim, <u>adorei a experiência de se colocar na época</u> e com os ideais do século XVIII.	EI - Motivador - Se colocar na época
coloca o aluno no contexto o cientista como ser humano	Ser uma aula que fala sobre história da ciência, que <u>coloca o aluno no contexto</u> e demonstra o cientista como ser humano. Não vejo o que muda	HC - Contextualização - Coloca aluno no contexto NDC - Humanizar as ciências
realizar experimentos somente no campo da abstração é difícil	Até que sim, mas <u>realizar experimentos somente no campo da abstração é difícil</u> .	Dificuldades - Abstração dos experimentos

Fonte: Cardoso (2018, p. 86-89)

Após a pré-análise em cada fonte de dados ter sido concluída, seguiu-se a organização sistemática de todas as categorias das mensagens emitidas pelos estudantes, tanto nos materiais escritos e transcrições de suas falas, quanto na percepção da pesquisadora observadora, visando a triangulação dos dados (Tuzzo e Braga, 2016). Optamos por agrupamentos e tabulações realizados manualmente, em busca de facilitar a visualização e verificação das inter-relações dos índices provenientes de cada fonte de dados, com isso, procedemos a exploração do material e a categorização dos dados. O quadro 3, abaixo, apresenta um exemplo do resultado dessa segunda fase, a partir do caderno de notas da pesquisadora.

Quadro 3: Categorias - Caderno de notas

Caderno de notas	
Categorias	Índices
História das ciências	Contextualização - Tentar pensar com os olhos do passado - Questionamentos sobre o que sabiam na época Anacronismo - Olhar do presente - Utilização de termos antes do período adequado
Ensino por investigação	Hipóteses - Sobre os experimentos - Poderia ter explodido Hipóteses - Sobre os procedimentos - Será que ele cheirou? Hipóteses - Sobre procedimentos - Acender a vela antes de fechar Discussão em grupos e Registros Debates Direcionar problema aos alunos Comunicar o que foi discutido Pensamentos semelhantes ao do período Importância de erros para a aprendizagem Concepção semelhante a do pensador Papel do professor para tirar dúvidas Papel do professor para contextualizar
Natureza das ciências	Aspectos da NDC - Ciência não é infalível - Influência da crença na observação de fenômenos - Aspecto coletivo da ciência - Relação da tecnologia e o conhecimento - Conhecimento depende de teorias do contexto
Conceitos	Adequado - A água perde o ar fixo
Aspectos Formativos	Advertência sobre erros em livros didáticos
Dificuldades e Desafios	Deixar de pensar no que acreditamos / sabemos Pensar nos experimentos

Fonte: Cardoso (2018, p. 94-95)

Após identificar essas seis categorias expostas na primeira coluna do quadro 3, exemplificadas pelos extratos de notas da pesquisadora na segunda coluna, passamos à terceira fase da análise de conteúdo, realizando o tratamento dos resultados a partir de inferências e interpretação. Para isso, lançamos mão do referencial de triangulação de dados (Tuzzo e Braga, 2016), confrontando as informações advindas das diferentes fontes de dados e suas respectivas categorias. Um exemplo da categoria “História das Ciências” e de duas subcategorias está presente na tabela a seguir.

Quadro 4: Exemplo de triangulação das categorias em diferentes fontes

	Transcrição das falas	Atividades Escritas	Questionário	Caderno de notas
História das Ciências	Contextualização - Pensar na época - Busca por utilizar termos da época - Busca de relação com episódios conhecidos - Questionamento sobre o que sabiam na época.	Contextualização - Retomar termos da época	Contextualização - Coloca o aluno no contexto	Contextualização - Tentativa de pensar com os olhos do passado - Questionamentos sobre o que sabiam na época
	Anacronismo - Comparação entre pensamentos do passado e atuais - Utilização de termos e conhecimentos atuais	Anacronismo - Termos atuais	Anacronismo - Ver conhecimentos do passado como um erro considerando os conhecimentos atuais	Anacronismo - Olhar do presente - Utilização de termos antes do período

Fonte: Cardoso (2018, p. 96-98)

Todas as seis categorias, nas quatro fontes de dados, evidenciaram contribuições relevantes para a formação dos licenciandos, possibilitando inúmeros recortes e reflexões sobre a abordagem histórico-investigativa no ensino de ciências. Resultados indicaram aspectos bem encaminhados, assim

como aspectos a aprimorar. Neste texto, destacaremos alguns resultados da triangulação realizada na categoria “aspectos formativos”.

Aspectos formativos que a proposta proporcionou

A análise de conteúdo possibilitou o confronto de mensagens advindas de diferentes fontes, evidenciando uma pluralidade de manifestações acerca dos objetivos pretendidos. Além de trabalhar as habilidades formativas do EI, a contextualização de conceitos, as reflexões explícitas sobre a NDC, os dados mostraram, também, manifestações dos licenciandos sobre contribuições da HC no ensino, que não haviam sido apresentadas ao longo do estudo de caso, exemplificando a categoria “aspectos formativos”.

Apresentaremos, a seguir, extratos dessa categoria a partir de diferentes fontes de dados, nas quais as Unidades de Registro estão destacadas em negrito. Na transcrição abaixo, vemos um exemplo de como foi possível entender aspectos de uma problematização do EI, pois ao vivenciar essa prática, eles entenderam indícios de como ela pode ser feita:

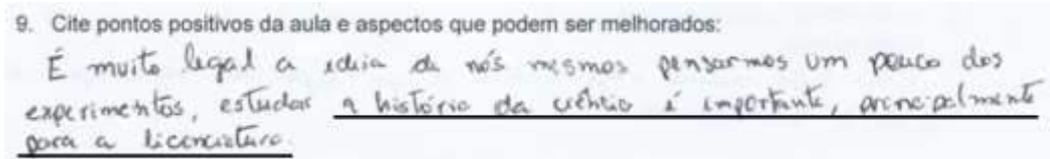
BN³⁵ - “É isso meio que, de verdade, me esclareceu, porque eu tinha um pouquinho de conflito assim, **quais são as etapas dessa problematização**³⁶, o que exatamente... Será que tem um passo a passo, que **exatamente eu deveria fazer?** Mas pelo o que eu entendi, é trazer os alunos, no seu caso pra essa época em que as coisas foram investigadas e desenvolvidas, e **tentar os trazer, e tentar fazê-los pensar de acordo com a época** e assim se desenvolvendo e até mesmo utilizando os termos que eram utilizados da época e dessa forma essa discussão também entre os colegas, chegar a uma conclusão e até chegar ao final que é o que conhecemos hoje né? É a realidade de hoje. **Então eu meio que saquei mais ou menos como é que deve ser feito.**” (*transcrição de vídeo-gravação, ao final da aula no período noturno, no diálogo sobre a aula, com sinalização de anuência de colegas*).

A proposta didática não abordou discussões sobre o uso da HC no ensino, mas os discentes ressaltaram sua importância no contexto da

³⁵ Os pseudônimos foram criados para os alunos, usando letras de “A” a “F” seguidas da letra do período V (vespertino) e N (noturno). Adotamos também siglas para o professor aplicador e pesquisador (PA) da proposta, e para a professora responsável pela disciplina (PR).

³⁶ Os grifos e negritos destacam Unidades de Registro (URs) indetificadas na análise de conteúdo e remetem a mensagens relacionadas aos aspectos considerados formativos.

licenciatura, para resignificar conceitos e fomentar visões mais críticas ao ensino de ciências:



(FV - resposta ao questionário)

DV - “**Acredito e apoio a história da ciência como fator fundamental para compreender a ciência por inteiro e não só como uma lei, algo passível de crítica, reflexão e melhoria.** Gostei dos momentos em que parávamos para discutir.” (transcrição de vídeo-gravação).

FN - “Para todo conhecimento atual, **acho importante dar uma introdução que demonstre sua história.**” (transcrição de vídeo-gravação).

Em resposta à nossa motivação de pesquisa, quanto a avaliar a preparação de professores para os futuros usos da HC em sala de aula, eles indicaram que a proposta com o viés histórico-investigativo possibilita o indivíduo a se sentir participativo. Ademais, refletiram sobre a potencialidade de apresentar a proposta em outros contextos educacionais, o que é muito importante tendo em vista que, em breve, eles mesmos podem estar atuando nesses contextos:

DN - “Até porque, isso **traz o indivíduo a se sentir mais participativo** dentro de tudo aquilo que ele está pesquisando, então no caso dessa proposta de investigação aí, **se no caso for levado para outro ensino, por exemplo, no ensino fundamental, isso vai ser muito significativo** para os alunos, que tiverem já uma forma de investigação. [...] “É um **tema que poderia ser utilizado** mesmo, na fotossíntese **desde o Ensino Fundamental até o Médio.**” (transcrição de vídeo-gravação).

Sugeriram a relevância da proposta, relatando sobre o contato restrito com episódios históricos sobre conteúdos da biologia. Pensando na sua formação, indicam a importância ter contato com um episódio que não consta nos materiais utilizados, e como isso pode instigar para que busquem por outras possibilidades:

AN - “E **sai do tradicional** né? Porque a história da biologia a **gente só vê Darwin, Mendel e a construção da teoria celular**, fora isso eu não sei se eu me recordo.” (transcrição de vídeo-gravação).

AN - “O que eu achei legal também dessa proposta que você colocou, apesar de que na **biologia acho que é diferente**, da química e da física, que **é muito mais escasso a gente ver a história das coisas**. Mas quando a gente vê na biologia, a gente vê assim, tipo, Darwin, Mendel, **parece que eles fizeram tudo sozinhos**, ou seja, ele é tipo um pai da genética porque parece que ele fez tudo sozinho, e na sua proposta parece que a gente conseguiu ver o olhar da construção da ciência de uma forma mais comunitária.” (transcrição de vídeo-gravação).

E apresentaram indicações voltadas à importância dessa experiência para quem ensina ciência, destacando procedimentos como as atividades em grupo como mais criativas e produtivas, e ainda, perspectivas interdisciplinares:

AN - “Sim. Uma **experiência importante pra quem ensina ciências**.” (transcrição de vídeo-gravação).

5. Em alguma das questões propostas em sala de aula (“Pensando bem”) você sentiu mais dificuldade para encontrar uma solução? Qual? O que pode ter causado isso?

Com certeza foi mais fácil, criativo e produtivo as respostas das questões que fizemos em grupo. As questões individuais tinham o mesmo nível de dificuldade, mas menos criativas.

(AV - respostas ao questionário)

12. Você considera essa proposta interdisciplinar? Com quais disciplinas ela poderia dialogar? Dê exemplos:

Ué! Pode dialogar com a biologia no ensino da fotossíntese, com a química pelos elementos envolvidos, com a história devido o contexto de época.

(BV - resposta ao questionário)

O questionário pós-aula traz sugestões dos licenciandos, destacando outro aspecto formativo, no qual os futuros docentes refletem sobre a prática pedagógica sugerindo um aprimoramento na proposta, sobre a inclusão de experimentos:

8. Você conseguiu se imaginar como um investigador do século XVIII? O que poderia melhorar essa experiência?

Sim. Uma experiência importante que quem ensina ciências. Para melhorar, talvez, aliado à aula teórica, ter a experiência investigativa também.

(AN - respostas ao questionário)

11. Você acredita que com ajuda de um texto contando a história e slides você poderia utilizar esta proposta em sua aulas? O que mais poderia ajudar?

Usaria como situação problema, realizaria experimentos de investigação e de observação.

(DV - respostas ao questionário)

PR - “Também, por exemplo, né, pode **trazer o experimento** mesmo, tem um monte de experimento que dá pra ver as bolinhas saindo da planta, as crianças tem outro tipo de atividade onde põem bicarbonato na água, vendo que realmente as pessoas viam essas bolhinhas se desprendendo das folhas, então via que tinha algum gás ali. Da pra ver que dá pra fazer assim uma aproximação mais concreta.” (*transcrição de vídeo-gravação*).

Foram sugeridas mais imagens, vídeos e animações. Uma introdução maior aos conhecimentos e mais informação sobre os limitantes nos experiêntos:

8. Você conseguiu se imaginar como um investigador do século XVIII? O que poderia melhorar essa experiência?

Sim. Exemplares dos tipos de materiais utilizados na época através de imagens, para que pudermos ter mais clareza da idealização dos experimentos.

(DN - resposta ao questionário)

11. Você acredita que com ajuda de um texto contando a história e slides você poderia utilizar esta proposta em sua aulas? O que mais poderia ajudar?

Sim. Vídeos também poderiam ser incorporados a proposta, além de animações para ilustrar os experimentos.

(BV - resposta ao questionário)

8. Você conseguiu se imaginar como um investigador do século XVIII? O que poderia melhorar essa experiência?

Mais ou menos, é difícil imaginar-se em um tempo que se conhece pouco. Uma introdução mais a qual anteriormente já se tinha.

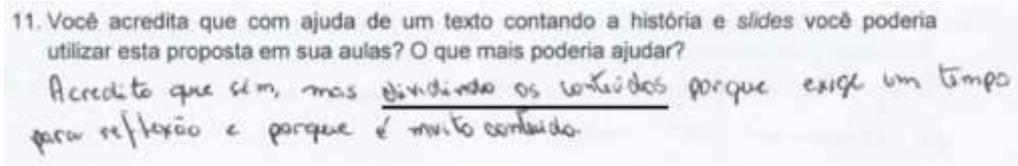
(CV - resposta ao questionário)

8. Você conseguiu se imaginar como um investigador do século XVIII? O que poderia melhorar essa experiência?

Até que sim, mas realiza experimentos somente no campo da abstração é difícil. Sugiro que se fosse dito alguns limitantes.

(DV - resposta ao questionário)

Os discentes oferecem, ainda, sugestões relacionadas à organização da aula:



11. Você acredita que com ajuda de um texto contando a história e slides você poderia utilizar esta proposta em sua aulas? O que mais poderia ajudar?
Acredito que sim, mas dividindo os conteúdos porque exige um tempo para reflexão e porque é muito conteúdo.

(FV - resposta ao questionário)

Essas considerações demonstraram aspectos pessoais na formação dos licenciandos e indicaram que, de forma geral, a vivência da proposta representou um exemplo metodológico para a formação docente, o que tem sido destacado como uma barreira para que propostas dessas cheguem às salas de aula.

Considerações finais

Tendo em vista a formação dos futuros professores, os dados mostram que a proposta histórico-investigativa favoreceu para sentirem-se mais participativos, perceberem possibilidades de problematizações, e ainda, compreenderem a importância de se abordar o contexto histórico, vislumbrando os aspectos positivos que tal abordagem pode proporcionar a outros contextos educacionais.

Para uma formação crítica acreditamos ser importante que os licenciandos não apresentem apenas a constatação das dificuldades da inclusão da HC e EI no ensino de ciências, mas que mobilizem uma ação, em busca de minimizar os problemas, apresentando sugestões e otimizando as soluções. As possibilidades de aprimorar a proposta, que sugeriram, como o uso de outros recursos, como vídeos ou simuladores, se mostraram como um ponto forte de suas próprias formações.

Identificamos alguns indícios de que temas na HC geralmente se resumem à narrativas simplistas sobre Darwin, Mendel e a construção da teoria celular, sugerindo que materiais didáticos, segundo uma abordagem contextualizada, ainda não estão chegando às mãos dos futuros docentes, pelo menos nesse contexto específico. Ao observar que os discentes incorporaram visões historiográficas mais críticas, acreditamos que o trabalho com mais

episódios históricos, problematizando tais visões, trariam significativas contribuições à formação desses professores, ampliando e complexificando suas visões epistêmicas sobre as ciências.

O enfoque investigativo para a história das ciências mostrou-se frutífero na formação de professores ao encorajar os estudantes a refletirem sobre suas próprias concepções acerca das ciências e do seu ensino e aprendizagem, a partir do contexto do episódio histórico (Cardoso, 2018).

Em virtude do pouco tempo didático disponível, ou seja, a possibilidade de um único encontro, e da grande quantidade de conteúdo a ser abordado, optou-se por usar imagens ao invés de atividades práticas e seguir a narrativa com investigações e exercícios teóricos. Os licenciados apontaram a necessidade de mais detalhes sobre os experimentos, indicando a necessidade de inserirmos mais imagens, ou vídeos, ou mesmo de se levar uma reprodução do experimento histórico, tanto quanto possível, para completar o conhecimento sobre os experimentos. Ainda assim, a maior parte deles afirmou que a proposta possibilitou que eles se colocassem no contexto, sinalizando também, para o fato de que a HC favoreceu o aprendizado dos conteúdos. Acreditamos que com um maior tempo seja possível realizar atividades práticas no decorrer do estudo de caso, dinamizando a aula e favorecendo seu aspecto investigativo.

Tendo em vista o contexto em que se problematizou concepções prévias em uma aula de menos de quatro horas, os dados indicam avanços animadores. Assim, espera-se que o conhecimento mobilizado possa ser utilizado e transposto a outros episódios históricos, conteúdos científicos e contextos educacionais.

Referências bibliográficas

Allchin, D. (2011). **The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education**. Springer Science+Business Media B.V.

Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary approaches to teaching nature of science: integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. **Science Education**, 98(3), p. 461-486.

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Almeida, R. O. (2005). Noção de fotossíntese: obstáculos epistemológicos na construção do conceito científico atual e implicações para a educação em ciência. **Candombá**. v. 1, n. 1, p. 16-32.

André, M. (2010). Formação de professores: a constituição de um campo de estudos. **Educação**, v. 33, n. 3, p. 174-181.

Augusto, T. G. S.; Basilio, L. V. (2018). Ensino de biologia e história e filosofia da ciência: uma análise qualitativa das pesquisas acadêmicas produzidas no Brasil (1983-2013). **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 24, n. 1, p. 71-93.

Azevedo, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (org.). (2004). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33.

Bardin, L. (1977). **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70.

Cardoso, M. L. D. (2018). Fotossíntese no século XVIII: Uma abordagem histórico-investigativa de conceitos científicos e aspectos da natureza das ciências. **Dissertação** (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática) - Universidade Federal do ABC, 175f.

Carvalho, L. M. (2001). A natureza da ciência e o ensino das ciências naturais: Tendências e perspectivas na formação de professores. **Pro-Posições**, v. 12, n.1, p.139-150.

Duarte, M. C. (2004). A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, p. 317-331.

El-Hani, C. N. (2006). Notas sobre o Ensino de História e Filosofia das Ciências na Educação Científica de Nível Superior. In: Silva, C. C. (org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 3- 21.

Ferreira, G. K. (2018). Reflexões sobre a natureza das ciências: configurações e intenções na formação de professores de física. **Tese** (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina.

Forato, T. C. M. História e natureza das ciências: elementos implementados na formação de professores. In SILVA, A. P. B. & MOURA, B.A. (Orgs.). **Objetivos humanísticos, conteúdos científicos: contribuições da história e da filosofia da ciência para o ensino de ciências**. 1. ed. Campina Grande: EdUEPB, 2019. p. 227-263.

Forato, T. C. M. (2009). A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz. **Tese** (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação/Universidade de São Paulo. v. 2, 216 f.

- Forato, T. C. M.; Bagdonas, A.; Testoni, L. (2017). Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. **Enseñanza de las Ciencias** - Digital, v. extra, p. 3511-3516.
- Forato, T. C. M.; Silva, J. A. Proposta formativa nas Práticas Pedagógicas de Física. In: Kluth, V. S. (org.). (2017). **Prática docente e formação de professores**: reflexões à luz do ensino de Ciências. 1ed.São Paulo: Alameda, v. 1, p. 167-208.
- Hankins, T. L. (2002). **Ciência e Iluminismo** (trad.), Porto, Porto Editora.
- Heering, P.; Höttecke, D. (2014). Historical-Investigative Approaches in Science Teaching. In: Matthews, M. R. (org.). **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**. New York: Springer, p. 1473-1502.
- Hill, F. R. S. Joseph Priestley (1733-1804) and his Discovery of Photosynthesis in 1771. In: Forti, G.; Avron, M.; Melandri, A. (org.). (1971). **Photosynthesis, two centuries after its discovery by Joseph Priestley**. Proceedings of the 2nd International Congress on Photosynthesis Research, Stresa, p. 24-29.
- Höttecke, D; Silva, C. (2011). Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. **Science & Education**, v. 20, p. 293-316.
- Jiménez-Aleixandre, M.; Rodrigues, M.; Duschl, R. A. (2000). Doing the lesson or doing science. Argument in high school genetics. **Science Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792.
- Kim, K. (1995). Jean Senebier and the genevan naturalists. **Tese** (Doutorado em Filosofia). Oklahoma: The University of Oklahoma, 304f.
- Kipnis, N. (1996). The historical-investigative approach to teaching science. **Science & Education**, 5, p. 277–292.
- Magiels, G. (2010). **From Sunlight to Insight: Jan IngenHousz, the Discovery of Photosynthesis & Science in the Light of Ecology**. Paperback.
- Martins, L. A. (1998). A história da ciência e o ensino da Biologia. **Ciência & Ensino**, v. 5, p. 18-21.
- Martins, R. A. (2009). Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 4, p. 167-208.
- Martins, R. A.; Martins, L. A. P. (1993). Lavoisier e a conservação da massa. **Química Nova**, 16 (3), p. 245-256.
- Matthews, M. R. (1994). **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge.

- Matthews, M. (2009). Science and worldviews in the classroom: Joseph Priestley and Photosynthesis. **Science & Education**, 18, p. 929-960.
- Matthews, M. R. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In: Khine, M. S. (org.). (2012). **Advances in nature of science research: Concepts and methodologies**. Dordrecht: Springer, p. 3-26.
- McClellan III, J. Scientific institutions and the organization of science. In: Porter, R. (org.). (2008). **The cambridge history of science**, V.4 Eighteenth-Century Science. Cambridge University Press, p. 87-106.
- Moura. B. (2012). Formação Crítico transformadora de professores de Física: Uma proposta a partir da História da Ciência. **Tese**. Universidade de São Paulo, 309 f.
- Moura. B. A. (2014). O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, p. 32-46.
- Nash, L. K. Plants and the atmosphere. In: Conant, J. B.; Nash, L. K. (org.). (1975). **Harvard Case Histories in Experimental Science**. Cambridge, MA: Harvard University Press, v. 2, p. 323-435.
- Oliosi, E. C. (2004). Joseph Priestley (1733-1804): uma seleção dos experimentos que revelam a presença do flogístico. **Dissertação** (Mestrado em História da Ciência) - PUC, São Paulo. 85 f.
- Damasio. F.; Peduzzi L. O. Q. (2017). História e filosofia da ciência na educação científica: para quê? **Revista Ensaio**. Belo Horizonte v.19, p. 1-19.
- Prestes, M. E.B.; Caldeira, A. M. A. (2009). Introdução: A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 1-16.
- Rudge, D.; Howe, E. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. **Science & Education**. 18, p. 561-580.
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49-67.
- Silva, A. P. B.; Forato, T. C.; Gomes, J. L. A. (2013). Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, p. 492-537.
- Tosi, L. (1989). Lavoisier: uma revolução na química. **Química Nova**, São Paulo, v. 12, n.1, p. 33-56.

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Trivelato, S. L. F.; Tonidandel, S. M. R. (2015). Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.** Belo Horizonte, vol.17, n.spe, p.97-114.

Tuzzo, S. A.; Braga, C. F. (2016). O processo de triangulação da pesquisa qualitativa: o metafenômeno como gênese. **Revista Pesquisa Qualitativa.** São Paulo, v. 4, n.5, p. 140-158.

CAPÍTULO 12 – DESENHOS CIENTÍFICOS E O SAMBA DE COCO: ENSINANDO BOTÂNICA ATRAVÉS DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DA CULTURA POPULAR

Thailine Aparecida de Lima, Silvia Figueirôa e Fernando Santiago dos Santos

A incorporação de História da Ciência como suporte para o ensino, tanto no nível básico quanto no nível superior, é um caminho que vem sendo percorrido há muitos anos no sentido de proporcionar um ensino mais contextualizado, crítico e reflexivo. Os argumentos a favor da introdução do contexto histórico geral e científico têm longa tradição e vêm se desenvolvendo desde meados do século XIX (Matthews, 1995 [1992]).

Infelizmente, no Brasil o ensino de Ciências (e, em especial de Biologia) ainda ocorre de forma predominantemente teórica e expositiva, sendo em muitos casos uma disciplina preterida pelos estudantes devido à sua aparente complexidade e distância do cotidiano. No caso da Botânica, em particular, enfatizam-se nomes, definições e classificações que devem ser memorizadas pelos alunos com a única finalidade de suprir avaliações escolares. Neste artigo, assume-se que o aprendizado se apoia em saberes prévios, e que a aprendizagem constroi significados e utiliza informações no cotidiano do estudante, numa interação dialética entre conhecimentos cotidianos e científicos (Hedegaard e Chaiklin, 2005). Investigam-se, portanto, as potencialidades da introdução de aspectos da história da botânica no ensino por meio do uso de imagens históricas, associadas a outros materiais que se façam necessários, como documentos ou outras fontes primárias e secundárias. A partir da contextualização histórica, geográfica e científica do uso das plantas no ensino de botânica, visa-se a uma aprendizagem que tenha significado para os estudantes, que supere a costumeira memorização da taxonomia vegetal. Pois, como resumem Stuart e Marcondes (2018, p. 2),

“Abordagens e estratégias de ensino e aprendizagem que superem o ensino tradicional, pautado na transmissão de informações aos alunos e em aspectos estritamente conceituais, têm sido defendidas nos últimos anos por muitos pesquisadores e professores, de forma a promover um pensamento mais crítico nos estudantes.”

Tendo em vista a problemática do ensino de botânica e as pesquisas em prol da incorporação da História da Ciência na educação (básica e superior), o presente trabalho Mais especificamente, busca-se propor caminhos e recursos metodológicos que integrem a cultura popular brasileira, por meio da música, alguns conhecimentos tradicionais, e a história da ciência, por meio dos desenhos científicos. O objetivo final, além de tornar o ensino de biologia vegetal mais prazeroso e próximo dos estudantes, é permitir que os alunos reconheçam o valor das plantas na vida do ser humano e da sociedade, e a importância dos estudos botânicos.

Propõe-se uma abordagem lúdica integrando (i) a história cultural do “samba de coco” para abordagem de conceitos botânicos, históricos e

científicos; (ii) a música como forma de mobilização social e da criatividade; (iii) as letras das músicas como base interpretativa e de interação dentro do contexto de sala de aula; e (iv) a incorporação de desenhos científicos de plantas como subsídios ao ensino de botânica. As canções de “Samba de Coco” visam a promover a interação entre os alunos e mobilizá-los de forma ativa. Os conteúdos de botânica são abordados a partir da história do “Samba de Coco”, uma vez que as plantas estão presentes na própria configuração do ritmo, desde sua origem, passando pelo seu uso nos instrumentos de percussão e presença nas letras das canções. Os desenhos científicos são incorporados nessas abordagens. As atividades apresentadas partem da ideia de ensino-aprendizagem “Radical-Local” de Hedegaard e Chaiklin (2005, p.33):

A ideia do ensino-aprendizagem radical-local é uma perspectiva teórica de como organizar programas educacionais. O objetivo simultâneo do ensino-aprendizagem radical-local é desenvolver o conhecimento conceitual geral sobre as áreas de uma matéria, com conteúdo que está relacionado especificamente à situação de vida das crianças. Isso não significa que o campo do ensino da matéria deveria ser limitado ao conhecimento e experiência que as crianças trazem à escola. Preferivelmente, o interesse é compreender a relação dinâmica entre o conhecimento da matéria, situação de vida, e desenvolvimento pessoal, de modo que a compreensão geral da matéria é desenvolvida através e em relação à situação de vida das crianças" (Hedegaard e Chaiklin, 2005, p. 33). (tradução livre)

Os tópicos compõem uma sequência didática complementar às atividades, conforme plano de aula apresentado, ou podem ser utilizados como suporte para outras propostas metodológicas e didáticas, a critério de cada professor que aqui quiser buscar inspiração. A experiência aqui discutida em seus aspectos teóricos foi desenvolvida em aulas no Instituto Federal de Educação de São Paulo/IFSP, campus São Roque, para as turmas das disciplinas BOTB4 (Botânica I) e BOTB5 (Botânica II) em 2018 e 2019. Nas diversas aulas em que os desenhos científicos foram apresentados – e não apenas na aula que envolveu o “Samba de Coco” –, os alunos ficaram sensibilizados com a precisão dos mesmos e conseguiram, inclusive, identificar as plantas neles representadas.

O que é “Samba de Coco”?

O “Samba de Coco” é um ritmo e uma dança tradicional da cultura popular nordestina³⁷. Segundo Carvalho (2003, p. 81), as culturas populares são:

(...) um conjunto de formas culturais – música, dança, autos dramáticos, poesia, artesanato, ciência sobre a saúde, formas rituais, tradições de espiritualidade –, que foram criadas, desenvolvidas e preservadas pelas comunidades, com relativa independência das instituições oficiais do Estado, ainda que estabelecendo com elas relações constantes de troca e delas recebendo algum apoio eventual ou parcial.

A cultura popular e suas diversas manifestações expressam uma pluralidade constituída de diferentes concepções e significados de acordo com a relação estabelecida do indivíduo com seu meio social. Numa interpretação crítica, Chartier (1995) apresenta a cultura popular como uma categoria inserida numa visão erudita transformada a partir de perspectivas elitizadas de padrões culturais tidos como hegemônicos, passando de uma cultura acessível e comum para uma cultura isolada. Tal percepção é expressa no trabalho de Ayala (1999) intitulado "Os cocos: uma manifestação cultural em três momentos do século XX" onde a autora analisa o Samba de coco como manifestação cultural presente no estado da Paraíba, mantida principalmente por negros e seus descendentes (Ayala, 1999). Por seu contexto social e histórico vinculado às matrizes africanas e indígenas, o “Samba de Coco” é uma manifestação marginalizada. Segundo Ayala (1999):

Pode-se afirmar que a brincadeira do coco é dança de minorias discriminadas, por diversas condições: pela etnia (negros, índios e seus descendentes), pela situação econômica (pobreza, às vezes extrema), pela escolaridade (iletrados ou semi-alfabetizados), pelas profissões que exercem na sociedade (agricultores com pequenas propriedades ou sem terra, assentados rurais, pescadores, pedreiros, domésticas, copeiras de escolas). A dança passa por diferentes formas de interferência, qualquer que seja seu contexto, porque é difícil qualquer autonomia cultural em região de forte controle político, como o Nordeste, onde se aguçam as formas de dependência

³⁷ Nas manifestações populares afrobrasileiras (dentre as quais figura o “Coco”) a música e a dança são elementos indissociáveis. Portanto, "Coco" refere-se, simultaneamente, à dança e ao ritmo – elemento musical proeminente que caracteriza a manifestação cultural.

devido à pobreza extrema da população. Aqui, o pobre costumeiramente é submetido a alguém ou a algum grupo de poder, salvo raríssimas situações (Ayala, 1999, p. 247).

Nesse sentido, a cultura popular e todas as suas expressões carregam uma bagagem histórica de luta e resistência. Assim, o objetivo aqui não é esgotar o contexto histórico do Samba de Coco, tampouco suas problemáticas culturais e sociais, mas sim compartilhar os conhecimentos envolvidos na sua trajetória e introduzir, mesmo que de forma sucinta, a cultura popular na sala de aula. Dessa forma, as vivências abrem caminhos importantes e relevantes para o reconhecimento, respeito e valorização da diversidade. Vivenciar a cultura popular (como observadora participante) foi de extrema importância na formação da primeira autora e permitiu vislumbrar intersecções entre dois âmbitos que, teoricamente, já deveriam dialogar e se relacionar no contexto escolar: a cultura popular – marcada pelas práticas cotidianas, pelas manifestações populares, bem como seu contexto social – e a cultura escolar, entendida como mediadora na transformação dos conhecimentos incorporados socialmente para os conhecimentos científicos.

Após pesquisas sobre as possíveis origens do “Samba de Coco” e visto os objetivos do presente trabalho, propomos um recorte teórico no qual seja possível relacionar esse contexto cultural a conteúdos da Biologia Vegetal em aulas destinadas ao ensino de Botânica. Assim, iniciamos com a definição de “Coco” segundo Mário de Andrade:

Coco. 1. Dança popular de roda, de origem alagoana, disseminada pelo Nordeste. É acompanhada de canto e percussão (ganzá, pandeiro, bombo e outros). O refrão é cantado em coro, que responde aos versos do “tirador de coco” ou “coqueiro”. Nota-se, em disposição coreográfica, visível influência indígena. É muito comum a roda de homens e mulheres, com um solista no centro, cantando e fazendo passos figurados, que se despede, convidando o substituto com uma umbigada ou batida de pé. Existe uma enorme variedade de tipos de coco, que recebem suas designações pelos seus instrumentos acompanhantes (coco de ganzá, de zambê) pela forma do texto poético (coco de décima, de oitava) ou por outros elementos. Acredita-se que o coco já vem dos negros de Palmares que o criaram como um canto de trabalho para acompanhar a quebra de cocos para alimentação” (Andrade, 1989, p.146).

Mário de Andrade (1983–1945), como é bem conhecido, foi poeta, escritor, crítico literário, musicólogo, folclorista, ensaísta brasileiro e pioneiro no desenvolvimento de uma ampla pesquisa sobre o coco do Nordeste do Brasil³⁸ (Lima, 2018). A partir de vivências com cantadores (os "tiradores de coco"), Andrade reuniu uma documentação substancial que deu origem à obra *Os Cocos* organizada por Oneyda Alvarenga (Ayala, 1999). O verbete acima, presente no *Dicionário Musical Brasileiro*, apresenta a provável origem do "Samba de Coco" a partir da quebra do fruto aliada aos cantos de trabalho.

O canto de trabalho é uma expressão musical das atividades laborais presente desde o século XVIII na cultura brasileira. O canto, nesse contexto, atua como externalizadora dos sentimentos envolvidos na lida com o campo, o roçado, na quebra do coco, na produção do pão, no puxar da rede, bem como de críticas às más condições de trabalho e de vida, além da exaltação e preservação da natureza (Sonora Brasil, 2015-2016). Como mostrado por Moll e Greenberg (1996), em pesquisa guiada pelas contribuições de Vygotsky sobre a relação do pensamento humano e seu contexto social e cultural, as conexões sociais "auxiliam os professores e estudantes a desenvolver sua consciência de como podem usar o cotidiano para entender conteúdos e usar as atividades de sala de aula para entender a realidade social".

O objetivo aqui não é esgotar o contexto histórico do "Samba de Coco", tampouco suas problemáticas culturais e sociais, mas sim compartilhar os conhecimentos envolvidos na sua trajetória e introduzir, mesmo que de forma sucinta, a cultura popular na sala de aula. As vivências abrem caminhos relevantes para o reconhecimento, respeito e valorização da diversidade. Assim, a partir da contextualização do "Samba de Coco", abre-se um caminho metodológico para promover o diálogo cultural e científico. Além disso, a interdisciplinaridade e a aproximação da Botânica das dimensões sociais e culturais favorece a abordagem de questões como a discriminação racial, cultural e religiosa, tema atual e urgente a ser discutido no âmbito escolar, já que o "Samba de Coco" é ligado às raízes africanas do nosso país e aos negros do Brasil.

³⁸ As Missões Folclóricas, organizadas na década de 30 e financiadas pelo Departamento de Cultura - com contribuições de Mário de Andrade, tiveram como objetivo promover expedições pelo território brasileiro a fim de reconhecer com profundidade suas manifestações culturais, em um contexto de expansão industrial que colocava em risco a identidade cultural do Brasil.

Os desenhos científicos de botânica: disponibilidade e relevância para o ensino

A partir da Revolução científica do século XVII e do estabelecimento da ciência moderna, é possível compreender a confecção e utilização de desenhos nos diferentes campos científicos. Nesse período, acreditava-se que o conhecimento era alcançado por meio dos sentidos e a percepção visual torna-se central no Renascimento Europeu (Faria e Pataca, 2005):

A história natural surge no século XVII com a necessidade de *ver* antes de se *nomear*, sendo impossível criar nomenclaturas para os seres vivos sem observações. A valorização da visão na construção do conhecimento levou à prática da representação: os objetos vistos deveriam ser representados, criando um vínculo entre a representação pictórica e o conhecimento natural. A história natural deixa então de se basear na grande recolha dos documentos para se fundamentar na observação direta da natureza (Faria e Pataca, 2005, p. 65).

Como decorrência, produziu-se um conjunto imagético significativo de representações da história natural de plantas, animais, minerais e as populações dos locais. A representação da história natural através dos desenhos tornou-se fonte valiosa de informações para os naturalistas, em particular durante o período das expedições científicas. É vasto o acervo de ilustrações desse período histórico e o reconhecimento de suas potencialidades vem ganhando espaço. De fato, a História e a Filosofia das Ciências têm, nas duas últimas décadas, voltado sua atenção para considerar a ciência como uma prática visual, analisando imagens e seus papéis na construção e comunicação de ideias científicas (Heering e Hottecke, 2014, p.1475-76).

O ser humano é, antes de tudo, um ser simbólico e vale-se de imagens e símbolos para se identificar e representar o ambiente. A imagem, além de traduzir um conceito ou uma ideia, é útil para a compreensão e ampliação dos conhecimentos, em especial nas aulas de Ciências, onde além de ilustrar serve de base para a fundamentação e discernimento científico. Focando na área de Botânica, a estratégia de utilizar imagens no ensino auxilia a incorporação da abordagem histórica sobre as plantas, já que as imagens científicas históricas

são produto de levantamentos e investigações ligadas às práticas da História Natural. São recursos relevantes para o entendimento e diálogo entre – e com – as ideias científicas (Martins, 2005). De fato, a História e a Filosofia das Ciências têm, nas duas últimas décadas, voltado sua atenção para considerar a ciência como uma prática visual, analisando imagens e seus papéis na construção e comunicação de ideias científicas (Heering e Hottecke, 2014, p.1475-76). Para Costa (2005), o potencial didático das imagens se dá por conta do seu caráter intuitivo e sensitivo ser superior à linguagem verbal/escrita, embora seja menos privilegiado dentro da educação formal. A linguagem verbal/escrita, segundo o autor, se impõe por conta da sua objetividade (supostamente ideal) como fonte de registros e difusão do conhecimento. O uso de ilustrações botânicas permite o contato com outro tipo de linguagem simbólica além da usual escrita. Assim, a experiência que apresentamos mescla a história das ciências, por meio dos desenhos científicos, e aspectos da cultura popular, por meio da música e do uso cotidiano das plantas, a fim de promover o ensino de ciências apoiado em outras linguagens que não apenas a verbal.

A música como mediadora do ensino-aprendizagem

A educação é um processo participativo de interação dialógica entre indivíduo e sociedade, e indivíduo e ambiente (Barros et. al., 2013). Nessa interação o ser humano se modifica, se desenvolve e transforma o seu entorno. Nessa perspectiva, a música pode ser uma aliada no processo de ensino-aprendizagem ao promover um espaço de interação e vivências. A música detém um potencial difusor de ideias e culturas, com o qual é possível ensinar sobre tradição, saberes, histórias etc. (Barros et. al. 2013). Sekeff (2007), complementa os possíveis sentidos da música:

A música não é somente um recurso de combinação e exploração de ruídos, sons e silêncios [...] ela é também um recurso de expressão (de sentimentos, ideias, valores, cultura, ideologia), um recurso de comunicação (do indivíduo consigo mesmo e com o meio que o circunda), de gratificação (psíquica, emocional, artística), de mobilização (física, motora, afetiva, intelectual) e auto-realização. [...] [P]or essa prática aprende-se a organizar o pensamento, a estruturar o saber

adquirido, reconstruí-lo, a fixá-lo ativamente; ela é um recurso do prazer e de sublimação (Sekeff, 2007, p. 14).

Assim, pensar na música como recurso didático-pedagógico permite acessar uma alternativa de aprendizagem que permita romper com práticas educativas engessadas e excessivamente formais, fomentando a reflexão de maneira mais ampla através do contato com outros aspectos da cultura. Levar a música para dentro sala de aula dá a oportunidade de acessar o conhecimento de forma interdisciplinar e mais prazerosa (Barros et. al. 2013). No ensino de Ciências e Biologia, em especial no ensino de Botânica, a música, integrada aos demais recursos metodológicos, pode atuar como linguagem mediadora para a abordagem de conteúdos botânicos. Segundo Vygotsky (1998), atividades mediadoras fazem parte do processo de internalização das funções psicológicas superiores e promovem o entendimento e construção do conhecimento. Além disso, é possível utilizar-se o “Samba de Coco” como exemplo para discutir a importância das interações sociais no processo de construção do conhecimento, observando-se a relação entre o ritmo musical e o diálogo dos seres humanos com a natureza. Pelo fato das atividades de trabalho serem práticas coletivas, o campo torna-se um espaço de construção social e trocas de experiências e a música, incluindo o “Samba de Coco”, permite a elaboração de símbolos e significados que são intercambiados na convivência coletivizada e comunitária, onde se dá a materialização do trabalho. Como afirma Vygotsky, “a cultura origina formas especiais de comportamento, modifica a atividade das funções psíquicas, constroi novos níveis no sistema do comportamento humano em desenvolvimento” (Vygotsky, 2004 (1931), p.34).

Dos conteúdos

*"Sobe no coco
Tira o coco
Pega o coco
Quebra o coco
Abre o coco
Pra gente coco cumê"*

Na vivência da primeira autora na Festa do Coco que ocorreu na comunidade “Quilombo do Ipiranga” (município de Conde, Paraíba), esse “Coco” foi ouvido durante a apresentação do grupo Ciranda do Vale do Gramame³⁹, acompanhado por uma dança que simula os processos de colheita do fruto. Propõe-se utilizar essa música como dinâmica inicial para apresentação do ritmo e, posteriormente, para a abordagem dos conceitos referentes ao ensino de biologia vegetal. Partindo do próprio termo “Coco” (nome da manifestação cultural e do fruto), bem como da sua relação com as canções de trabalho durante a colheita e quebra do fruto, é possível abordar suas partes úteis, levando-se em conta o conhecimento tradicional e, simultaneamente, introduzir os conceitos referentes à estrutura dos frutos.

O fruto corresponde ao ovário desenvolvido da flor, formado após a sua fecundação. Os frutos podem ser classificados de acordo com a disposição dos carpelos a partir dos quais se desenvolvem, categorizados em (i) frutos simples, (ii) agregados ou (iii) múltiplos. Os frutos simples são os mais diversos e quando maduros podem ser macios e carnosos, secos e lenhosos, ou ter uma consistência papirácea. Os frutos carnosos podem ser classificados ainda como bagas (tomates, uva, mamão), pomo⁴⁰ e drupas. O coco é um fruto simples, carnoso, do tipo drupa, com sua camada interna dura e aderida à semente, e apresenta uma camada externa fibrosa em vez de carnosa (Raven, 2007). A quebra do coco – ação característica presente no “Samba de Coco” – se faz necessária, portanto, devido aos componentes morfológicos do fruto. Internamente, o coco é composto por uma polpa e a amêndoa, as partes úteis da planta.

Esse tipo de fruto pertence às plantas conhecidas popularmente como palmeiras ou coqueiros, da família Arecaceae, anteriormente denominada Palmae. Muitas espécies dessa família são de grande valor econômico e amplamente utilizadas como recursos naturais dentro da cultura tradicional (Rufino, 2007), como, por exemplo, o coco-da-bahia (*Cocos nucifera* L.). Também é explorado industrialmente devido a sua versatilidade: água-de-coco, óleo de coco, leite de coco, coco ralado, sabão de coco, são algumas das aplicações desta planta (Lorenzi e Matos, 2008). É importante observar o papel

³⁹ Sobre as memórias do Vale do Gramame < <https://www.youtube.com/watch?v=uUtdgm9Fq7I> >

⁴⁰ Frutos carnosos e altamente especializados característico de uma subfamília das Rosaceae.

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

relevante que o *Cocos nucifera* L. já apresentava nos usos tradicionais desde o século XIX, sendo classificado como “Rei dos vegetais” (figura 03).

Figura 01: Capa da obra e descrição do coco e sua utilização na cultura indígena.



Figura 02: Descrição de *Cocos nucifera* L.

Coca ou Coqueiro da Índia. — *Cocos nucifera*, *Linn e Spl.* — *Fam. das Palmaeas.* — Esta excellente palmeira é oriunda dos paizes intertropicaes, da Azia, da Australia, da America e da Africa.

É conhecido este vegetal na Bahia por *Coco da Bahia*, e em Pernambuco simplesmente por *Coco*.

Acclimado no Novo Mundo, desde epochas remotas, vegeta no littoral sobre as ardentes arêas, donde a maior parte dos vegetaes perecem.

O fructo cresce, e toma dimensões diversas, isto é attinge ás dimensões de uma cabeça humana, e contém n'um involucre exteriormente lizo, interiormente esponjoso, quasi inteiramente composto de fibras, uma noz leubosa, dura, de côr parda, ao principio cheia de um liquido lacteo, mais tarde de um miolo oleaginoso, branco

Elle tem a fórma oval e semitrigona para a ponta, de côr verde ou acastanhada, e tem na base umas escamas coriáceas, sobrepostas, (fragmentos dos orgãos floracs).

O exterior do fructo é um espesso tecido de fibras cerradas, de côr escura; sob essa camada ha um corpo espherico, muito duro, com uma cavidade no centro, occupada por um licor branco, doce, emulsivo e refrigerante; sendo a parte interior d'este orgão forrada de uma substancia branca, espessa de 2 a 4 millimetros, doce e oleosa.

Ao corpo osseo, chamam vulgarmente *queca*, ao liquido *agua de Coco*.

Este corpo duro tem na sua base tres cicatrizes (pontos pretos), a que chamam *olhas*: uma d'ellas encerra o germen de uma futura planta.

Este corpo que forra as paredes do *Coco* por dentro quando verde ou para melhor dizer, inchado (*), é cartilaginoso e muito bom, e n'este estado é semi-transparente, meio oleoso e agradavel.

Devido à importância das palmeiras, sua diversidade em número e espécies, a família ganhou destaque na obra *Historia naturalis palmarum: opus tripartitum*⁴¹ (traduzido do latim ao português: História Natural das Palmeiras: Uma obra de três volumes), produzida pelo médico, botânico e antropólogo alemão Carl Friedrich Philipp von Martius (1794–1868). Esta obra botânica contém descrições minuciosas e ricas ilustrações (Figuras 2, 3 e 4), ao longo de mais de 550 páginas e 240 desenhos. Obras como a de Martius reforçam a importância dos desenhos científicos como fonte do saber científico e documentação da história natural. Para Kury,

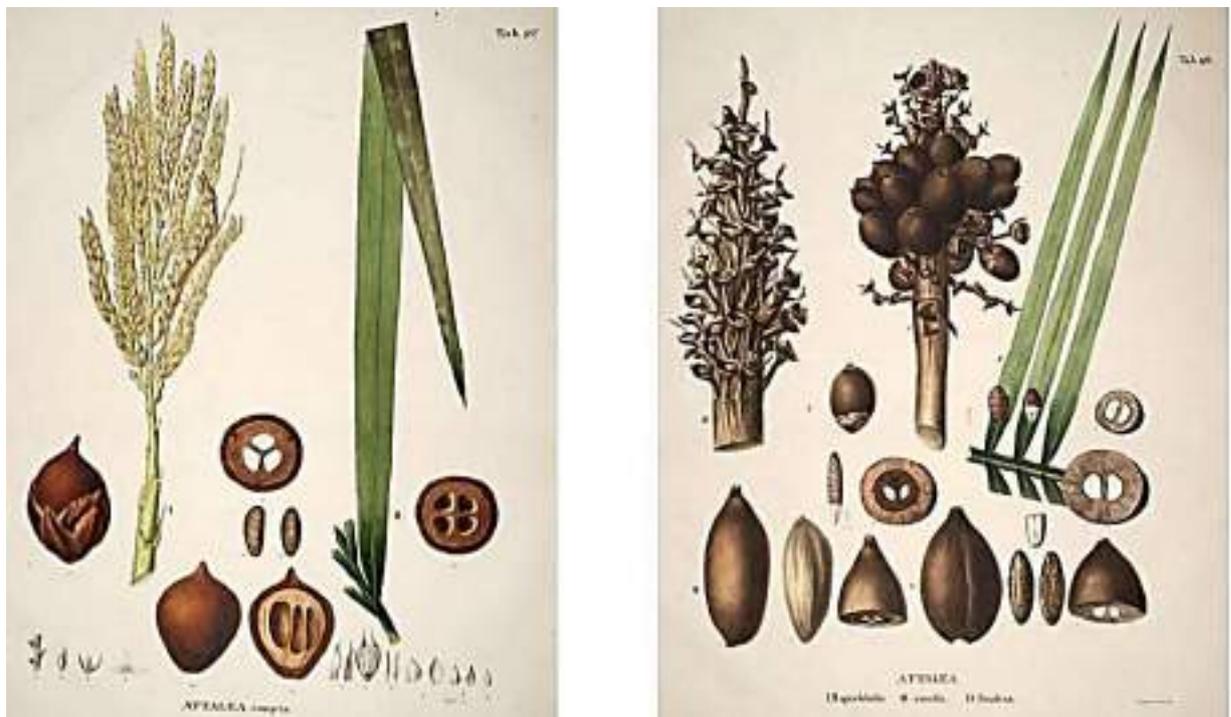
No monumental *Historia naturalis Palmarum* (1823-53), de Martius, as espécies estudadas aparecem em três registros diferentes: retratadas a partir de seus detalhes morfológicos; inseridas em seu ambiente natural (paisagens, em alguns casos com a presença de animais, de humanos e de edificações (...)) Fisionomias e detalhes alternam-se a fim de dar conta do contexto em que as espécies vivem e da descrição minuciosa de suas partes componentes, o que é essencial para a classificação e para compreensão do desenvolvimento vegetal. O naturalista evidencia aí a importância que as imagens têm em seu trabalho científico (Kury, 2001, p. 867).

Figura 03: Volumes de *Historia naturalis palmarum: opus tripartitum* e retrato de Carl von Martius.



⁴¹ Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/9916#page/11/mode/1up>

Figura 06: Desenhos científicos de espécimes botânicos da família Arecaceae. Esq. representação de *Attalae compta*; dir. representação de frutos do gênero *Attalae*.



Partindo-se dos desenhos históricos e da abordagem morfológica, bem como da discussão sobre as aplicações das plantas, é possível propor uma discussão sobre a presença dos vegetais em nosso cotidiano a partir do trabalho extrativo e do uso das plantas – no caso, aproximando o conteúdo botânico mais técnico das experiências e vivências dos alunos, promovendo a abordagem de conceitos científicos de uma maneira mais prazerosa e significativa. Esse espaço que se abre, ainda raramente presente dentro da sala de aula, dialoga com as ideias Vygotskianas de que ambientes coletivos auxiliam o desenvolvimento de funções psicológicas superiores, em última instância na apreensão de conhecimentos. Isso reforça, por exemplo, a incorporação de conhecimentos cotidianos e culturais na educação em ciências, visando à alfabetização científica. Sob a ótica da aprendizagem radical-local, a atividade proposta é corroborada pelas ideias de Hedegaard e Chaiklin (2005, p.36):

De um ponto de vista radical-local, o encontro potencial entre conceitos da matéria cotidiana e científica dá a possibilidade para as crianças desenvolverem uma compreensão mais

sistemática e analítica das questões, condições e dos problemas que estão presentes em suas condições de vida. O ensino deveria objetivar a desenvolver a habilidade de trabalhar com essas relações. Ao desenvolver essa habilidade a criança torna-se capaz de usar o conteúdo da matéria aprendido como ferramenta para analisar e refletir em atividades cotidianas locais. (tradução livre)

Além disso, a proposta de aula, os conteúdos das atividades e sua abordagem dialogam com o terceiro pressuposto de aprendizagem radical-local:

[...] o foco em relacionar conceitos acadêmicos gerais em relação às situações cotidianas e locais oferece condições melhores para tentar perceber a ideia de tornar conceitos acadêmicos em conceitos sociais ricos e ativos que são usados pelas crianças em seu pensar e agir (Hedegaard e Chaiklin (2005, p.42). (tradução livre)

Outro conteúdo botânico que se relacionada ao “Samba de coco” são os conceitos de plantas nativas e plantas naturalizadas, que podem ser introduzidos a partir da apresentação dos instrumentos musicais utilizados no ritmo. Se o ritmo do “coco” teve origem no som advindo da quebra dos frutos homônimos, aos poucos a música foi incrementada com o uso de diversos instrumentos de percussão, especialmente o pandeiro, o ganzá (chocalho), a caixa e o bombo, também chamado de alfaia (Frunghillo, 2003). O bombo é um tipo de tambor grave responsável pela marcação do ritmo. Partindo de uma frase musical cíclica (um tipo de ostinato), ele também executa variações rítmicas em diálogo com a melodia e a dança (Santana, 2018). Esse instrumento é construído a partir do caule escavado de macaíba⁴², palmeira nativa do Brasil do gênero *Acrocomia*. Há, inclusive, um “Samba de Coco” intitulado *Só se for de macaíba*, composto por Maciel Salú e Zé Dos Passos, que traz referência ao uso da macaíba na confecção deste instrumento musical.

A presença de plantas nativas no “Samba de Coco” amplia as possibilidades de estudo da flora brasileira, fomentando a discussão da sua diversidade, tendo como suporte a História da Ciência. Nesse contexto, é

⁴² <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB43452>>. Accessed on: 21 Mar. 2019.

relevante debater os aspectos históricos do período de colonização das terras brasileiras, no qual o caráter exploratório e extrativista tiveram implicações diretas na biodiversidade. A pouca variedade atual de espécies nativas da Mata Atlântica, por exemplo, é consequência de um longo processo histórico exploração dos seus recursos naturais. Por se tratar de um bioma costeiro, foi alvo dos primeiros viajantes e colonizadores que tiveram contato diretamente com a biodiversidade local. Nessa região foram instaladas as primeiras vilas e cidades e dela foram extraídas diversas espécies pelos colonos, como o pau-brasil. Além disso, a expansão agrícola e introdução de espécies exóticas como a banana, o café, o trigo, entre outros (Pavan-Fruehauf, 2000), possivelmente levaram à retirada de recursos naturais nativos mesmo antes do conhecimento dos mesmos.

Abaixo, como síntese da proposta discutida acima, apresentamos o plano de aula que foi aplicado aos estudantes do IFSP (Campus São Roque).

1. Identificação		
Instituição: IFSP - Campus São Roque	Turma: LCB	Curso: Licenciatura em Ciências Biológicas
Turno: Noturno	Disciplina: BOTB5	N. de aulas: 2 (1h30)
Professor(a)	Thailine Lima	Fernando Santiago
2. Temática da Aula: Fruto e Pseudofruto		
3. Objetivos		
Gerais:		
<ul style="list-style-type: none">• Conhecer o Samba de Coco - história e cultura popular;• Discutir a importância da família Arecaceae;• Relacionar os desenhos científicos com as práticas didáticas;• Entender a contextualização histórica dos estudos botânicos através de fontes primárias;• Propiciar o contato com metodologias para aplicação de aulas sobre botânica;		
Específicos:		
<ul style="list-style-type: none">• Compreender o que é fruto e pseudofruto e relacionar com os meios de dispersão.		

4. Conteúdo

- Introdução: Vídeo sobre a história do samba de coco e apresentação do tema da aula. Uso do fruto coco e dos desenhos.
- Desenvolvimento: A partir dos desenhos e da História do samba de coco, abordar a morfologia do fruto simples relacionando sua forma com o meio de dispersão. Frutos simples são os mais abundantes e sua estrutura pode ser dividida em: epicarpo, mesocarpo, endocarpo. Enquanto os frutos são originados a partir do desenvolvimento do ovário modificado, as sementes são os óvulos fecundados. Tipos de Frutos simples:
 - Drupa: Frutos que possuem um endocarpo duro e rígido com uma única semente aderida na sua parede. -> uma semente por carpelo. Podem ser carnosos ou fibrosos -> Mesocarpo diferenciado para dispersão.
 - Bagas: frutos que possuem muitas sementes por carpelo.
 - Pomo: maçãs e pêras. Frutos secos.
 - Indeiscentes: frutos maduros que não se abrem espontaneamente.
 - Deiscentes: frutos secos que se abrem quando maduros para dispersar as sementes.Outros desenhos de frutos foram usados para abordagem de pseudofrutos, frutos múltiplos e frutos partenocárpicos.
- Fechamento: roda de coco e conversa sobre a aula.

5. Metodologia

A aula foi dividida em duas partes:

- (i) Vídeo e Dinâmica: Conhecendo o ritmo Samba de Coco através do corpo
Organização dos desenhos e apresentação de um vídeo que fala sobre Samba de Coco. Depois os alunos conheceram o ritmo por meio de uma dinâmica corporal. Em roda, foi realizado um aquecimento e reconhecimento das articulações do corpo com o objetivo de senti-lo e movimentá-lo. Fizemos a pulsação do ritmo, uma vez que o fazer musical é coletivo, e a palma do coco que dá a base sincopada. Ao introduzir o ritmo através das palmas e movimento do corpo, cantamos um coco simples. Junto com essa dinâmica, fui contado um pouco sobre a história do Samba de Coco e a importância da cultura popular. A partir disso, introduzir o fruto coco.
- (ii) Introdução dos conteúdos botânicos referentes aos frutos com o auxílio de desenhos científicos.

6. Recursos

- Vídeos
- Instrumentos de percussão (pandeiro, e chocalho)
- Fruto coco
- Desenhos científicos
- Livros de botânica

7. Referências

1. Lorenzi, H.; Matos, F. J. A. (2008) **Plantas Medicinais no Brasil**: nativas e exóticas, 2ª edição. Instituto Plantarum, Editora Nova Odessa, SP.
2. Raven, P.H., Evert, R.F. & Eichhornl, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*, 7ª. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
3. Carvalho, J. J. de. La Etnomusicología en Tiempos de Canibalismo Musical. Una Reflexión a partir de las Tradiciones Musicales Afroamericanas. Série Antropologia, Brasília: Universidade de Brasília, nº 335, 2003.
4. Kury, L. (2001) Viajantes-naturalistas no Brasil oitocentista: experiência, relato e imagem. História, Ciência, Saúde - Manguinhos, vol. VIII (suplemento), 863-80.
5. Rufino, M. U. de L. Conhecimento e uso da biodiversidade de palmeiras (Arecaceae) no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
6. Santana, C. (2018) Batucada: experiência em movimento. Tese de doutorado em música, Instituto de Artes Unicamp, Campinas.

Fontes Primárias:

1. Dicionário de Botânica Brasileira ou Compendio: dos vegetais do Brasil, tanto indígenas como aclimados, 1873

<<https://www.biodiversitylibrary.org/item/23321#page/9/mode/1up>>

2. Historia naturalis Palmarum (1823-53)

<<https://www.biodiversitylibrary.org/item/9916#page/11/mode/1up>>

Vídeo:

1. **Samba de Coco - Projeto Balaio de História**

<<https://www.youtube.com/watch?v=qcU8IDZi7xA&t=300s>>

Considerações finais

A proposta de aliar desenhos botânicos, conceitos científicos, história e cultura popular pode tornar o ensino de Botânica mais dinâmico, interessante e próximo da vida dos estudantes. É relevante ressaltar que os caminhos metodológicos aqui utilizados, além da questão de ensino e aprendizagem, prezam pela valorização da ciência e da cultura brasileiras. A inter-relação entre o contexto histórico dos estudos botânicos, a importância das plantas na cultura popular e o conhecimento tradicional pode despertar a curiosidade dos alunos, expandindo sua perspectiva sobre o conhecimento e aprendizado sobre botânica e cultura, além de contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias de ensino que estejam conectadas com a realidade social da turma. Em suma, pode melhorar o processo de ensino e aprendizagem de uma parte relevante do conteúdo da ciência ao aproximar conceitos teóricos da

realidade e experiência dos educadores e alunos através de uma abordagem interdisciplinar.

Referências

Almeida, B. M. et al. (2018) Aprendizagem lúdica: uma contribuição para a formação básica e inicial de professores no ensino da Botânica. **Revista Perspectiva: Ciência e Saúde**, v. 3, n. 1.

Ayala, Ma. I. N. (1999) Os cocos: uma manifestação cultural em três momentos do século XX. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 35, p. 231-253.

Balbinot, M. C. (2005) Uso de modelos, numa perspectiva lúdica, no ensino de Ciências. **In: Anais do IV Encontro Ibero-Americano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que Fazem Investigação na sua Escola.**

Barros, M. D. M.; Zanella, P. G.; Araújo-Jorge, T. C. (2013) A música pode ser uma estratégia para o ensino de Ciências Naturais? Analisando concepções de professores da educação básica. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 81-94.

Callegario, L. J.; Rodrigues Jr., E., Luna, F. J.; Malaquias, I. (2017) As Imagens Científicas como Estratégia para a Integração da História da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.17, n.3, p. 835-852.

Carvalho, J. J. de. **La Etnomusicología en Tiempos de Canibalismo Musical. Una Reflexión a partir de las Tradiciones Musicales Afroamericanas.** Série Antropologia, Brasília: Universidade de Brasília, nº 335, 2003.

Chartier, R. Cultura popular: revisitando um conceito historiográfico. **Revista Estudos Históricos**, v. 8, n. 16, p. 179-192, dez. 1995.

Costa, C. (2005). **Educação, imagem e mídias.** São Paulo: Cortez.

Faria, M. F. D., e Pataca, E. (2005). Ver para crer: a importância da imagem na gestão do Império Português no final de setecentos. **Anais, Série História**, 61-98.

Figueirôa, S. F. de M.; Silva, C. P. da; Pataca, E. M. (2004) Aspectos mineralógicos das Viagens Filosóficas. pelo território brasileiro na transição do século XVIII para o século XIX. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v.11, n.3, p.713-729.

Flora do Brasil 2020 (em construção). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>.

Frunghillo, M. D. (2003). **Dicionário de Percussão**. São Paulo: Ed. UNESP.

Hedegaard, M.; Chaiklin, S. (2008) Radical-local teaching and learning: A cultural-historical perspective on education and children's development. In: **Childhood Studies and the Impact of Globalization**. Taylor & Francis. p. 182-201.

Heering, P.; Höttecke, D. (2014) Historical-investigative approaches in science teaching. In: **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**. Springer, Dordrecht, p. 1473-1502.

Kury, L. (2001) Viajantes-naturalistas no Brasil oitocentista: experiência, relato e imagem. História, Ciência, Saúde - **Manguinhos**, vol. **VIII** (suplemento), p.863-80.

Lima, R. V. de. (2018) **Samba de coco de Arcoverde-PE: práticas e representações na construção de um patrimônio cultural (1980-2010)**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em História), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE.

Lopes, Ma. M. (1997) **O Brasil descobre a pesquisa científica: os museus e as ciências naturais no século XIX**. São Paulo: Hucitec.

Lorenzi, H.; Matos, F. J. A. (2008) **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**, 2ª edição. Instituto Plantarum, Editora Nova Odessa, SP.

Martins, I.; Gouvêa, G.; Piccinini, C. (2005) . Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 4, p. 38-40.

Matthews, M. S. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.12, n.3, p. 164-214.

Moll, L. C.; Greenberg, J. B. (1996). **A criação de zonas de possibilidades: combinando contextos sociais para a instrução. Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica**. Porto Alegre: Artes Médicas.

Pavan-Fruehauf S. (2000). **Plantas Medicinais de Mata Atlântica – Manejo sustentado e amostragem**. São Paulo, SP: Anablume: Fapesp.

Rufino, M. U. de L. (2007) **Conhecimento e uso da biodiversidade de palmeiras (Arecaceae) no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Santana, C. (2018) **Batucada: experiência em movimento**. Tese de doutorado em música, Instituto de Artes Unicamp, Campinas.

Sekeff, M. L. (2007). **Da música**. São Paulo: Editora da Unesp. 2a Edição
Sonoros ofícios: cantos de trabalho: circuito 2015/2016. - Rio de Janeiro: Sesc, Departamento Nacional, 2015. 80 p. - (Sonora Brasil)

Stuart, R. de C.; Marcondes, M. E. R. (2018). O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de Química visando o ensino por investigação e a promoção da alfabetização científica. **Ensaio**, v. 20, p.1-28.

Vygotsky, L. S. (2004) **Teoría de las emociones: studio históricopsicológico**. Madrid: Akal Universitaria. (Original publicado em 1931).

Vygotsky, L. S. (1998) **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes.

CAPÍTULO 13 – A SÍNTESE DA UREIA NO SÉCULO XIX: UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM HISTÓRICA CONTEXTUALIZADA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Ana Carla de Sousa Silva e Breno Arsioli Moura

Introdução

Pesquisas recentes na área de ensino de química evidenciam como os currículos tradicionais enfatizam os aspectos conceituais e tratam a ciência de maneira superficial, descontextualizada, a-histórica e socialmente neutra (Mortimer et al., 2000; Callegario et al., 2015). Nesse viés, o ensino de química fica restrito à transmissão e memorização de conceitos, execução de exercícios e aplicações de regras, o que tem como consequência um processo de ensino e aprendizagem insuficiente para o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias para exercer ativamente a cidadania (Chassot, 1990; Gil Pérez et al., 2001; Peduzzi, 2001; Porto, 2010).

Há muitos anos, a história da ciência tem sido reconhecida como um potencial recurso pedagógico para o ensino, uma vez que ilustra a relação do conhecimento científico com a sociedade e a cultura, o papel da imaginação e da criatividade dos cientistas, a mutabilidade do conhecimento, entre outros pontos (Matthews, 1995; Porto, 2010). Na literatura, podemos encontrar uma boa quantidade de trabalhos que atuam na interface entre história da ciência e ensino de química que serviram de base para as discussões do presente capítulo (Cachapuz e Paixão, 2003; Porto, 2010; Marcondes e Martorano, 2012; Lopes e Piccoli, 2013; Araújo e Baldinato, 2015). Esse trabalho está inserido na área de química orgânica, envolvendo o episódio histórico da síntese artificial da ureia, por Friedrich Wöhler (1800-1882). Esse episódio

geralmente está associado ao início da química orgânica como área particular da química e à derrubada do vitalismo, uma corrente filosófica da época, que apregoava a existência de um princípio vital exclusivo às substâncias orgânicas. Nessa área específica, há poucos estudos especializados que a entrelacem com conteúdos históricos no Brasil (Porto e Vidal, 2011; Calixto e Cavalheiro, 2012; Cedran et al., 2012), o que indica que há um nicho a ser explorado.

Nesse capítulo, relatamos os subsídios, a estrutura e alguns aspectos dos resultados da aplicação de uma proposta de abordagem histórica contextualizada acerca da síntese da ureia, trabalhada em uma turma de ensino médio de uma escola pública de São Caetano do Sul (SP).⁴³ Ela se ampara na historiografia acerca do episódio⁴⁴ e em uma adaptação para o ensino médio da Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHIC), elaborada originalmente para a formação de professores (Moura e Silva, 2014).

Primeiramente, apresentamos alguns detalhes sobre o episódio histórico da síntese da ureia, incluindo as diferentes visões presentes na historiografia da ciência sobre os feitos de Wöhler. Em seguida, discutimos a AMHIC e as adaptações realizadas para a aplicação em um contexto de ensino médio. Depois, descrevemos a estrutura da proposta aplicada. Por fim, comentamos alguns dos resultados dessa aplicação.⁴⁵ Acreditamos que, com as descrições e discussões seguintes, é possível promover, em variadas situações, métodos diferenciados de ensino e aprendizagem de conceitos da química orgânica, fundamentados em aspectos da história da ciência.

A síntese da ureia no século XIX

A história da síntese da ureia está diretamente relacionada à Friedrich Wöhler, químico prussiano⁴⁶ nascido em 31 de julho de 1800, na cidade de Eschersheim, próxima a Frankfurt. Desde muito jovem se interessou pelo estudo da química, no entanto, matriculou-se no curso de medicina na

⁴³ Esse é um recorte de uma pesquisa mais ampla, que pode ser conferida em Silva (2018).

⁴⁴ Outras possibilidades de utilizar esse episódio podem ser conferidas em Porto e Vidal (2011).

⁴⁵ Como a finalidade do capítulo é apresentar a proposta, não divulgamos nenhum dado dos alunos participantes. Para mais detalhes, ver Silva (2018).

⁴⁶ O estado alemão surgiria apenas em 1871, sendo até então denominado de Prússia. Ver Kitchen (2013).

Universidade de Marburg. Por sua vez, isso não o impossibilitou de seguir com seus experimentos na química, resultando, inclusive, em sua primeira publicação científica.⁴⁷ Após um ano, Wöhler optou pela transferência para a Universidade de Heidelberg, onde continuou seus estudos em medicina, porém, concomitantemente, continuou a estudar química, orientado pelo professor Leopold Gmelin (1788-1853). No laboratório de Gmelin, deu início aos experimentos com ácido ciânico, descrevendo sua formação pela ação de cianogênio (C_2N_2) sobre a barita ($BaSO_4$).

Wöhler concluiu o curso de medicina no ano de 1823. Gmelin recomendou que Wöhler fosse para Estocolmo, Suécia, aprofundar seus estudos em química com Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), que, em 1823, concordou em recebê-lo para trabalhar como assistente em seu laboratório. Lá, Wöhler passou aproximadamente um ano e teve a oportunidade de conhecer vários químicos e construir uma forte amizade com Berzelius. Esse último foi um dos químicos famosos de sua época, por, dentre outras contribuições, ter descoberto os elementos químicos tório e selênio, bem como ter sugerido a classificação dos elementos químicos a partir das duas primeiras letras de seus respectivos nomes em latim (Leicester, 2007).

Em 1822, Wöhler descobriu os cianatos, sais derivados do ácido ciânico ($HOCN$). A composição que ele encontrou para o cianato de prata ($AgNCO$) foi a mesma obtida por Justus von Liebig (1803-1873)⁴⁸ para o fulminato de prata ($AgCNO$), sal derivado do ácido fulmínico ($HNCO$). Considerando que cianatos e fulminatos apresentavam propriedades químicas diferentes, Wöhler e Liebig refizeram os experimentos, efetuaram novas análises, e concluíram que os dois compostos apresentavam, efetivamente, a mesma composição. Desse modo, quando Berzelius publicou os resultados desses experimentos, em 1830, ele utilizou pela primeira vez o termo “corpos isoméricos” para se referir a diferentes compostos com a mesma composição química, e chamou o fenômeno de “isomerismo”⁴⁹ (Kauffman e Choolljian, 2001; Keen, 2005).

⁴⁷ Wöhler, F. (1821). Ueber einige Verbindungen des Cyans. **Gilberts Ann. Phys**, v. 69, p. 271-282.

⁴⁸ Químico alemão, considerado um dos fundadores da química orgânica em seu país. Era amigo de Wöhler, com quem trabalhou colaborativamente em alguns estudos (Maar, 2006).

⁴⁹ Encontramos algumas divergências em relação à data em que Berzelius empregou o termo. Para Partington (1960), Berzelius reconheceu a existência do fenômeno e o chamou de isomerismo em 1827, tal como fazia referência ao resultado do experimento de Wöhler e Liebig

Seguindo com suas pesquisas, na expectativa de produzir cianato de amônio (NH_4OCN), Wöhler percebeu que, ao combinar ácido ciânico e amônia (NH_3), os produtos formados eram sempre os mesmos: ácido oxálico ($\text{HO}_2\text{CCO}_2\text{H}$) e uma estranha substância branca. Depois de realizar muitos experimentos, incluindo a comparação da composição elementar e o número relativo de átomos de nitrogênio, carbono, hidrogênio e oxigênio do cianato de amônio com os dados obtidos por William Prout (1785-1850),⁵⁰ Wöhler concluiu que os valores continuavam idênticos. Assim, em um artigo publicado em 1828, Friedrich Wöhler afirmou que a substância branca era ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) (Kauffman e Choolljian, 2001; Wöhler, 1828).

O episódio da síntese da ureia é considerado geralmente como o marco da derrubada das concepções vitalísticas existentes no período. Essas concepções admitiam a existência de um princípio vital na matéria, ou seja, para os vitalistas, a forma de manifestar os fenômenos vivos não se devia a uma influência externa – *ânima* – nem a simples organização da matéria, como afirmavam os mecanicistas; pelo contrário, o vitalismo sustentava que os fenômenos vitais se deviam à existência de propriedades fisiológicas inerentes à matéria viva. Essas propriedades vitais seriam responsáveis pela diferença entre a matéria inerte e a matéria viva e colocariam os fenômenos vivos em condições substancialmente diferentes daqueles que se produziam no meio inorgânico (Bechtel e Richardon, 1998; Priven, 2009). Com isso, o vitalismo estabelecia uma diferenciação qualitativa entre os fenômenos vivos, considerados atos vitais, e os fenômenos da matéria inerte, não vitais. Por outro lado, os compostos orgânicos, derivados das plantas e de fontes animais, eram menos estáveis, mais propícios à decomposição e tinham formações mais difíceis de serem identificadas por meio de análises elementares. Enquanto os compostos inorgânicos seguiam as leis da química e eram

em análises ao ácido ciânico e fulmínico respectivamente. O autor acrescenta que, em 1833, Berzelius diferenciou dois casos de isomerismo, o metamerismo, quando dois compostos apresentavam o mesmo número de átomos, como no caso do ácido fulmínico e ciânico, e o polimerismo, quando o número relativo de átomos era o mesmo, mas o número absoluto era diferente, situação do benzeno e das olefinas. Já segundo Leicester (2007) o termo foi empregado no ano de 1831.

⁵⁰ Prout havia realizado análise da ureia a partir da urina, uma década antes de Wöhler conduzir seu experimento. A hipótese de Prout considerava que as massas atômicas de todos os elementos químicos corresponderiam a um múltiplo inteiro da massa atômica do hidrogênio (Wöhler, 1828).

facilmente analisados e sintetizados, os compostos orgânicos somente poderiam ser produzidos por plantas e animais por meio de uma misteriosa força vital que não poderia ser replicada em laboratório (Bechtel e Richardon, 1998; Normandin e Wolfe, 2013).

A historiografia acerca desse episódio apresenta diferentes posições. Por um lado, alguns historiadores defenderam a importância do experimento de Wöhler para o fim do vitalismo, por outro, há historiadores – especialmente da segunda metade do século XX – que buscaram contextualizar a síntese à luz dos eventos de sua época. Descrevemos a seguir algumas dessas opiniões divergentes.

Segundo o historiador Ramberg (2000), no ano de 1855, Edward Frankland (1825-1899) definiu que, para os pensadores da época, a força vital era a única responsável pela formação dos corpos orgânicos e que estes compostos não poderiam ser sintetizados, a menos que os órgãos de plantas ou de animais fossem produzidos artificialmente. Jaffe (1976) reforçou a ideia, ao enfatizar que o homem jamais conseguiria reproduzir a força vital: “Conseqüentemente, foi criada uma oportuna distinção entre os compostos orgânicos e inorgânicos, que teria ficado extremamente abalada quando Wöhler publicou seu artigo em 1828.

De acordo com Campaigne (1955), muitos químicos da época reconheceram a importância da síntese. Jean-Baptiste Dumas (1800-1884), em 1830, escreveu que todos os químicos haviam aplaudido a brilhante descoberta feita por Wöhler sobre a produção artificial da ureia e, em 1837, Liebig disse que ela deveria ser considerada uma das descobertas que marcaram o início de uma nova era na ciência. O próprio Campaigne (1955, p. 403) defendeu que, “com a síntese da ureia, em 1828, foi soada a trombeta da morte do vitalismo”.

Da mesma forma, Ramberg (2000) aponta que, no obituário elaborado em 1882 por August Wilhelm Hofmann (1818-1892), a síntese foi rotulada como uma descoberta épica, recebida com júbilo e considerada primordial para a unificação da química. Ira Remsen (1847-1927) em 1887, por sua vez, escreveu que era difícil exagerar a importância da síntese de Wöhler e que a formação de ureia no laboratório podia ser associada a um milagre. Nesta

mesma linha, Thorpe (1902), pontuou que a síntese era uma descoberta notável para a história da ciência e que deveria ser lembrada como tal.

A historiografia produzida sobre esse episódio, aproximadamente até a metade do século XX, aponta para uma idealização do trabalho de Wöhler. Diversos artigos, homenagens e trabalhos sobre o autor buscaram ressaltar o caráter inédito da descoberta e seu papel para a derrubada definitiva do pensamento vitalista, uma vez que, ao contrário do que se imaginava, substâncias consideradas orgânicas poderiam ser sintetizadas em laboratório.

Outros trabalhos sobre a síntese da ureia sugerem que o experimento de Wöhler não teve um papel de destaque no desfecho do vitalismo. Lipman (1964) defendeu que essa visão perpetuada a respeito da derrubada do vitalismo fez parte de um conjunto de amplas colocações históricas imprecisas, que não são mais aceitas. O autor afirmou que o experimento de Wöhler foi parte de muitas evidências que mudaram o pensamento vitalista que, por sua vez, desapareceu como consequência do surgimento de novas indagações que não foram solucionadas por meio das explicações propostas pela teoria vital. Da mesma forma, Brooke (1968) enfatizou que a ausência na abordagem das ambiguidades, um marco na literatura do período, permitiu sustentar a visão de que a síntese da ureia havia exercido implicações imediatas. No entanto, o autor não negou a importância da síntese, pelo contrário, sinalizou que o experimento de Wöhler foi responsável por fornecer incentivos para estabelecer um programa estrutural para a química orgânica, com destaque para o fenômeno da isomeria. Nessa mesma linha, Benfey (1992) afirmou que uma das principais consequências da síntese foi ter despertado a atenção dos químicos para a possibilidade de preparar compostos orgânicos em laboratório, além de ter fornecido um exemplo intrigante sobre duas substâncias, cianato de amônio e ureia, que apresentavam a mesma composição química com propriedades muito distintas.

Dessas últimas posições, é possível notar que não há dúvidas sobre a importância da síntese, tampouco sobre as habilidades experimentais de Wöhler. Apesar disso, parece ser uma conclusão desses estudos que atribuir a um único experimento a causa da derrubada do vitalismo seria tornar a síntese da ureia uma mera anedota.

A Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHIC)

Como abordar de maneira adequada o episódio histórico da síntese da ureia em um contexto de ensino médio? A resposta a essa pergunta envolveu a adaptação de uma proposta de ensino contextualizado (Klassen, 2006) desenvolvida originalmente para o âmbito da formação inicial de professores: a Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHIC). Nos parágrafos seguintes, apresentamos os aspectos principais da proposta original, a qual pode ser conferida na íntegra em Moura (2012) e Moura e Silva (2014).

A AMHIC, em sua concepção inicial, teve como objetivo fomentar uma formação crítico-transformadora de professores de física. Esta formação pressupõe a integração da formação específica e a pedagógica, uma vez que está pautada nas seguintes ações, que o futuro docente deve exercitar: dialogar de forma crítica com o mundo; compreender seu papel como formador de cidadãos, que também devem exercer papel ativo na sociedade; estabelecer relações entre a física e outros conhecimentos; relacionar o conhecimento físico com o conhecimento pedagógico; entender a física como um conhecimento historicamente construído. Para o autor, o emprego de uma abordagem contextualizada da história da ciência pode promover uma formação crítico-transformadora de professores, uma vez que favorece uma visão mais crítica, problematizada e diacrônica da ciência (Moura e Silva, 2018).

A AMHIC é construída sobre dois pilares: os episódios históricos e os contextos de análise. Os episódios históricos são definidos como uma série de acontecimentos que possuem um aspecto central em comum e que estão relacionados entre si em uma perspectiva dependente ou independente. Nesses termos, um episódio histórico pode englobar tanto “[acontecimentos] que ocorreram em um curto intervalo de tempo ou que envolveram um número pequeno de pessoas quanto aqueles que abrangeram décadas e estiveram relacionados às ideias de diversos indivíduos” (Moura, 2012, p. 95). Na AMHIC, os episódios históricos são estudados a partir de três diferentes contextos: científico, metacientífico e pedagógico. Moura e Silva (2014, p. 338) os definem da seguinte maneira:

O contexto científico é a dimensão de estudo dos episódios históricos em que são analisados os principais conceitos científicos neles presentes. Podemos dividir esta dimensão em duas vertentes indissociáveis – a prática e a teórica. A vertente prática explora aspectos experimentais presentes no episódio; enquanto a vertente teórica aborda os aspectos conceituais. [...] O contexto metacientífico analisa aspectos epistemológicos, filosóficos, sociológicos e culturais dos episódios, complementando, dessa maneira, o contexto científico. [...] Por sua vez, o contexto pedagógico é constituído de momentos que fomentam a construção de saberes didático-pedagógicos para que o licenciando desenvolva uma atitude crítico-transformadora em sua futura prática docente; trata-se de olhar para a historicidade do conhecimento com o viés da sala de aula.

O estudo dos episódios históricos por esses três contextos é iniciado com uma problematização, em que são extraídos elementos, eventos ou conceitos dos episódios que podem ser tratados como um problema. Nesse sentido, os autores buscaram evitar que as discussões ficassem restritas à apresentação de nomes e datas, mas que levassem os licenciandos a refletir sobre pontos cruciais dos episódios e mobilizassem seus conhecimentos para compreendê-los mais adequadamente. Na proposta original, a problematização partiu da discussão de aspectos da natureza da ciência (NdC) (Lederman, 2007; McComas et al., 1998).

Para a implementação no contexto de ensino médio, mantivemos basicamente a estrutura original da AMHIC, ou seja, também nos apoiamos em uma concepção de ensino contextualizado, que incorporou duas características fundamentais, os episódios históricos e os contextos de estudo. Mantivemos os três contextos de estudo, porém, os seus propósitos foram readequados para a educação básica, conforme descrevemos a seguir.

Em relação ao contexto científico, tivemos o intuito de trabalhar com os participantes os conceitos científicos presentes no episódio da síntese da ureia. Ressaltamos que não tínhamos como finalidade que os alunos decorassem regras, mas que compreendessem a origem e a validade dos conteúdos na época em que foram produzidos, ou seja, por meio da inserção de conteúdos históricos, esperávamos que percebessem os conceitos científicos como mutáveis e não como verdades absolutas.

No que tange ao contexto metacientífico, em nossa aplicação, acreditamos que seria relevante para o aluno a possibilidade de compreender que a ciência não se representa apenas por seus produtos, mas também pelo resultado das peculiaridades históricas de sua época. Pretendíamos que a análise do episódio da síntese da ureia propiciasse a compreensão de forma mais ampla dos aspectos envolvidos na construção do conhecimento científico. Os aspectos da NdC presentes no episódio foram abordados de maneira explícita, assim como na versão original da AMHIC (Moura, 2012). Dessa maneira, os alunos foram estimulados a refletir direta e objetivamente sobre a construção do conhecimento científico. A problematização dos episódios históricos a partir do contexto metacientífico complementou o contexto científico, pontuando e evidenciando diferentes aspectos que influenciam a elaboração desse conhecimento.

A adaptação do contexto pedagógico foi a mais significativa. Na proposta original, esse contexto implicava na reflexão, por parte dos professores em formação, de como os aspectos históricos dos episódios poderiam ser trabalhados em contextos de sala de aula. Claramente, não poderíamos propor que alunos do ensino médio pensassem em metodologias ou estratégias de ensino para trabalhar com a história da ciência. Dessa forma, o contexto pedagógico nessa adaptação voltou-se à primeira autora deste capítulo (ACSS), que atuava como a professora da turma em que a proposta foi aplicada. Tal contexto se alicerçou na reflexão, na construção das atividades e na assimilação de novos conhecimentos que viabilizaram uma prática docente mais crítica e transformadora, como preconiza a versão original.

Considerando que, no início da concepção da proposta, a pesquisadora não havia tido contato com a área da história da ciência, foi necessário realizar muitas leituras e fomentar momentos de discussões com os docentes do curso e também com amigos que partilhavam da profissão, que facilitaram a compreensão da ciência como atividade humana socialmente construída e o conhecimento químico que foi direcionado aos alunos do ensino médio como histórico. Para a elaboração das atividades direcionadas aos alunos, foi fundamental se apropriar dos preceitos de uma educação dialógica e problematizadora, que comunica ao invés de impor, que busca fomentar o pensamento de forma crítica (Freire, 2005, 2011). Portanto, o contexto

pedagógico, nessa adaptação para o ensino médio, se volta àquele ou àquela que aplicará a proposta, com o intuito de promover nele ou nela uma visão mais crítica da educação e dos processos de ensino e aprendizagem.

No quadro 01, a seguir, apresentamos uma comparação entre a AMHIC em sua versão original e a AMHIC direcionada para o ensino médio.

Quadro 01: Comparação da estrutura das duas versões da AMHIC.

	AMHIC (original)	AMHIC (Ensino Médio)
Objetivo	Favorecer a formação crítico-transformadora de licenciados de física, por meio de um viés histórico.	Favorecer o desenvolvimento de habilidades e competências para o exercício da cidadania nos discentes, concomitante com o desenvolvimento crítico-transformador da professora-pesquisadora e dos alunos.
Contexto Científico	Abordar os modelos, leis e teorias da física relacionados ao desenvolvimento de ideias científicas.	Abordar os conceitos envolvidos no desenvolvimento da química orgânica.
Contexto Metacientífico	Refletir sobre o processo de construção da ciência.	Refletir sobre o processo de construção da ciência.
Contexto Pedagógico	Propiciar momentos de reflexão para que o licenciando trabalhe com os conteúdos históricos em sua futura atividade	Propiciar a formação do professor para que aborde conteúdos históricos em sua prática docente.

	docente.	
Problematização	Por meio da natureza da ciência.	Por meio da natureza da ciência.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Estrutura da proposta

Com base nos pressupostos teóricos considerados anteriormente – tanto da historiografia quanto da AMHIC – apresentamos a seguir a estrutura da AMHIC para a discussão do episódio da síntese da ureia. No quadro 02, estão as possibilidades de estudo do episódio em cada um dos contextos da abordagem. Para o contexto pedagógico, foram inseridos materiais, cujas leituras podem auxiliar o professor no conhecimento a respeito do episódio histórico.

Quadro 02: Contextos da AMHIC a partir do episódio da síntese da ureia.

Contexto científico	Vertente teórica	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Conceitualizar compostos isômeros. ◦ Identificar compostos isômeros.
	Vertente prática	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Construir o modelo tridimensional da ureia.
Contexto metacientífico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os modelos propostos pelos cientistas são formas de representar os fenômenos reais. 2. As alterações na ciência são lentas, ou seja, um único experimento não derruba uma teoria. 	
Contexto pedagógico	<p>Para esse episódio, grande parte dos estudos historiográficos está em inglês, mas, também é possível encontrar algumas boas fontes em português:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Kauffman e Chooljian (2001); ◦ Porto e Vidal (2011); ◦ Silva (2018). <p>Em relação aos aspectos do contexto metacientífico, o professor pode encontrar bons subsídios nos seguintes materiais:</p>	

	<ul style="list-style-type: none">◦ Gil Pérez et al. (2001);◦ Moura (2014);◦ Martins (2015).
--	--

Fonte: Elaborado pelos autores.

A proposta foi aplicada originalmente em duas aulas de 50 minutos em uma escola pública do município de São Caetano do Sul (SP), onde a autora ACSS lecionava. Como elemento problematizador, utilizamos a seguinte questão: *vocês acreditam que o resultado de um experimento pode desacreditar uma teoria, como o vitalismo, que apresentava diversas vertentes?* A partir dele, trabalhamos com os contextos científico e metacientífico da AMHIC utilizando os seguintes materiais: um vídeo que apresentava um breve relato a respeito do experimento feito por Wöhler,⁵¹ slides em que foram discutidos conceitos centrais do episódio e um texto com parte do artigo original de Wöhler.⁵² Detalhamos a seguir como cada um desses materiais foi trabalhado segundo os contextos da AMHIC.

O vídeo exibido aos alunos faz parte de um documentário produzido pela *Discovery Channel*, intitulado “As 100 maiores descobertas: Química”. Nele, é retratado como Wöhler teria desenvolvido e interpretado o experimento que resultou na produção da ureia. Sem considerar o contexto em que Wöhler desenvolveu suas ideias ou mesmo sua trajetória pregressa na química, o vídeo retrata a síntese da ureia como uma sucessão de passos simples, em que o cientista alemão teria facilmente notado a semelhança entre o composto produzido e o encontrado na natureza. Em seguida, há uma breve entrevista do apresentador com Roald Hoffman (1937-), vencedor do Nobel de química em 1981. Para Hoffman, além da síntese da ureia ter sido uma grande descoberta por ter derrubado “uma parede”, foi importante por exemplificar que substâncias orgânicas e inorgânicas são formadas, em sua essência, por átomos.

A descrição da síntese da ureia no vídeo permitiu aprofundar a problematização inicial do episódio. A partir dela, foram discutidos alguns aspectos biográficos de Wöhler e do estado dos estudos em química na época,

⁵¹ Disponível em: <http://youtu.be/bNSySuFQAWA>, acesso em mar. 2019.

⁵² Veja o apêndice deste capítulo.

enfazando o papel da conjuntura histórica e científica no episódio. Nesse momento, já foi possível trabalhar questões do contexto metacientífico, esclarecendo que as descobertas científicas são raramente produtos do acaso ou derivadas apenas da mente de uma única pessoa. Ademais, também foi destacada a questão de que um único experimento dificilmente derrubaria uma teoria, considerando que as alterações na ciência ocorrem de forma gradativa.

Posteriormente, na lousa digital, por meio de *slides* (figura 01), foi apresentada a fórmula molecular da ureia e alguns conceitos foram retomados – como a representação para compostos iônicos e moleculares – e outros foram introduzidos, como o conceito de isomeria. Nessa ocasião, trabalhamos sob a vertente prática e teórica do contexto científico. Foi possível notar que a maioria dos alunos não se recordava dos conceitos de fórmula mínima e percentual, no entanto demonstraram compreender o conceito de isomeria, considerando que já possuíam conhecimento a respeito das funções orgânicas oxigenadas e nitrogenadas.

Figura 01: Exemplo dentre os slides trabalhados com os alunos. No slide abaixo está descrita a síntese do conteúdo científico desenvolvido na aula.

• Em síntese:

REPRESENTAÇÕES		
Fórmulas	Compostos Iônicos (cianato de amônio)	Compostos Moleculares (ureia)
MÍNIMA (proporção átomos)	CH_4ON_2	CH_4ON_2
PERCENTUAL (proporção massa)	CH_4ON_2	CH_4ON_2
	NH_4OCN (ION-FÓRMULA)	CH_4ON_2 (FÓRMULA MOLECULAR)

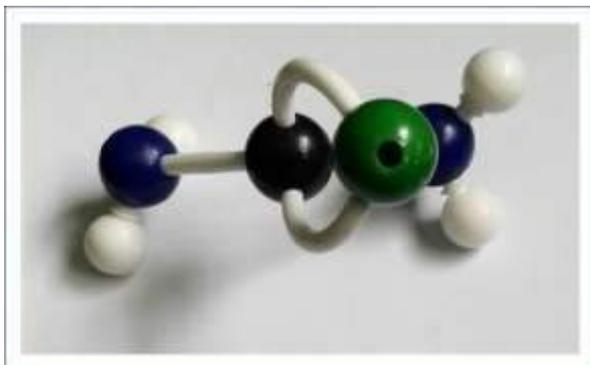
ISÔMEROS

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, foi proposto aos alunos que construíssem o modelo tridimensional da ureia, a partir de kits moleculares. Dois dos quatro grupos montaram a estrutura da ureia de maneira adequada, seguindo os preceitos conhecidos atualmente (figura 02). Entretanto, os outros dois grupos tiveram

dificuldades, muito possivelmente por não se atentarem a alguns conceitos ou ainda ao número de furos que havia nas esferas maiores, pois eram iguais.

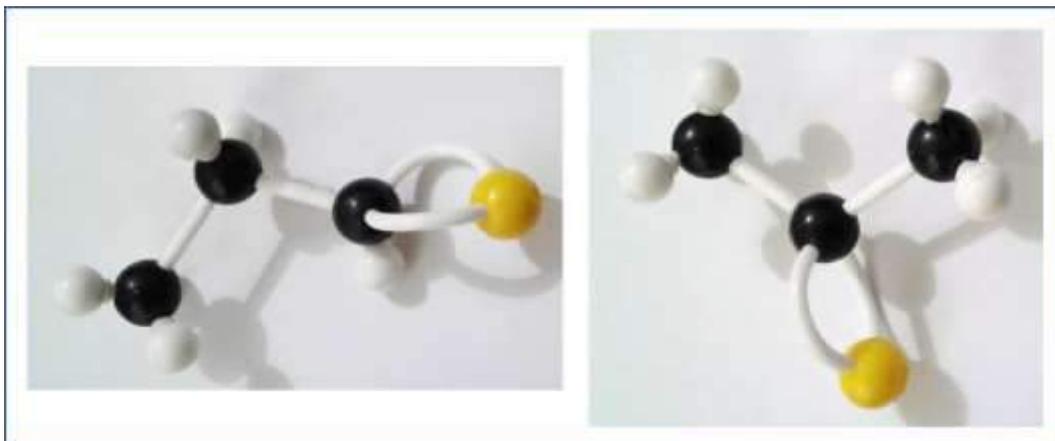
Figura 02: Representação tridimensional correta da molécula de ureia, elaborada por um dos grupos de alunos.



Fonte: Silva (2018, p. 104).

Posteriormente à apresentação do conceito de isomeria, foi solicitado aos alunos que construíssem duas estruturas quaisquer que representassem compostos isômeros. Nessa atividade, todos os grupos elaboraram as moléculas adequadamente. Um exemplo de compostos isômeros construídos pelos alunos está na figura 03. A utilização dos modelos moleculares auxiliou na compreensão dos conceitos da aula expositiva, mediante a visualização, representação concreta e tridimensional da complexidade envolvida na estrutura das moléculas. Assim, a vertente prática do contexto científico foi ressaltada, favorecendo a percepção dos alunos em relação aos modelos e teorizações envolvidos no processo de desenvolvimento de uma ideia científica para representar fenômenos reais.

Figura 03: Representação dos isômeros propanal C_3H_6O (à esquerda) e propanona (C_3H_6O) (à direita), elaborada por um dos grupos de alunos.



Fonte: Silva (2018, p. 107).

A atividade seguinte trabalhou com uma tradução de trechos do artigo de Wöhler, publicado em 1828, no qual ele relata a síntese da ureia. A leitura foi feita individualmente e em seguida a turma expôs as percepções a respeito do material, tendo como base as questões de interpretação e as discussões realizadas nas aulas anteriores. Após os alunos terem apresentado suas impressões, foram expostas algumas interpretações que abrilhantavam o experimento da síntese da ureia e que enalteciam Wöhler, reforçando a ideia de um otimismo científico socialmente ingênuo, de acúmulo contínuo, progressivo e linear do conhecimento, que se faz presente no livro didático utilizado pela turma. Em contraponto, foram discutidas as interpretações que consideravam a influência da dinâmica social sobre a construção do conhecimento científico, o processo gradual de busca por explicações para os fenômenos naturais, ou seja, que reconheciam a contribuição que Wöhler forneceu para a ciência, porém, sem idealizá-lo exageradamente.

Em seguida, foi solicitado que os alunos entregassem por escrito as respostas às questões ao final do texto. Pudemos identificar que a maioria deles compreendeu que o objetivo de Wöhler ao sintetizar a ureia não foi questionar a doutrina vitalística. Além disso, nos pareceu que para esses alunos a principal motivação de um cientista é a curiosidade e a busca por explicações para sanar eventuais dúvidas. Para eles, foi esse desejo que levou Wöhler a esclarecer o fenômeno observado, e que segundo suas premissas,

era um tanto quanto diferente do esperado. Por fim, de maneira geral, o registro dos alunos demonstrou que eles compreenderam a importância do procedimento experimental realizado por Wöhler para o estudo dos compostos isômeros, mas que somente a síntese da ureia não poderia ser suficiente para derrubar uma teoria amplamente aceita no período.

Comentários finais

A elaboração dessa proposta teve como intuito estabelecer uma conexão entre a produção historiográfica e a sala de aula a fim de contextualizar historicamente a síntese da ureia. A AMHIC foi uma facilitadora em todo esse processo, ao dispor de uma estrutura flexível e embasada conceitualmente permitiu uma adaptação adequada para a inserção dos conteúdos históricos no ensino médio.

A partir dos resultados da aplicação, observamos que as três atividades favoreceram a abordagem de aspectos da natureza da ciência despertando discussões enriquecedoras que permitiram aos alunos um contato com questões tanto relacionadas à construção do conhecimento científico quanto à participação ativa no processo de ensino, além de terem fomentado o desenvolvimento de habilidades de comunicação escrita e oral, a cooperação durante as atividades em grupo e a tomada de decisões juntamente com a promoção do senso crítico. Além disso, as atividades trouxeram ganhos significativos ao processo de ensino e aprendizagem de alguns conceitos básicos e fundamentais da química orgânica, tais como a estrutura dos modelos moleculares, as funções orgânicas e a isomeria plana, sem os quais o encadeamento efetivo do estudo da área se torna bastante árduo.

Por fim, presumindo o potencial da contribuição da história da química para a abordagem de muitos outros conceitos, incluindo aspectos da natureza da ciência, por meio da problematização e do diálogo entre professores e alunos, reforçamos a importância de novas pesquisas que busquem desenvolver estratégias para que aspectos da história da química sejam, cada vez mais, implementados em sala de aula.

Referências

Araújo, M. C.; Baldinato, J. O. (2015). A síntese de amônia: uma proposta de estudo histórico para a formação de professores de química vinculada ao Prêmio Nobel de Fritz Haber. **História da Ciência e Ensino**, São Paulo, v. 11, p. 91-129,

Bechtel, W.; Richardson, R. C. (1998). Vitalism. **Routledge Encyclopedia of Philosophy**. London: Routledge.

Benfey, O. T. (1992). **From Vital Force to Structural Formulas**. Philadelphia: Beckman Center for the History of Chemistry.

Brooke, J. (1968). Wöhler's urea, and its vital force? – A verdict from the chemists. **Ambix**, v. 15, p. 84-114.

Cachapuz, A.; Paixão, F. (2003). Mudanças na Prática de Ensino da Química pela Formação de Professores em História e Filosofia das Ciências. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, n. 18, p. 31-36.

Calixto, C. M. F.; Cavalheiro, E. T. G. (2012). Penicilina: efeito do acaso e momento histórico no desenvolvimento científico. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 118-123.

Callegario, L. J. et al. (2015). A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 977-991.

Campaigne, E. (1955). Wöhler and the overthrow of vitalism. **Journal of Chemical Education**, v. 32, n. 8, p. 403.

Cedran, J. C. et al. Panorama das Técnicas Experimentais Disponíveis no Início do século XIX e o Desenvolvimento da Química Orgânica. (2012). In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 16., Salvador, 2012. **Anais...** Salvador: ENEQ.

Chassot, A. (1990). **A Educação no Ensino de Química**. Ijuí: Unijuí.

Freire, P. (2005). **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra.

Freire, P. (2011). **Extensão ou Comunicação?** São Paulo: Paz e Terra.

Gil Pérez, D. et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153.

Jaffe, B. (1976). **Crucibles: The Story of Chemistry**. New York: Dover Publications.

Kauffman, L.; Choolljian, S. H. (2001). Friedrich Wöhler (1800-1882), on the Bicentennial of His Birth. **The Chemical Educator**, v. 6, n. 2, p. 121-133.

Keen, R. (2005). **The life and work of Friedrich Wöhler (1800-1882)**. Nordhause: Traugott Bautz GmbH.

Kitchen, M. (2013). **História da Alemanha moderna de 1800 aos dias de hoje**. São Paulo: Cultrix.

Klassen, S. (2006). A theoretical framework for contextual science teaching. **Interchange**, v. 37, n. 1-2, p. 31-62.

Lederman, N. G. Nature of Science: Past, Present, and Future. In: Abell, S.K. and Lederman, N. G. (Ed.). (2007). **Handbook of Research on Science Education**. Dordrecht: Springer. p. 831-879.

Leicester, H. M. Jöns Jacob Berzelius. In: Gillispie, C. C. (Org.). (2007). **Dicionário de biografias científicas**. Rio de Janeiro: Contraponto.

Lipman, T. O. (1964). Wöhler's preparation of urea and the fate of vitalism. **Journal of Chemical Education**, v. 41, n. 70, p. 452-458.

Lopes, C.; Piccoli, F. Episódios da História da tabela periódica e dos elementos químicos para o ensino de Química. (2013). **IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**, Girona, p. 2791-2794.

Marcondes, M. E. R.; Martorano, S. A. A. (2012). Investigando as ideias e dificuldades dos professores de química do Ensino Médio na abordagem da história da química. **História da Ciência e Ensino**, v. 6, p. 16-31.

Martins, A. F. P. (2015). Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 707-737.

Maar, J. H. (2006). Justus von Liebig, 1803-1873. Parte 1: vida, personalidade, pensamento. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 5, p. 1129-1137.

Matthews, M. R. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214.

McComas, W. F. et al. The role and character of the nature of science in science education. (1998). In: **The nature of science in science education**. Springer Netherlands, cap. 1, p. 3-39.

Mortimer, E. F. et al. (2000). A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 23, p. 273-283.

Moura, B. A. **Formação crítico-transformadora de professores de Física: uma proposta a partir da História da Ciência**. 2012. 309 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Moura, B. A. (2014). O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46.

Moura, B. A.; Silva, C. C. (2014). Abordagem Multicontextual da História da Ciência: uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 336-348.

Moura, B. A.; Silva, C. C. Critical and transformative teachers: a rationale for history and philosophy of science in teacher education. In: Prestes, M.E.B.; Silva, C.C. (2018). **Teaching science with context: historical, philosophical, and sociological approaches**. Springer: Dordrecht. p. 3-13.

Normandin, S; Wolfe, C. T. Vitalism and the Scientific Image: An Introduction. In: Normandin, S; Wolfe, C. T. (2013). **Vitalism and the Scientific Image in Post- Enlightenment Life Science, 1800–2010**. Springer: Dordrecht. p. 1-15.

Partington, J. R. (1960). **A Short History of Chemistry**. New York: Dover Publications.

Peduzzi, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: Pietrocola, M. (Org.). (2001). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC. p. 151-170.

Porto, P. A. História e filosofia da ciência no ensino de química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: Santos, W. L. P. & Maldaner, O. A. (Ed.). (2010). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Unijuí. p. 159-180.

Porto, P. A.; Vidal, P. H. O. (2011). Algumas contribuições do episódio histórico da síntese artificial da ureia para o ensino de Química. **História da Ciência e Ensino**, São Paulo, v. 4, p. 13-23.

Ramberg, P. J. (2000). The Death of Vitalism and the Birth of Organic Chemistry: Wöhler's Urea Synthesis in Textbooks of Organic Chemistry. **Ambix**, v. 47, p.170-195.

Silva, A. C. S. **História da Química e Ensino: Uma proposta para a sala de aula a partir da teoria vital e da síntese da ureia**. 2018. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2018.

Priven, S. W. (2009). **D & D: duplo Dilema: du Bois-Reymond e Driesch, ou a vitalidade do Vitalismo**. São Paulo: Educ.

Thorpe, T. E. (1902). **Essays in Historical Chemistry**. London: Macmillan.

Wöhler, F. The artificial production of urea. In: Leicester, H. M.; Klicksteins, H. S. (1828). **A Source Book in Chemistry, 1400-1900**. Cambridge: Harvard University Press. p. 309-312.

Apêndice: Artigo de Wöhler sobre a síntese da ureia⁵³

Eu notei que, pela ação do cianogênio em amônia aquosa, dentre vários produtos, há a formação de ácido oxálico e uma substância branca e cristalina que, certamente, não é cianato de amônia (atualmente a nomenclatura fornecida é cianato de amônio), mas que sempre é produzida ao combinar ácido ciânico e amônia, por meio da instância denominada de dupla decomposição. O fato é que, na união dessas substâncias, elas parecem mudar sua natureza e originarem um novo corpo, dispensando mais atenção para esse assunto, as pesquisas forneceram um resultado inesperado que, pela combinação de ácido ciânico com amônia, a uréia é formada, o que é mais notável, na medida em que fornece um exemplo da produção artificial de um composto orgânico, até então uma substância animal, a partir de materiais inorgânicos.

[...]

Eu imaginei que uma substância orgânica surgisse pela união de ácido ciânico com amônia, possivelmente uma base vegetal salificável. Eu conduzi, portanto, alguns experimentos partindo desta premissa sobre o comportamento da substância cristalina com ácidos.

[...]

Depois de terem sido purificados por diversas recristalizações, mostraram um forte caráter ácido, e eu já estava inclinado a considerar o composto como um ácido peculiar, quando notei que, após a neutralização com bases, resultavam em sais de ácido nítrico, dos quais era possível extrair novamente a substância branca cristalina com álcool, com todas as características que ela apresentava antes da adição do ácido nítrico. Esse

⁵³ Tradução de trecho do artigo: WÖHLER, F. The artificial production of urea. In: LEICESTER, H. M.; KLICKSTEINS, H. S. (1828). **A Source Book in Chemistry, 1400-1900**. Cambridge: Harvard University Press. p. 309-312.

comportamento semelhante ao da ureia me induziu a realizar experimentos comparativos com a ureia completamente pura e isolada da urina, os quais claramente evidenciaram que a ureia e essa substância cristalina, o cianato de amônia, se é que se pode chamá-la assim, são compostos absolutamente idênticos.

Não mais descreverei as propriedades desta ureia artificial, tabela 01, pois coincide perfeitamente com as da ureia presente na urina, de acordo com os cálculos elaborados por Prout, tabela 02.

Tabela 01: Composição química do cianato de amônia, segundo Wöhler (1800-1882).

		Atoms
Nitrogen.....	46.78	4
Carbon.....	20.19	2
Hydrogen.....	6.59	8
Oxygen.....	26.24 ⁴	2
	99.80	

Tabela 02: Composição química da ureia, segundo Prout (1754-1826).

		Atoms
Nitrogen.....	46.650	4
Carbon.....	19.975	2
Hydrogen.....	6.670	8
Oxygen.....	26.650	2
	99.875	
	[sic]	

[...]

A dedução de uma lei geral aguarda experiências adicionais em vários casos similares.

Refleta e Responda

- 1) É possível afirmar que o objetivo de Wöhler era questionar o vitalismo?
- 2) Qual questão instigava a pesquisa de Wöhler?
- 3) Ele apresenta uma conclusão final?

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

**CAPÍTULO 14 – MÍDIA, AGROECOLOGIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA:
BREVE REFLEXÃO METODOLÓGICA A PARTIR DE UMA PRÁTICA
PEDAGÓGICA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORAS(ES) DO CAMPO**

Marcelo Vaz Pupo e Tarcila Mantovan Atolini

Os modelos científicos usados para estimar taxas de abate de caça sustentáveis, em reservas indígenas e extrativistas, tendem a subestimar a capacidade de suporte de caça, onde populações de animais de caça preferidos se mantêm apesar de taxas de exploração supostamente insustentáveis. Essa constatação sugere a interferência de fatores não previstos por tais modelos. A manutenção de populações de animais de caça, no entanto, parece alinhada com um conceito integrante da cosmologia e dos sistemas tradicionais de manejo de povos tradicionais e não-tradicionais, que em muitos casos reconhecem áreas sagradas ou protegidas por tabus onde reside um “mestre dos animais,” um “dono da caça,” ou “Caipora/Curupira” que protege os animais de caça, além de punir os seres humanos por transgressões (Almeida, 2013).

A biologia da conservação, nesse caso, desenvolveu então outra perspectiva para compreender a capacidade suporte dos animais de caça, em um modelo conhecido como fonte-sumidoro (*sink-and-source*), em que a estabilidade da população natural na presença de uma extração humana é relacionada à manutenção de fronteiras territoriais entre humanos e não-humanos, e não apenas em questões temporais — como é o caso do manejo que resulta somente da análise da taxa líquida de crescimento da população (modelo previsto em situação similar a um pesqueiro do tipo pesque-pague).

Esse tipo de controvérsia, motivado por interesses conservacionistas de diversos atores sociais envolvidos nas reservas extrativistas surgidas no Brasil durante o período de redemocratização das décadas de 1980 e 90, é capaz de nos indicar duas conclusões, ainda que provisórias. A primeira é que as proposições explicativas para fenômenos da realidade não precisam ser, necessariamente, mutuamente exclusivas. Ou seja, é possível traçar uma relação pragmática entre a proposição científico fonte-sumidoro e a proposição ontológica com base em Caipora, que preconiza o respeito ao território do dono das caças como condição para a provisão continuada da caça.

Ou seja, parte-se aqui do princípio de que não é só possível, mas necessário, que a atmosfera acadêmica permita e faça conviver o conhecimento científico com o conhecimento tradicional. Estaria na conjugação desses dois pressupostos explicativos uma possibilidade robusta de constituir modos de vida modernos e sustentáveis.

Isso não significa que devam ser considerados iguais, pelo contrário, seu valor está justamente na sua diferença. Passa a ser importante, então, encontrar os meios institucionais adequados para, em ações conjuntas, preservar a vitalidade da produção do conhecimento tradicional, reconhecer e valorizar suas contribuições para o conhecimento científico e fazer participar as populações que o originaram nos benefícios que podem decorrer de seus conhecimentos (Carneiro da Cunha, 2007).

Entretanto, a possibilidade de convivência não pode ser assegurada entre esses dois pressupostos explicativos e a ontologia econômica mercantil (neoliberal, industrialista, concentradora e geradora de desigualdade), em que tudo precisa tornar-se mercadoria para ter o direito de existir.

Outra conclusão possível, apoiando-se no conceito de Aníbal Quijano (2005), é de que as controvérsias sociocientíficas e a organização econômica centrada na mercantilização da vida estão perpassadas por relações históricas de poder, que devem ser compreendidas desde a colonialidade manifestada nessas relações. Disso decorre a motivação desse capítulo, como estímulo para considerar a formação de professores no contexto de resistência ao progresso da modernidade capitalista, por um lado, e de construção de uma modernidade de libertação, por outro.

O objetivo desse capítulo, tendo em vista as problematizações acima colocadas, envolve o compartilhamento de uma atividade pedagógica, na formação de professores/as, capaz de evidenciar as controvérsias sociocientíficas e os projetos de desenvolvimento rural em disputa na sociedade. O objetivo desse compartilhamento é sensibilizar a pessoa leitura para o fato de que quando o assunto é apropriação do meio ambiente natural, para fins de produção agroalimentar, considerar a importância das práticas de conhecimentos tradicionais, populares, pode ser uma diretriz científica. Ou seja, não há contradição, na formação inicial ou continuada de professores, em considerar como válidos tanto os conhecimentos científicos como os tradicionais/populares; mais ainda, essa consideração é necessária em um processo de superação da colonialidade do saber/poder.

A experiência compartilhada realizou-se em Diamantina-MG, cuja região apresenta um sistema tradicional de agricultura que pode se tornar o primeiro a ser reconhecido como Patrimônio Agrícola Mundial no Brasil, certificado

oferecido pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO (Agência Minas, 2019). É possível descrever um sistema agrícola tradicional como algo único, que possui uma paisagem notável, rica em biodiversidade, segurança alimentar, modelos de gestão diferenciados com sistemas de conhecimento local e tradicional, tecnologias de produção engenhosas, identidade cultural e valores socioculturais utilizados para sua manutenção (Eidt & Udry, 2019).

Foi nesse cenário que a atividade formativa ocorreu, reforçando a aderência entre os pressupostos teóricos e a realidade circundante dos profissionais da educação envolvidos nela. A atividade utilizou-se de dois materiais audiovisuais e foi a partir deles que a valorização social do conhecimento popular pode ser tensionada. Ainda que estes audiovisuais não reflitam a realidade socioprodutiva da região de Diamantina-MG, e sim de Mogi Guaçu-SP, foi possível expôr para os estudantes presentes na atividade as contradições de um desenvolvimento rural que desconsidera a inteligência prática de quem vive na e da terra.

Parte-se do princípio de que o objetivo desse texto pode ser alcançado, de forma interessante e embasada, à luz de três áreas do conhecimento, fundamentais para as lutas e avanços da agroecologia nos territórios camponeses e indígenas e da soberania alimentar no país: A Educação do Campo, o Ensino de Ciências e a Educação e Alfabetização Midiática. Diversos registros foram realizados durante a atividade formativa, entre anotações em cadernos e gravação de áudio. As análises e reflexões aqui apresentadas foram subsidiadas por esses registros.

Contexto da ação pedagógica

Em 2013 uma primeira sistematização, bem simples, abordou a experiência de produção audiovisual que resultou no vídeo *Queremos uma Kombi*, em parceria com a Associação de Mulheres Agroecológicas do Vergel – AMA, de Mogi Guaçu-SP, e a Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (Vaz Pupo & Mazalla Neto, 2013). A proposta desse texto foi compartilhar os

caminhos metodológicos percorridos na criação do vídeo, realizado durante alguns meses de 2012. O contexto institucional da experiência está relatado, indicando que o vídeo fez parte de uma campanha de financiamento colaborativo nomeada *Uma Kombi para as Mulheres da AMA*. A explicitação desse contexto se justificava na medida em que era apontada a importância dos elementos de produção partilhada que naquele momento foi possível conceber.

Em 2015, o debate e o vídeo foram retomados como atividade integrante de um curso de formação continuada da Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão – SECADI. A articulação entre a Educação do Campo, o Ensino de Ciências e a Educação e Alfabetização Midiática, mencionada acima, foi favorecida pela repercussão do vídeo *Queremos uma Kombi* nas redes sociais e na comunicação de massa, representada pela atração televisiva *Caldeirão do Huck*, da Rede Globo. A atividade formativa objeto desse capítulo ocorreu em um curso de aperfeiçoamento para professores do campo da região de Diamantina, em Minas Gerais, oferecida pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

O Curso de Aperfeiçoamento em Educação de Jovens e Adultos no Campo com ênfase em Economia Solidária fazia parte do catálogo de cursos de formação continuada da extinta SECADI, e foi planejado pela Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares do Vale do Jequitinhonha da UFVJM. A demanda surgiu a partir da realidade diagnosticada na região na qual o analfabetismo atinge índices alarmantes, quadro que tende a se agravar na zona rural. A proposta do curso foi proporcionar aos cursistas o acesso às teorias do conhecimento que subsidiam a compreensão da realidade do aluno trabalhador e sua contextualização histórica, para então se construir condições de uma passagem da classe trabalhadora em si para uma classe trabalhadora para si, com potencial de transformação da sua realidade concreta. A proposta, formulada dessa forma, explicita seus fundamentos na pedagogia histórico-crítica.

O curso também refletia uma concepção de educação baseada no exercício do diálogo, em um processo de construção contínua da cidadania, considerando a diversidade, a educação inclusiva, a relação intergeracional,

entre outras. Reconhece a perspectiva intersetorial da Educação de Jovens e Adultos – EJA e potencializa sua articulação com o mundo do trabalho.

O conteúdo do curso esteve organizado em cinco módulos. O primeiro referiu-se apenas à ambientação dos cursistas com a equipe do curso, sua estrutura e colegas cursistas. O segundo módulo, *Educação de Jovens e Adultos no campo: aspectos introdutórios*, abriu o curso trazendo a reflexão sobre a educação e suas diferentes concepções, em especial Educação do Campo. A atividade aqui descrita, como elemento central para as análises, compreendeu as 15 horas desse segundo módulo do curso, concentradas em um final de semana.

O terceiro módulo, *Educação de Jovens e Adultos e a realidade do Campo*, aprofundou o reconhecimento sobre o contexto geral e regional do campo e apontou para a definição de um possível papel da EJA a partir disso. O quarto módulo, *Educação de Jovens e Adultos e o mundo do trabalho: reflexões a partir da Economia Solidária*, introduziu a temática da Economia Solidária como proposta teórico-metodológica na formação de Jovens e Adultos no campo. Por fim o quinto módulo, *Estratégias político-didático-pedagógicas para EJA no Campo*, retomou o tema da educação com a intenção de pensar como os temas trabalhados nos módulos anteriores dialogam com a formação dos jovens e adultos no campo. As aulas presenciais (100 horas) ocorreram aos finais de semana. À distância (90 horas) foram sugeridas atividades com o apoio da plataforma Moodle de educação à distância.

Em que pese a metodologia e os procedimentos participativos utilizados na elaboração do vídeo das mulheres da AMA, é válido mencionar os debates realizados nas diversas edições do curso *Meio Ambiente, Questão Agrária e Multimeios*, oferecido pelo Laboratório Terra Mãe – UNICAMP, a ação social da Plataforma Sementeia (Vaz Pupo, Lima, Souza, Junqueira, & Welle, 2018; Vaz Pupo, Tait, Junqueira, Welle, & Souza, 2017) e alguns trabalhos publicados no âmbito do curso de especialização Residência Agrária – Educação do Campo e Agroecologia na Agricultura Familiar e Camponesa – UNICAMP. O trabalho de conclusão de curso intitulado *Comunicação, Educação e Produção de Sentidos pela Linguagem Audiovisual: experiências em grupos de Agricultura Camponesa* (Vaz Pupo, 2015), é lembrado ao final para que o *processo crioulo*

de produção simbólica reforce a concepção de que os grupos populares, tal qual a AMA, devem produzir seus próprios olhares sobre as relações de produção, as tecnologias a ela associadas e a forma de organização do trabalho necessário para sua realização.

A correlação entre o Ensino de Ciências e a Educação e Alfabetização Midiática tem como referência o trabalho de Klosterman, Sadler & Brown, *Science Teachers' Use of Mass Media to Address Socio-Scientific and Sustainability Issues* (2012). Educação e Alfabetização Midiática é uma tradução livre para MLE, sigla de *Media Literacy Education*. Além dessa, outra tradução poderia ser Educação em Literacia Midiática ou Educação e Alfabetização Midiática, já que “letramento” e “literacia” são sinônimas para o dicionário Houaiss. A palavra “alfabetização”, como também “letramento”, passam a ideia de que trata-se de uma prática educativa partindo do zero, quando, importante ressaltar, parte significativa da sociedade já tem uma aprendizagem, ainda que informal. Afinal, são horas gastas entre filmes, séries, TV, Facebook, livros, YouTube, novelas, noticiários, etc....

A extensa dedicação que socialmente é dada aos meios de comunicação de massa (entre outros) oferece aprendizagens e significados, fazendo das pessoas portadoras e reprodutoras das inúmeras mensagens transmitidas por esses veículos. Porém, é necessário reconhecermos que o público consumidor de comunicação pouco sabe analisar de forma crítica o desempenho da mídia a partir de assuntos que estão em destaque na imprensa. A população sabe pouco analisar a mídia no conjunto de suas características, que envolve formatos, intenções, conteúdos e mensagens. A proliferação das *fake news* é um fenômeno político de grande repercussão na atualidade, e seus produtos só têm capacidade de convencer o público quando este se encontra despreparado para consumir notícias. Menos ainda a população, desde sua formação básica, é estimulada a dominar os conhecimentos e práticas para produção esclarecida e embasada de comunicação, manifestação elementar para a dinâmica democrática (Rancière, 2005). Por essa razão, mantemos a escolha do termo “alfabetização” para se referir ao esforço educacional que envolve a produção e consumo apropriados para uma melhor compreensão e interpretação das mídias.

Essa é a distinção a que se propõe a Educação e Alfabetização Midiática (EAM): educar sobre a comunicação e não apenas educar através dela. O foco desta alfabetização está tanto na elaboração do material midiático quanto na mensagem que ele transmite. A EAM reúne cinco princípios (NAMLE, 2007):

- Toda mídia/comunicação é construída com propósitos específicos para públicos específicos;
- Mídia/comunicação constrói (e é construída por) representações da realidade;
- Indivíduos interpretam os significados das mensagens individualmente;
- As mensagens da mídia/comunicação têm implicações sociais, políticas, estéticas e econômicas;
- Cada tipo de mídia/comunicação possui características próprias.

A educação muito se utiliza de mídias (impressas, visuais, digitais) para se abordar todo e qualquer conteúdo curricular; entretanto, é pífio o esforço pedagógico (com base teórica e metodológica) para tomarmos consciência de que toda mídia é socialmente construída. As práticas educativas, as sequências didáticas raramente se aprofundam sobre a mídia utilizada, esvaziando seu potencial político pedagógico. Contradições dessa interface umbilical entre comunicação e educação em um contexto em que ela, a comunicação, tranquilamente poderia ser interpretada como um dos mais poderosos instrumentos de pacificação social — no sentido de anestesiação —, invisibilizando os principais conflitos e contradições da ordem capitalista e mercantil que rege a existência das sociedades contemporâneas.

Grande responsabilidade tem, igualmente, a comunicação de massas nas distorções propagadas quanto à natureza da ciência e ao trabalho dos cientistas (Reis & Galvão, 2007). A produção do conhecimento científico é uma atividade socialmente localizada, está permeada por influências políticas e expressa toda uma filiação de dizeres de um determinado grupo de pesquisadores, um determinado coletivo de pensamento que produz um interdiscurso científico localizável (Leite, Ferrari, & Delizoicov, 2001; Silva & Sánchez Gamboa, 2014).

Mas a comunicação de massas, importante mediadora no cotidiano das pessoas, permanece propagando uma suposta neutralidade das relações entre

ciência e tecnologia, permanece disseminando que a sistematização científica do conhecimento humano é uma atividade para gênios, realizada apenas por uma inteligência fora do padrão (Gil-Pérez, Fernández, Carrascosa, Cachapuz, & Praia, 2001). Um equívoco conveniente que assegura relações de subordinação e opressão, equívoco que fenômenos sociocientíficos como a Educação do Campo, por exemplo, busca compreender e superar, evidenciando outras variáveis do processo científico que permitem a inserção das populações do campo na elaboração de interpretações para o mundo. A produção de um interdiscurso científico de origem popular representa, desde os referenciais escolhidos, uma manifestação da resistência secular à colonialidade da cultura e do conhecimento realizada pelos grupos sociais historicamente marginalizados (Quijano, 1992).

A Educação do Campo, dessa forma, tem se constituído como um vetor importante no debate acerca das teorias pedagógicas, contribuindo para que a natureza da ciência reassuma sua vinculação explícita com os processos e movimentos que se dão socialmente.

Metodologia em alfabetização midiática

Como apontado, a proposta educativa que utiliza o vídeo *Queremos uma Kombi* apresenta uma análise que correlaciona conceitos e práticas pedagógicas fundamentais para o desenvolvimento da Educação do Campo, em particular às questões que envolvem o Ensino de Ciências e o modo como o ser humano pode relacionar-se com o meio ambiente natural. Compreende, igualmente, a intenção desse capítulo, articular elementos da História e Filosofia das Ciências e da Educação e Alfabetização Midiática reforçando o argumento de que é fundamental a produção simbólica realizada pelas populações do campo, uma vez que elas têm um protagonismo no desenvolvimento de tecnologias no manejo de ambientes que vêm sendo perseguidas pela agroecologia a fim de um desenvolvimento rural sustentável.

Ainda que, coletivamente, tenha-se pouca consciência acerca da intrínseca elaboração sociopolítica onde inserem-se a produção das mídias que hoje nos tocam e nos movem, obteve-se a oportunidade de experimentar, em sala de aula, o que propõe a Educação e Alfabetização Midiática. Vale dizer que naquele momento da experiência seus princípios não eram conhecidos

pelos propositores da atividade. “A EAM incentiva a audiência a compreender que os autores(as) das mídias escolhem o que mostrar-nos e evidenciam alguns elementos enquanto ignora outros.” (Klosterman et al., 2012, p. 53).

Talvez essa tenha sido a principal característica do uso feito dos vídeos *Queremos uma Kombi*⁵⁴ e *Dona Ileide ganha uma forcinha para produzir alimentos orgânicos*⁵⁵. O primeiro vídeo é uma produção realizada entre a Associação de Mulheres Agroecológicas do Vergel e a Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Unicamp. O vídeo, elemento-chave para o financiamento colaborativo e a compra de um veículo para a associação, teve a intenção de apresentar ao público-alvo o trabalho que desenvolve as mulheres com a produção de alimentos sem agrotóxicos, expondo a necessidade de um transporte para a comercialização direta de seus produtos, cultivados a partir do trabalho associativo e das questões de gênero, de forma integrada às condições ecossistêmicas do Assentamento Vergel, em Mogi Mirim-SP.

O segundo vídeo, por conta da repercussão do primeiro, exhibe a participação das mulheres da AMA no programa *Caldeirão do Huck*, da Rede Globo. Luciano Huck, o apresentador do programa, e Marcos Palmeira, ator da emissora e proprietário de um estabelecimento rural certificado organicamente, envolvem a associação de mulheres em um dos quadros do programa, chamado *Mandando Bem*. Nesse quadro, o apresentador doa ao grupo um conjunto significativo de bens materiais como veículos e equipamentos necessários à produção agrícola, beneficiamento e comercialização dessa produção, assim como cursos de capacitação de empreendedorismo para as mulheres e um pacote completo de identidade visual, com logotipo, *fanpage* no Facebook e alteração do nome do grupo para “Marias da Terra”.

Os vídeos foram utilizados no curso em questão, dedicado ao aperfeiçoamento de professoras/es do campo da região de Diamantina, em Minas Gerais. O propósito da aula era problematizar quais princípios pedagógicos são necessários para lidar com os temas do curso (Educação do Campo e Economia Solidária), reconhecendo as relações entre educação,

⁵⁴ Veja o vídeo através desse link: Queremos uma Kombi - <https://vimeo.com/53014999>

⁵⁵ Veja o vídeo em através desse link: Dona Ileide ganha uma forcinha para produzir alimentos orgânicos: <https://globoplay.globo.com/v/2582912/>

visão de sociedade e transformação ou manutenção da estrutura socioeconômica prevalente

Havia um desafio interessante na aula, que implicava justamente encontrar as formas adequadas para se utilizar os vídeos ao mesmo tempo que pretendia-se sensibilizar a turma para as relações conceituais inicialmente planejadas. Ou seja, era preciso, pelos vídeos, reconhecer as distintas visões de mundo e de sociedade a partir do contraste entre as duas narrativas audiovisuais. Esses contrastes foram fundamentais para discutirmos os três eixos de análise, propostos pela Educação do Campo, envolvidos na atividade agropecuária: a organização do trabalho produtivo, as dinâmicas socioculturais e suas relações agroecossistêmicas e, por fim, como se dá a produção, reprodução e legitimação do conhecimento envolvido no mundo rural (Caldart, 2015; Carvalho, 2012; Petersen, 2009).

A aula foi introduzida com os principais conceitos da Educação do Campo, da Agroecologia e da Agricultura Camponesa. Buscou-se dialogar sobre os processos e a epistemologia da atividade científica relacionada a estes campos do conhecimento. Para essa tarefa, apontou-se quatro fotografias que ilustravam diferentes realidades de escolas ou espaços escolares no mundo rural. Debateu-se a estrutura/espaço escolar em cada imagem, buscando relações entre escola, meio rural e sociedade, com o intuito de fazer pensar o sentido político da necessidade de uma educação que considera as especificidades do campo. Expôs-se a relação entre Educação do Campo — a partir de sua origem nos movimentos sociais — e o projeto de sociedade a partir da Reforma Agrária Popular e a Agricultura Camponesa. Esse debate também compreendeu que a escola é um espaço de contradições, já que cumpre um papel necessário à produção do capital ao mesmo tempo que permite a formulação de outros pensamentos e ideologias. Nesse sentido, é fundamental perguntar-se que elementos pedagógicos permitem à escola a superação das relações de exploração e opressão, relações essas necessárias à manutenção da ordem capitalista.

Em seguida comparou-se diferentes visões de mundo, e conseqüentemente de educação, através da análise dos vídeos produzidos sobre o mesmo grupo de mulheres e sobre a mesma temática — produção orgânica, comercialização, conhecimento e sua validação. Para esse objetivo

foi exibido inicialmente o vídeo *Queremos uma Kombi* e sugeriu-se as seguintes perguntas para o debate em grupos:

1. Quem é(são) a(s) personagem(s) do vídeo?
2. Quem são elas e o que fazem?
3. Quem é a liderança do grupo retratado?
4. As personagens são protagonistas ou coadjuvantes/receptoras da ação?

Elencou-se os principais pontos tratados no audiovisual, de forma que os estudantes formulassem uma sinopse que sintetizasse a percepção coletiva sobre o vídeo. Em seguida foi exibido o programa *Dona lleide ganha uma forcinha para produzir alimentos orgânicos*, repetiu-se os passos metodológicos anteriores mas oferecendo evidência para os distintos modos de conceber Ciência e Tecnologia imbricados nas narrativas explicativas (Figueirôa, 2009). Nesse sentido, ressaltou-se as principais divergências surgidas a partir das respostas dadas em relação às do primeiro vídeo, que podem ser sintetizadas assim:

- Trabalho associativo *versus* individual: No vídeo da Rede Globo Dona lleide é apresentada na formulação do mito do herói, uma heroína responsável por tudo que a AMA conquistou, desconsiderando, apesar da formulação da heroína, as questões de gênero e produção, enfatizando certo romantismo em relação às desigualdades que enfrentou em sua trajetória pessoal;
- Validação do conhecimento e das práticas sociais na agricultura familiar e camponesa: Ao desprezar a construção social, de longa data, em torno das práticas agroecológicas e da certificação participativa, Marcos Palmeira é convidado a dar um aval técnico sobre o status do grupo de mulheres quanto a sua produção orgânica desprezando, inclusive, os marcos legais construídos nas últimas décadas;
- A narrativa do programa televisivo constrói a ideia de Luciano Huck como messias salvador do grupo, em contraposição à ação social coletiva e continuada, o papel do Estado e das políticas públicas na promoção da agricultura familiar e camponesa tendo como metas a promoção da saúde pública e a segurança alimentar;

- Produção orgânica como nicho de mercado, como mérito de um empreendedorismo liberal *versus* segurança alimentar e alimentação como direito humano;
- Descontextualização dos elementos agroecossistêmicos e dos domínios camponeses (Vaz Pupo, 2018) a partir da reprodução da racionalidade técnica *versus* uma integração das práticas agrícolas com as dinâmicas de cada ecossistema e da cultura local;

O seguimento da aula percorreu algumas reflexões produtoras para os campos de estudo aqui articulados. Ao descrever de forma mais detalhada as características dos materiais audiovisuais, prerrogativa da Educação e Alfabetização Midiática, foi possível discutir os méritos educacionais dessas fontes — “acesso” à mídia, no código de análise de Klosterman, Sadler & Brown, que ao tratarem de assuntos sociocientíficos ganham relevância para o Ensino de Ciências em uma perspectiva crítica. Além dessa característica, os autores e autoras dos vídeos foram caracterizados, assim como seus públicos-alvo, as principais mensagens dos vídeos — segundo interpretação dos estudantes do curso —, os conteúdos científicos de cada mídia — código “análise” da mídia. Outros códigos de análise da EAM foram também utilizados, como a “avaliação” da mídia — discutir o valor dos vídeos quanto ao rigor do conteúdo científico, sua credibilidade, adequação, relevância e utilidade para o aprimoramento da turma nos temas da Educação do Campo e Ensino de Ciências.

As questões-chave abaixo materializam um pouco da proposta desses códigos de análise:

- Quem são as pessoas envolvidas no enredo videográfico?
- Qual a intenção do(s) autor(es) do audiovisual?
- Onde repousa o protagonismo da trama e da ação?
- Como está caracterizado o trabalho produtivo?
- Que relações socioambientais são acentuadas?
- Quem constrói e quem legitima o conhecimento em cada narrativa?
- Qual papel a educação e a escola cumprem nesse contexto socioambiental?
- Que contribuições o Ensino de Ciências pode ter nesse contexto?

- É importante que os grupos populares desenvolvam sua própria interpretação dos fatos, sistematizem o conhecimento produzido?

Esse último ponto de reflexão é especialmente caro à Educação e Alfabetização Midiática, já que ela preconiza a criação de conteúdo por parte dos sujeitos, e não apenas seu consumo. O último código de análise utilizado por Klosterman, Sadler & Brown, “criação” de mídia, envolve a produção de representações de ciência para um público mais amplo, geograficamente disperso. Esse último código de análise faz pensar que, se os vídeos *Queremos uma Kombi* e *Dona Ileide ganha uma forcinha* produzem significados sociais para a Associação de Mulheres, que significados produziram/produzem essa associação para todas as outras coisas, inclusive para as formas como essas produções audiovisuais são realizadas? São algumas provocações que esse tipo de abordagem pedagógica nos traz, e que apontam pesquisas e ações que atendam a esse tipo de demanda, que relaciona estética e política na formação das populações do campo. Esse tipo de ação pedagógica fortaleceria o avanço da alfabetização e da cultura científica na sociedade brasileira.

Aponta-se aqui uma perspectiva que afirma a necessidade de um processo coletivo na produção do conhecimento, através de um processo dialógico na relação entre as pessoas envolvidas, na relação educador e educando; afirma o trabalho (em uma concepção ontológica) como eixo articulador de processos pedagógicos, processos esses problematizadores, que historicizam os conhecimentos, em claro contraponto à mercantilização da vida e dos territórios, particularmente em relação ao agronegócio concentrador de terra e aos impérios alimentares — monopólio corporativista sobre a circulação, transformação e consumo da produção agroalimentar (Ploeg, 2009).

Ciências e processo crioulo de produção

O vídeo *Queremos uma Kombi* possui alguns traços, em sua elaboração, que apontam ou indicam caminhos para que os grupos populares assumam o comportamento de criação de conteúdos midiáticos. As mulheres estiveram presentes nos principais momentos de tomada de decisão quanto ao enredo e roteiro do filme, apontaram as diretrizes para a edição e linguagem

final do vídeo. Já são elementos distintivos se comparados às outras produções audiovisuais, em especial as televisivas e jornalísticas.

Por outro lado, experiências como essas indicam que o caminho para aprofundamentos desse tipo ainda é longo, uma vez que grupos populares estão expropriados de condições materiais e intelectuais que os permitam expressar e divulgar de maneira mais ampla (ainda que apenas nas redes sociais da internet) os sentidos que oferecem às coisas do mundo. Os olhares para a vida cotidiana permanecem sob custódia e isso fica evidente se aceitamos a ideia de que a relação com o mundo se dá de forma simbólica e política, de que nossa posição de sujeito está constituída pela linguagem, pelas marcações ideológicas, pela intersubjetividade coletiva: todos esses elementos atravessados pela colonialidade do poder e do conhecer que se manifesta em países latino-americanos dependentes como o Brasil (Quijano, 2005).

A compreensão a respeito de atividades do tipo “como organizar a produção agropecuária” está restrita ao que pensa algumas corporações privadas, processo que é operacionalizado pelo Estado. O sistema tecnológico para sustentar todo o metabolismo socioecológico — apropriação do meio ambiente natural, transformação da matéria-prima, circulação de produtos, distribuição e consumo, descarte e resíduos (Toledo, 2013) — não resulta de uma decisão participativa, democrática. Esse contexto implica uma determinada configuração de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA, de projetos pedagógicos e diretrizes curriculares e de políticas públicas para todos os setores produtivos; configura uma cultura industrialista, heterogerida — onde poucos concebem e decidem, muitos obedecem e executam.

Ao mesmo tempo em que o agronegócio, enquanto organização hegemônica da produção rural, se vale de parte do conhecimento científico, outras bases científicas são completamente desprezadas, desmerecidas inclusive, principalmente aquelas que fazem a necessária crítica quanto às severas consequências socioambientais das tecnologias empregadas pelo Agronegócio e pelos Impérios Agroalimentares.

Perceber essas fragilidades na organização socioecológica nos aponta ações no campo da educação e da comunicação. Os aportes da História e Filosofia das Ciências mostram-se fundamentais para desconstruirmos os

mitos em torno do conhecimento científico, em especial aqueles relacionados à concepção linear e gradual de avanço tecnológico.

Complementarmente, a comunicação de outras formas de se produzir e legitimar o conhecimento também precisa ser ampliada. São ações sociais que relacionam novas teorias pedagógicas, democratização da comunicação e organização de um sistema tecnológico distinto do hegemônico, alternativo (Dagnino, 2014). Desafios significativos que diversos movimentos de resistência vêm assumindo como temas de trabalho, que coloca a responsabilidade para aqueles interessados em um conceito ampliado de sustentabilidade conhecerem, apoiarem e disseminarem. O país encontra-se em um momento de decisão histórica, da qual depende a remanescência da memória biocultural dos povos camponeses e indígenas (Toledo & Barrera-Bassols, 2015), detentores de práticas de conhecimento e tecnologias capazes de produzir alimentos conservando o meio ambiente natural e os serviços ecossistêmicos necessários à sustentação de toda e qualquer sociedade.

Articular e colocar em rede essas ações sociais pode ser uma das descrições possíveis para a Plataforma Sementeia⁵⁶ (Vaz Pupo et al., 2018), que também fortalece ações e resistências de outras naturezas.

Observou-se, através da atividade em questão, que os sentidos fornecidos para o mesmo grupo de mulheres são diferentes e até antagônicos. Ou seja, o mesmo objeto videografado foi capaz de gerar distintos signos socioculturais, em especial aqueles relacionados à agricultura, sociedade e ambiente. São mensagens díspares que implicam em diferentes posturas educativas, que apontam projetos de educação e de sociedade conflitantes. Argumenta-se que, na Educação do Campo, é necessário trabalhar a partir dos seguintes princípios educativos:

- Trabalho (gestão e produção) e relações de gênero como eixos articuladores de processos pedagógicos;
- Processo dialógico na relação educador-educando;
- Produção de conhecimento é um processo coletivo;
- Conhecimento é histórico e deve ser problematizado como tal;

⁵⁶ Acesse a página através desse link: Plataforma Sementeia: <http://sementeia.org/>

- Unificação de corpos coerentes de conhecimento, enfrentando sua fragmentação, através de temas geradores e articuladores (Amaral, 2010) — como a agroecologia) ou através de complexo de estudos (Sapelli, Freitas, & Caldart, 2015);
- Conhecimento está vinculado às complexas relações entre CTSA.

O aporte da História e Filosofia das Ciências permite, precisamente, problematizar as relações entre ciência e tecnologia, e discernir os projetos de sociedade em jogo, os significados partilhados a partir da produção de conhecimento, as propostas político-pedagógicas dos esforços em educação e apontam a melhor forma para se constituir um Ensino de Ciências adequado à Educação do Campo.

Nessa perspectiva, é fundamental que os grupos sociais historicamente marginalizados do acesso à educação possam se apropriar do conhecimento científico e das formas de produzi-lo. É necessário que esses grupos se familiarizem com os conceitos de física, química, biologia e geociências para produzirem suas próprias sínteses científicas, desde seus contextos e realidade, somando-se a outros grupos na geração de interpretações acerca do mundo, adequando as tecnologias existentes e criando novos itinerários sociotécnicos para o bem comum, para humanos e não-humanos, em escala planetária, inclusive.

A disciplina de pós-graduação e curso de extensão *Meio Ambiente, Questão Agrária e Mídias*, realizado na UNICAMP, demonstra que a produção partilhada para a produção de linguagens audiovisuais não tem regra única, ela se dá a partir da realidade de cada grupo popular. Os grupos de agricultura camponesa devem desenvolver formas próprias e autônomas — metaforicamente chamada de *processo crioulo* — de maneira a integrar comunicação, educação, redes sociais e tecnologias da informação para apoiar e estimular a memória biocultural e as semânticas camponesas/indígenas usualmente marginalizadas pelos discursos hegemônicos.

A Plataforma Sementeira e o *processo crioulo de produção simbólica* compreendem, assim, o esforço em proliferar sentidos e simbologias, através da diversidade midiática (texto, corpo, audiovisual, etc.), que retomem a mediação popular entre signo e significado, militando na transformação social pelo viés da cultura, disputando os sentidos partilhados na sociedade,

principalmente aqueles relacionados aos temas da reforma agrária, produção agroalimentar, agroecologia, tecnologias adequadas ao ambiente e à sociedade, etc.

Referências

Agência Minas. (2019, março 11). Sistema agrícola tradicional dos apanhadores de flores Sempre Viva pode ganhar reconhecimento da FAO. Recuperado 10 de setembro de 2019, de Agência Minas website: <http://agenciaminas.mg.gov.br/noticia/sistema-agricola-tradicional-dos-apanhadores-de-flores-sempre-viva-pode-ganhar-reconhecimento-da-fao>

Almeida, M. W. B. (2013). Caipora e outros conflitos ontológicos. *Revista de Antropologia da UFScar*, 5(1), 7–28.

Amaral, I. (2010). Que Educação Ambiental desejamos? A educação que revele plenamente o ambiente. *Ciências em Foco*, 1(3), 1–8. Recuperado de <http://ojs.fe.unicamp.br/index.php/cef/article/view/4486/3531>

Caldart, R. S. (Org.). (2015). Caminhos para transformação da escola: Agricultura camponesa, educação politécnica e escolas do campo (1a). São Paulo: Expressão Popular.

Carneiro da Cunha, M. (2007). Relações e dissensões entre saberes tradicionais e saber científico. *Revista USP*, 0(75), 76–84. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i75p76-84>

Carvalho, H. M. (2012). Agricultura Camponesa. In F. de A. Costa (Org.), *Dicionário da educação do campo* (p. 28–34). Rio de Janeiro: São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fiocruz; Expressão Popular.

Dagnino, R. (2014). Dimensões para a análise e desenvolvimento de Tecnologia Social. In R. Dagnino, *Tecnologia social: Contribuições conceituais e metodológicas*. Campina Grande, PB: Eduepb.

Eidt, J. S., & Udry, C. (Orgs.). (2019). *Sistemas Agrícolas Tradicionais no Brasil*. Brasília-DF: Embrapa.

Figueirôa, S. F. de M. (2009). História e filosofia das geociências: Relevância para o ensino e formação profissional. *Terrae Didática*, 5(1), 63–71. <https://doi.org/10.20396/td.v5i1.8637503>

Gil-Pérez, D., Fernández, I., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125–153.

Klosterman, M. L., Sadler, T. D., & Brown, J. (2012). Science Teachers' Use of Mass Media to Address Socio-Scientific and Sustainability Issues. *Research in Science Education*, 42(1), 51–74. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9256-z>

Leite, R. C. M., Ferrari, N., & Delizoicov, D. (2001). A história das Leis de Mendel na perspectiva Fleckiana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(2).

Namle. (2007). Core principles of media literacy education in the United States. National Association for Media Literacy Education.

Petersen, P. (Org.). (2009). Agricultura familiar camponesa na construção do futuro. Rio de Janeiro: AS-PTA.

Ploeg, J. (2009). Sete teses sobre a agricultura camponesa. In *Agricultura Familiar Camponesa na Construção do Futuro*. Rio de Janeiro-RJ: AS-PTA.

Quijano, A. (1992). Colonialidad y modernidad/racionalidad. *Perú Indígena*, 13(29), 11–20.

Quijano, A. (2005). Colonialidade do Poder, Eurocentrismo e América Latina. In E. Lander (Org.), *A colonialidade do saber. Eurocentrismo e ciências sociais. Perspectivas latino-americanas* (p. 227–278). Buenos Aires, Argentina: CLACSO.

Rancière, J. (2005). *A partilha do sensível: Estética e política*. São Paulo: Ed. 34.

Reis, P., & Galvão, C. (2007). Reflecting on Scientists' Activity Based on Science Fiction Stories Written by Secondary Students. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1245–1260. <https://doi.org/10.1080/09500690600975340>

Sapelli, M., Freitas, L. C., & Caldart, R. (Orgs.). (2015). *Caminhos para a transformação da escola: Organização do trabalho pedagógico nas escolas do campo ensaio sobre complexos de estudo* (1o ed). São Paulo-SP: Expressão Popular.

Silva, R. H. dos R., & Sánchez Gamboa, S. (2014). Do esquema paradigmático à matriz epistemológica: Sistematizando novos níveis de análise. *ETD - Educação Temática Digital*, 16(1), 48. <https://doi.org/10.20396/etd.v16i1.1329>

Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: Una nueva teoría socioecológica. *Relaciones: Estudios de historia y sociedad*, 34(136), 41–71. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5333665>

Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2015). *A memória biocultural: A importância ecológica das sabedorias tradicionais* (1a edição). São Paulo: Editora Expressão Popular.

Vaz Pupo, M. (2015). *Comunicação, educação e produção de sentidos pela linguagem audiovisual: Experiências em grupos de agricultura camponesa* (Trabalho de Conclusão de Curso - Especialização em Agroecologia e Agricultura Familiar Camponesa (Residência Agrária), Universidade Estadual

CAPÍTULO 15 – O LÍCIO: DAS CONTRIBUIÇÕES DE JOSÉ BONIFÁCIO AO JOGO GEOPOLÍTICO DO SÉCULO XXI

João Henrique Cândido de Moura

No contexto da Química enquanto Ciência e da disciplina escolar Química⁵⁷, há um símbolo que a identifica perante professores, estudantes e público em geral, que é a tabela periódica. Nas instituições de ensino em que há a presença de laboratório de ciências, um quadro com ela é um artefato indispensável na composição desses espaços.

Aqueles que são simpatizantes da Ciência e conhecem os padrões de organização das fileiras verticais e horizontais desta tabela, contemplam admirados a organização dos elementos químicos conhecidos.

Aqui reside talvez um dos motivos mais interessantes para se pensar e estudar a Química: ela nos mostra as características e propriedades do que podemos chamar, em uma analogia simplista e superficial, de “tijolos” fundamentais do mundo material. Eis talvez o fascínio que a tabela periódica pode despertar, ao reunir em um quadro as estruturas basilares das substâncias existentes.

Podemos encontrar diferentes tipos de formatação de uma tabela periódica. Interessante notar que em muitas tabelas, como recurso didático, são utilizadas cores para separar e diferenciar os elementos de acordo com as

⁵⁷ Assume-se uma distinção entre o que se pode denominar de *conhecimento científico* e *conhecimento escolar*, considerando as especificidades dos contextos da academia e da escola básica. Assim, o *modus operandi* e finalidade da Química, enquanto ciência acadêmica, não são os mesmos da Química ensinada nas instituições de educação básica. Para mais detalhes, ver:

- GOODSON, I. Currículo, narrativa e o futuro social. *Revista Brasileira de Educação* v. 12 n. 35 maio/ago. 2007
- GOODSON, I. Currículo: Teoria e História. Petrópolis: Vozes, 2013.
- LOPES, A. C. Discursos híbridos na disciplina escolar química. *Revista Ciência e Educação*, v. 11, n.2, 2005

suas propriedades e conseqüentemente finalidades. Características essas que integram os conhecimentos sobre a Química de uma miríade de propostas curriculares e materiais didáticos. Muitas vezes, a tabela periódica acaba se tornando banalizada, desconsiderando-se todos os esforços de vários pesquisadores nos estudos das substâncias encontradas na Terra, para que hoje possamos definir o que é um elemento químico.

As abordagens tradicionais do ensino da Química pautam-se mais pelo estudo de modelos e teorias que apresentam explicações microscópicas para fenômenos que por vezes podem ser observados em escala macroscópica. Nesse sentido, antes de se pensar em nomes de partículas que constituem os átomos dos elementos químicos, é relevante dedicarmos esforços aos aspectos da História da Química.

Outrossim, consideramos que o estudo do contexto histórico das descobertas dos elementos constitui um importante assunto para se trabalhar o ensino de ciências numa perspectiva histórica. Além disso, este tema possibilita o desenvolvimento de atividades com cunho interdisciplinar, que podem se tornar motivadoras e desmistificadoras para estudantes adolescentes que ainda não foram formalmente apresentados às disciplinas escolares como a Química e a Física.

Tomando como referência a literatura da área de História e Filosofia das Ciências e trabalhos com propostas de ensino nesta perspectiva (Targino e Baldinato, 2016; Gandolfi e Figueroa, 2014; Leite e Porto, 2014; Godoi e Figueroa, 2008), salienta-se que resgatar episódios históricos de nosso país é bastante salutar em termos de possibilidades de se explorar a História da Ciência no contexto da educação básica, mormente os conhecimentos de Física, Geociências e Química.

Desta forma, considerando a gama de elementos químicos existentes, os processos de identificação destes e os diversos usos e aplicações deles nas atividades humanas, elege-se como foco de discussão neste capítulo questões relacionadas ao elemento químico Lítio. Não constitui objetivo deste capítulo a proposição de uma sequência didática, roteiro de aula ou qualquer outra atividade fechada, que se encerre em si mesma. O intuito destes escritos é possibilitar o estabelecimento de diálogos, de encontro de ideias de sujeitos,

que possam contribuir para diferentes e novas experiências e vivências no âmbito da Educação, do Ensino de Ciências.

Neste capítulo, portanto, tem-se como objetivo (re)construir parte do “percurso” do Lítio, considerando a participação indireta de um notável brasileiro e os usos contemporâneos deste elemento. Assim, para além de se aprender a posição do Lítio na classificação periódica e suas propriedades físico-químicas, que indubitavelmente são importantes e devem ser estudadas, propõe-se uma discussão que aglutine conhecimentos de Química, História, História da Ciência, Geografia/Geopolítica e Educação Ambiental.

A “descoberta” do elemento químico Lítio

A tabela periódica talvez seja uma das produções da Ciência mais carregadas de História. Cada quadrado representa mais do que um elemento químico, considerando todo o processo histórico de identificação das diversas substâncias conhecidas. A partir destas que foi possível o isolamento dos elementos químicos, o que em muitos casos aconteceu com a participação de vários sujeitos. No caso do Lítio:

O Lítio foi descoberto em 1818 por Johan August Arfwedson (1792-1841), quando trabalhava no laboratório de Jacob Berzelius (1779-1848), na Suécia. Inicialmente, Arfwedson realizou as análises com a petalita e posteriormente com o espodumênio e lepidolita. Em uma carta destinada a Berthollet, Berzelius relata a descoberta do Lítio e comenta que as análises foram realizadas a partir do mineral petalita, anteriormente descoberto por Andrada e Silva. Neste mesmo ano, o lítio foi isolado na forma elementar por Humphry Davy (1778- 1829), após eletrolisar uma solução de óxido de lítio em uma cápsula de platina (Patrocínio, 2015, p. 59).

Além da participação dos pesquisadores mencionados neste excerto, convém destacar a importância dos estudos mineralógicos no desenvolvimento da Química, que por vezes ficam subjacentes às propriedades dos elementos químicos, uma vez que características de metais como o ouro e a prata, há muito objetos de cobiça e riqueza, são explicadas e compreendidas à luz do conhecimento químico. Entretanto, eles não são encontrados isoladamente na natureza e são necessários procedimentos e técnicas para deixá-los na forma como são empregados em diversos utensílios e adereços, o que confere à

mineração um papel importante nos estudos sobre os elementos químicos e conseqüentemente na História da Química.

O Lítio, por sua vez, tornou-se um metal praticamente indispensável no século XXI e pode se tornar tão valioso quanto o ouro, devido ao amplo uso em baterias⁵⁸ de dispositivos como computadores portáteis (notebooks), aparelhos celulares que desempenham várias funções (smartphones) e veículos elétricos.

Não obstante a utilização das baterias de íon-lítio, este metal apresenta uma peculiaridade em sua trajetória que também merece destaque. De acordo com os dizeres de Patrocínio (2015) acima, a descoberta do Lítio aconteceu “a partir do mineral *petalita*, anteriormente descoberto por Andrada e Silva”. Entre os nomes estrangeiros, saltam aos olhos Andrada e Silva, sobrenome de um brasileiro com notável relevância para a História do Brasil.

José Bonifácio de Andrada e Silva

Andrada e Silva é o sobrenome de José Bonifácio, brasileiro nascido em 1763 na Vila de Santos, atual Santos, no litoral paulista. Ele apresenta uma vasta biografia, sendo principalmente conhecido pela atuação política nos anos finais do Brasil colônia e no processo de emancipação política de Portugal. Quase duzentos anos depois da declaração de independência, José Bonifácio é declarado pelo Estado brasileiro como Patrono da Independência do Brasil⁵⁹. No município de Santos-SP há dois monumentos em homenagem a ele: a Praça da Independência e o Panteão dos Andradas, onde estão os despojos de José Bonifácio e de seus irmãos⁶⁰.

Além da inegável contribuição de José Bonifácio para a História do Brasil, ele também deixou contribuições para a Mineralogia e a Química,

⁵⁸ Para mais detalhes, ver: Bocchi, N.; Ferracin, L. C.; Biaggio, S. R. Pilhas e Baterias: funcionamento e impacto ambiental. Química Nova na Escola, n. 11, p. 3-9, 2000; Busnardo, N. G.; Paulino, J. F.; Afonso, J. C. Recuperação de Cobalto e Lítio de baterias íon-lítio usadas. Química Nova, v. 30, n. 4, p. 995-1000, 2007; Silva, R. G.; Afonso, J. C.; Mahler, C. F. Lixiviação ácida de baterias íon-lítio. Química Nova, v. 41, n. 5, p. 581-586, 2018; Aranha, W. M. Caracterização de bateria recarregável de lítio de veículos híbridos visando sua reciclagem. Projeto de Graduação. Escola Politécnica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025547.pdf>. Acesso realizado em 10/04/2019

⁵⁹ Lei Nº 13.615, de 11 de janeiro de 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Lei/L13615.htm. Acesso realizado em 10/04/2019

⁶⁰ <http://www.santos.sp.gov.br/?q=local/pantheon-dos-andradas> Acesso realizado em 10/04/2019.

durante o período de mais de trinta anos em que ele permaneceu na Europa. Em Portugal, realizou os cursos de estudos jurídicos, Matemática e Filosofia Natural, além dos estudos das duas áreas mencionadas acima. Foi leitor de notáveis estudiosos europeus como Voltaire, Newton, Leibniz. Financiado pela coroa portuguesa, realizou uma excursão pela Europa. Na Noruega e Suécia, dedicou-se profundamente aos estudos de Mineralogia e Química, identificando a já referida petalita, mineral composto por lítio, alumínio e silicato (Filgueiras, 1986).

Cabe salientar que José Bonifácio ocupou diversos cargos administrativos durante sua estadia em Portugal como Intendente Geral das Minas e Metais do Reino, Diretor do Laboratório da Casa da Moeda, Superintendente do Rio Mondego e obras públicas de Coimbra, dentre outros (Filgueiras, 1986; Marques, 2011). Teve ainda por um período “que administrar ao mesmo tempo a Casas da Moeda, as Minas e os Bosques de todos os domínios portugueses” (Marques, 2011, p. 64). José Bonifácio também foi professor na Universidade de Coimbra, ocupando a cátedra de Metalurgia.

Assim, é interessante destacar, para que não se incorra em um ufanismo inocente (como do célebre personagem de Lima Barreto, Policarpo Quaresma) sobre o patrono da independência brasileira, que o destino dos filhos da então elite da colônia brasileira era realizar os estudos em Portugal. José Bonifácio, além da expedição científica-mineralógica sob as expensas portuguesas, envolveu-se politicamente com diversas questões lusitanas, conforme indicado alhures.

Devido à sua vasta formação intelectual e sua proximidade com a Corte em Lisboa, Bonifácio acabou por ocupar muitos cargos públicos em um momento de grande necessidade de mão de obra especializada. O fato de muitos dos estudantes brasileiros em Coimbra retornarem ao Brasil fazia com que os mais preparados estivessem, paradoxalmente, mais à serviço da colônia do que da metrópole, principalmente a partir de 1800 (Marques, 2011, p. 64).

O período histórico em que José Bonifácio esteve na Europa, marcado principalmente pelo desenrolar da revolução francesa e ascensão do império napoleônico, influenciaram o ambiente político na península ibérica. No âmbito lusitano, além das instabilidades políticas, a reforma educacional proposta por

Marquês de Pombal⁶¹ estava em curso, que também reverberou na então América portuguesa. Nesse contexto, também não se pode olvidar a vinda da família real portuguesa ao Brasil em 1808. As discussões sobre os rumos do Brasil se balizavam pela possibilidade de se consolidar um Imperio português em terras americanas. De certo ponto de vista, José Bonifácio e seus contemporâneos eram portugueses, apesar de nascidos em solo brasileiro. Esse simples fato tem implicações em sentimentos de pertença e questões identitárias:

É esta, ilustres acadêmicos, a derradeira vez, sim, a derradeira vez, com bom pesar o digo, que tenho a honra de ser o historiador de vossas tarefas literárias, e patrióticas; pois é forçoso deixar o antigo, que me adotou como filho, para ir habitar o novo Portugal, onde nasci. [...] Consola-me igualmente a lembrança de que da vossa parte pagareis a obrigação em que está todo o Portugal para com a sua filha emancipada, que precisa de por casa, repartindo com ela das vossas luzes, conselhos e instruções... E que país esse, senhores, para uma nova civilização e para novo assento das ciências! Que terra para um grande e vasto Império! [...] Riquíssimo nos três reinos da natureza, com o andar dos tempos nenhum outro país poderá correr parêlas com a nova Lusitânia (Andrada e Silva citado por Lustosa, 2013, p. 164)

Neste trecho, de um discurso de despedida de José Bonifácio, datado em 1819, merecem destaque as passagens - “habitar o novo Portugal” e “sua filha emancipada”, em que o território brasileiro é abordado em uma espécie de simbiose com a coroa portuguesa, sem a ideia de uma ruptura com o ente europeu. Assim, não se deseja reduzir ou diminuir a importância do papel de José Bonifácio na independência do Brasil, mas problematizar o contexto histórico.

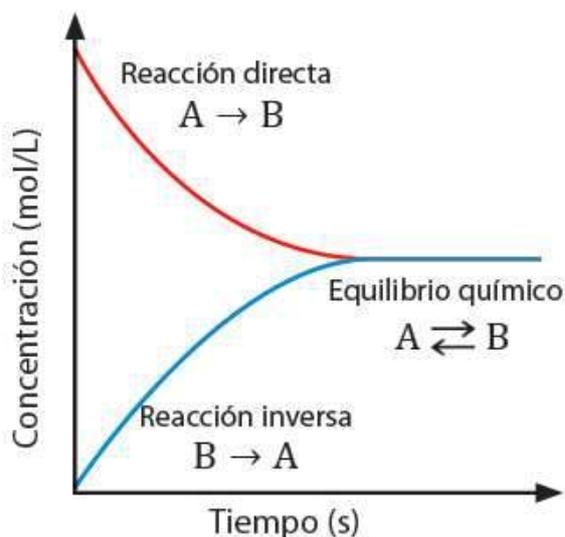
Da História à Química, da Química à História

O pensamento da Química, além de notoriamente composto pelas ideias de átomos, substâncias, elementos, apresenta também a definição de equilíbrio químico, que ocorre mediante condições de reversibilidade dos produtos em reagentes de uma dada reação química. Nas condições de equilíbrio químico,

⁶¹ Para mais detalhes, ver: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/navegando/periodo_pombalino_intro.html. Acesso em 14/04/2019

diz-se que a velocidade (taxa temporal de formação) da reação direta é igual a da reação inversa. Em termos gráficos, a figura 01 ilustra essa descrição.

Figura 01: Representação gráfica de uma reação química hipotética ao atingir a condição de equilíbrio químico



Fonte: <https://www.portaleducativo.net/tercero-medio/45/equilibrio-quimico>
Acesso 14 abr. 2019

Com essas breves considerações, enseja-se propor uma analogia com o título da presente seção. Em situações de aulas tradicionais no ambiente escolar ou em qualquer outro contexto que se faça necessário, pode-se, com referência na biografia de José Bonifácio, pensar discussões que se desenrolem do arcabouço de conhecimentos da História para o rol de temas da Química, mormente os elementos químicos e a tabela periódica. Se na condição de equilíbrio, os “reagentes e produtos” estão sendo formados na mesma proporção, ou seja, apresentam concentrações iguais, extrapolando o sentido estritamente científico, pode-se dizer que ambos estão em condição de equivalência, sem relação de hierarquia.

Argumenta-se desta forma que as potencialidades para se trabalhar partindo-se da Química para o contexto histórico e vice-versa são igualmente válidas e podem enriquecer o leque de possibilidades nas abordagens do ensino de ciências. O caso de José Bonifácio se mostra promissor neste sentido, uma vez que sua biografia perpassa importantes episódios da história

brasileira e a identificação de minerais que possibilitaram a descoberta do elemento químico lítio por outros estudiosos.

A despeito de se encontrar menções a José Bonifácio como um dos “personagens importantes para a história da ciência em Portugal e no Brasil” (Mori e Curvelo, 2014, p. 920), não são numerosas as referências em nossa literatura ao papel dele, mesmo que indiretamente, na identificação e caracterização do lítio. Em um dos mais notáveis, Filgueiras (1986) constrói um texto em que faz sobressair as contribuições de José Bonifácio à Química, inclusive exaltando que “dois dos novos minerais descobertos por José Bonifácio vieram a ter grande importância histórica, tornando-o o único brasileiro de certa forma ligado à história da classificação periódica” (Filgueiras, 1986, p. 264). Peixoto (1995), ao dissertar brevemente sobre o lítio na extinta seção “*elemento químico*” da revista Química Nova Escola, refere-se também a José Bonifácio e aos minerais petalita e espodumênio, que contém lítio em sua composição⁶².

O trabalho mais recente e que guarda relações mais próxima com este capítulo, intitula-se “As contribuições científicas de José Bonifácio e a descoberta do Lítio: um caminhar pela História da Ciência” (Chagas e Correia, 2017). Os autores ressaltam o trabalho de José Bonifácio no Âmbito da Ciência, sobretudo na descoberta do lítio. Eles estabelecem relações principalmente entre as discussões de Patrocínio (2015), Varela (2012) e Marques (2011). Salieta-se que as produções sobre José Bonifácio enquanto naturalista e cientista se assentam principalmente no âmbito da História da Ciência e Mineralogia.

Em sua dissertação de mestrado, Patrocínio (2015) se dedica a ressaltar a importância dos estudos químicos, mineralógicos, científicos de José Bonifácio, que tiveram repercussão em outros países, conforme já aludido. Ela menciona que ele “era citado por Johan August Arfwedson (1792-1841), Claude Louis Berthollet (1748-1822) e James Dwight Dana (1813-1895), ou seja, por respeitados estudiosos de sua época que ligavam seus estudos e suas descobertas à possibilidade do isolamento do elemento químico lítio” (Patrocínio, 2015, p. 16). Outros trabalhos como Varela (2012) e Marques

⁶² Para mais detalhes, ver Patrocínio (2015), p. 56 a 59.

(2011) tratam da vida e obra de José Bonifácio de maneira mais ampla, destacando tanto a carreira científica como política.

Em outra perspectiva, ao se focalizar as produções mais recentes no âmbito das comunidades de pesquisadores e estudantes de Ciências e Química, nota-se uma escassez sobre o tema em questão. Nos anais dos últimos três eventos do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC – realizados em 2017, 2015 e 2013) e do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ – realizados em 2018, 2016 e 2014) não há nenhum trabalho que trate sobre alguma relação de José Bonifácio com o ensino de Química ou Ciências⁶³.

Destaca-se também que Varela, em sua dissertação de mestrado, aponta que apenas as questões políticas da vida de José Bonifácio, mormente no retorno dele ao Brasil, são abordadas em livros de História. Ainda que essas considerações se refiram a livros do século XX, não podem ser consideradas obsoletas, tendo em vista a incipiente relação no contexto da escola básica e ensino de ciências entre a figura de José Bonifácio e questões acerca da Química, da Mineralogia e da Ciência de maneira geral.

Nos livros didáticos de primeiro e segundo graus, José Bonifácio é mencionado apenas na parte referente ao processo de Independência do Brasil, sobretudo quando é nomeado por D. Pedro para ser ministro. Neste momento, o seu nome aparece como o grande amigo do Imperador, ajudando a tomar as principais decisões políticas para romper a união entre os Reinos de Portugal e do Brasil. Ou então, no momento de demissão do ministério dos Andradas pelo Imperador no ano de 1823, no bojo das discussões políticas da Assembleia Nacional Constituinte para a realização da 1ª Constituição brasileira. Portanto, os alunos de primeiro e segundo grau saem da escola sem sequer saber que José Bonifácio foi também um homem de ciência (Varela, 2001, p. 2)

Assim, diante destes argumentos, engendra-se a defesa de que situações de ensino-aprendizagem que envolvam a figura de José Bonifácio e

⁶³ Para consultar os Anais do ENPEC: 2017 - <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/trabalhos.htm>; 2015 - <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/trabalhos.htm> e 2013 - <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/trabalhos.htm>. Acessos em 10/04/2019. Para consultar os Anais do ENEQ: 2018 - http://www.eneq2018noacre.com.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=421; 2016 - <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/trabalhos.htm> e 2014 - http://www.sbg.org.br/eneq/xvii/anais_xvii_eneq.pdf. Acessos em 10/04/2019

o processo de descoberta do Lítio podem ser frutíferas para os contextos do Ensino de Química e História. Desta forma, reafirmam-se as potencialidades de ideias e projetos de ensino que, além de promover o diálogo entre disciplinas, possibilitem efetivamente novos aprendizados que não se resumam na simples memorização de datas, fatos, nomes e propriedades de elementos químicos.

O Lítio como recurso natural

É bastante provável que José Bonifácio e seus contemporâneos não previram os rumos que a sociedade e a dinâmica planetária tomaram, especialmente sobre a rápida ascensão tecnológica neste século XXI. Além da revolução industrial, a eletricidade desempenhou papel crucial na concepção de novos meios de comunicação. Os estudos sobre eletricidade e magnetismo que culminaram com os circuitos modernos começavam a se ampliar no século XIX, a partir do experimento de Oersted⁶⁴.

O desenvolvimento da eletricidade possibilitou a confecção de artefatos para que pudessem armazenar e fornecer energia – pilhas e baterias. Talvez não seja exagerado dizer que uma significativa parcela da população mundial se tornou dependente de baterias, considerando o amplo uso de aparelhos celulares, que de telefones móveis tornaram-se *smartphones*, desempenhando múltiplas funções. Nos últimos anos, o emprego de baterias paulatinamente ganha espaço na indústria automotiva, com o surgimento de carros elétricos, que surgem como uma resposta às necessidades de redução dos gases do efeito estufa.

O mais interessante é que as baterias utilizadas nos mais recentes aparelhos celulares, notebooks e nos carros elétricos são conhecidas como baterias de *ion Lítio*⁶⁵! Este elemento, presente nos minerais identificados por José Bonifácio, adquire cada vez mais o status de “essencial”⁶⁶, considerando o aumento da demanda por lítio nos próximos anos e possíveis desdobramentos geopolíticos (Rodrigues e Padula, 2017).

⁶⁴ Hans Christian Oersted (Ørsted), se notabilizou pela realização do experimento em que a agulha de uma bússola pode ser defletida quando próxima a um fio em que passe corrente elétrica.

⁶⁵ Ver nota 2

⁶⁶ Utilizam-se as aspas, pois cabe uma discussão, necessária, porém fora do escopo deste capítulo, sobre os usos e consumos dentro do que se pode denominar de sociedade capitalista.

O potencial econômico de celulares, notebooks, veículos é inegável. Há fabricantes mundiais desses aparelhos. E todos eles necessitam de uma bateria para funcionar, que por sua vez precisa do Lítio em sua constituição. Dessa forma, a exploração desse metal tornar-se-á cada vez mais estratégica para o setor produtivo e também para o público consumidor. Já é possível encontrar menções ao lítio como “petróleo do futuro” ou “petróleo branco”, devido ao seu aspecto esbranquiçado nas reservas naturais em que se encontra sais de lítio.

Não se pretende fazer aqui um exercício de futurologia, mas é de amplo conhecimento os eventos mundiais que se desencadearam motivados pelas necessidades de uso de combustíveis fósseis. Considerando o aumento da demanda por lítio⁶⁷ e as previsões de elevação do consumo deste recurso⁶⁸, há uma possível tensão geopolítica no horizonte de eventos dos próximos anos.

As maiores reservas de lítio do planeta estão situadas justamente na América do Sul, no que se pode chamar de ABC do lítio – Argentina, Bolívia e Chile que detém cerca de 70% dos depósitos do mundo (Rodrigues e Padula, 2017, p. 203), sendo que as reservas bolivianas estão praticamente inexploradas, o que levará a questões geopolíticas relevantes para o debate sobre recursos energéticos, globalização, economia e desenvolvimento sustentável.

À guisa de exemplo, pode-se mencionar algumas reportagens, do ano de 2018 e início de 2019, de jornais que tratam da exploração do lítio no Brasil e na Bolívia e possíveis desdobramentos sócio-econômicos⁶⁹. A comparação

⁶⁷ Ver (Rodrigues e Padula, 2017, p. 209 e 210)

⁶⁸ Para números detalhados, consultar gráfico em: América do Sul no cerne da geopolítica dos renováveis: o caso do lítio – Caderno Opinião FGV Energia, publicação de maio/2018, p. 6. Disponível em https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opiniao_-_o_caso_do_litio_-_fernanda_e_klaus.pdf. Acesso em 16/04/2019.

⁶⁹ Empresa chinesa produzirá lítio na Bolívia. (2019, 8 fevereiro). *A Tribuna*, Santos, 125(43426), B4.

- Pamplona, N. (2018, 22 dezembro). Demanda global leva a corrida pelo lítio, o petróleo do futuro. *Folha de S. Paulo*, São Paulo. Recuperado a partir de <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/12/demanda-global-leva-a-corrida-pelo-litio-o-petroleo-do-futuro.shtml>

- Lítio, “o petróleo do futuro”, começa a ser explorado no Brasil. (2018, 29 dezembro). *Valor Econômico*. São Paulo. Recuperado a partir de <https://www.valor.com.br/empresas/6042267/litio-o-petroleo-do-futuro-comeca-ser-explorado-no-brasil>;

Nascimento, P. (2018, 3 janeiro) Descoberta de Lítio pode mudar a realidade de uma das regiões mais pobres de MG. *Metro Jornal*, Belo Horizonte. Recuperado a partir de <https://www.metrojornal.com.br/foco/2018/01/03/descoberta-de-litio-pode-mudar-realidade-de-uma-das-regioes-mais-pobres-de-mg.html>;

do lítio como “petróleo do futuro” surge inexoravelmente, devido as riquezas que podem ser geradas. No Brasil, realizou-se em agosto de 2018 o III Seminário sobre Lítio-Brasil: Desafios para o desenvolvimento da cadeia do lítio no país, no âmbito do CETEM – Centro de Tecnologia Mineral⁷⁰, com a participação de sujeitos representando órgãos públicos e instituições privadas, o que indica as perspectivas futuras são promissoras. Não obstante, há o interesse de uma empresa chinesa na produção de lítio na Bolívia. Considerando as reservas de Chile e Argentina, a América do Sul pode se tornar palco de disputas mundiais pelas reservas de Lítio, a depender dos eventos futuros.

Assim, os desdobramentos geopolíticos são vários. A combalida América do Sul passou e talvez ainda passe por um processo de exploração e subjulgação em relação aos recursos naturais. As condições de vida e bem-estar da população não podem se tornar secundárias em relação a pauta econômica. Por outro lado, as discussões sobre o uso de baterias de íon-lítio são relevantes do ponto de vista ambiental, considerando a inevitável falência dos recursos energéticos de combustíveis fósseis e o potencial poluidor que eles apresentam. No entanto, um equilíbrio é necessário, para que o uso do lítio não represente conflitos e acentue as assimetrias já existentes em nosso mundo⁷¹.

Considerações Finais

É um percurso notável. Da identificação da petalita e do espodumênio, minerais compostos por Lítio, por José Bonifácio aos usos das baterias de íon-lítio e perspectivas futuras, há uma gama de possibilidades de se levar esses temas para espaços educativos, seja a escola ou outros locais. Questões mineralógicas e o processo de extração do lítio, a participação de um brasileiro ligado a independência do país na descoberta do lítio, as relações entre Química e História e as propriedades dos elementos químicos, a problematização e conhecimento do funcionamento de pilhas e baterias,

⁷⁰ Unidade de pesquisa ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Para mais informações e consulta a um vasto material sobre a exploração e usos do Lítio ver: <http://www.cetem.gov.br/iii-seminario-litio-brasil>. Acesso em 17/04/2019.

⁷¹ Há estimativas de que metade da população mundial não tem acesso à internet, ou seja, não usufrui dos conhecimentos tecnológicos oriundos do elemento químico em foco – lítio.

aspectos geopolíticos e ambientais do usos de recursos do planeta são exemplos que podem contribuir para um Ensino de Ciências, de Química além das tradicionais memorizações sem conexão aparente com o mundo.

Essas ideias nascem do campo da História e Filosofia das Ciências, mormente a História neste caso, e se mostram como promissoras para se pensar novas formas de se trabalhar os conteúdos relativos à área. Revisitar a História do Brasil possibilita trazer à tona um José Bonifácio para além do Patrono da Independência brasileira, título inclusive reconhecido por lei⁷². É interessante salientar, portanto, o caráter interdisciplinar que abordagens envolvendo a História da Ciência podem proporcionar, abrangendo Química, Ciências, História, Geografia, discussões sobre educação ambiental com este “percurso” do Lítio que se origina nos trabalhos de José Bonifácio e se ramifica nas questões do século XXI.

Tendo em vista a marcante presença da cultura eurocêntrica no Brasil e a tradição conteudista do ensino de ciências, personagens importantes de nossa história não são lembrados, o que fragiliza a visão sobre a ciência brasileira. Com efeito, a figura de José Bonifácio, como participante da descoberta do Lítio contribui para esse debate, mesmo diante do contexto de transição do século XVIII ao XIX. É salutar atribuir o devido destaque a personagens nacionais, mas com a prudência de não se adotar um ufanismo ingênuo e irresponsável.

Além disso, reconhece-se que José Bonifácio foi o único brasileiro a figurar, mesmo que indiretamente, na descoberta de um elemento químico (o Lítio), o que nos leva a considerar que a tabela periódica também é um pouco brasileira. Ainda que não tenha descoberto o mineral, reforçamos que Johan August Arfwedson se apoiou sobre os ombros de Bonifácio, demonstrando que a Ciência não é construída simplesmente por um único pai ou gênio (Chagas e Correa, 2017, p. 211).

Dessa forma, surge também como possibilidade a discussão sobre a natureza do trabalho científico. É importante que se discuta o processo colaborativo na Ciência, para que se desconstrua o mito do cientista que trabalha sozinho e repentinamente descobre leis e princípios que seriam universais. Talvez por isso o nome de José Bonifácio não seja tão exaltado

⁷² Ver nota 3

como é nas questões sobre o processo de emancipação de Portugal. Pode-se assim questionar que visão ou concepção de Ciência que se pretende trabalhar nas escolas nacionais que reproduz a lógica de dominação dos tempos da colonização.

Ainda no caso brasileiro, duas experiências recentes e traumáticas contribuíram para acentuar o debate sobre os usos de recursos naturais e mineração. Próximo a terra natal de José Bonifácio, Santos-SP, veio à tona preocupações com uma cava subaquática no canal de piaçaguera, no porto de Santos, que guarda rejeitos contaminados da atividade industrial do município de Cubatão, limítrofe a Santos. Apesar de órgãos ambientais garantirem que não há riscos⁷³ e não haver relações diretas com mineração, o caso lembra a forma como os recursos naturais são tratados e utilizados pela atividade econômica.

O conjunto da atividade exploratória e industrial do lítio pode ser diferente, pois além da extração de minérios, há a abundância deste elemento em saleiras, o que envolve outras formas de obtenção. O uso do lítio permite vislumbrar um futuro com equipamentos e carros elétricos através das baterias que ele pode formar. Uma história que se iniciou com as expedições de José Bonifácio pela Europa. Cabe a sociedade deste século XXI pensar e ponderar sobre as formas e a medida em que se apropria dos recursos naturais.

Referências

Andrada e Silva, J. B. de. Memória do desembargador José Bonifácio de Andrada e Silva sobre os meios de prepararem no Reino os estudos de mineralogia dando nova forma e método para o seu estudo. In: Varela, A.G; Lopes, M. M; Fonseca. M. R. F. (2003) **O Ilustrado José Bonifácio de Andrada e Silva e os estudos Mineralógicos na Universidade de Coimbra**. Revista da SBHC, v. 2, n. 1, p. 148-160.

Andrada e Silva, J. B. de. Short notice the properties and external caracteres of some new fóssil from Sweden and Norway; together with some Chemical remarks upon the same. (1963) In: Falcão, Edgard de Cerqueira (org.). **Obras Científicas, políticas e sociais de José Bonifácio de Andrada e Silva**. Santos: Revista dos Tribunais, v.3.

⁷³ <https://www.tribuna.com.br/noticias/portoemar/cetesb-garante-cava-subaqu%C3%A1tica-n%C3%A3o-oferece-risco-1.11428>. Acesso em 16/04/2019

Chagas, C. S.; Corrêa, T. H. B. (2017). As contribuições científicas de José Bonifácio e a descoberta do Lítio: um caminhar pela História da Ciência. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v.7, n., p. 201-212

Filgueiras, C. A. L. (1986). A Química de José Bonifácio. **Química Nova**, v. 9, n. 4, p. 263-268.

Gandolfi, H. R.; Figueirôa, S. F. de M. (2014) As nitreiras no Brasil dos séculos XVIII e XIX: uma abordagem histórica no ensino de ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 279-297.

Godoi, L. de O.; Figueirôa, S. F. de M. (2008). Dois pesos e duas medidas: uma proposta para discutir a natureza do sistema de unidades de medida na sala de aula. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 25, n. 3: p. 523-545.

Guimarães, F. L. C (coord.). (1988) **José Bonifácio Cientista**. Rio de Janeiro: Mailty Comunicação e Editora.

Guntau, M. José Bonifácio de Andrada e Silva – Estudos e trabalhos científicos na Europa Central. In: Figueirôa, S. F. M. (2000) **Um olhar sobre o passado: história das ciências na América Latina**. Campinas, São Paulo: Editora da Unicamp.

Lustosa, I. (2013) Projetos para uma pátria imaginada: o Brasil de José Bonifácio e Hipólito da Costa. **Teresa revista de Literatura Brasileira**, São Paulo, n. 12-13, p. 160-173

Marques, A. J. (2011) José Bonifácio de Andrada e Silva, naturalista. Um lado desconhecido da Historiografia brasileira. **Norte Ciência**, Belém, v. 2, n. 2, p. 59-70.

Mori, R. C.; Curvelo, A. A. S. (2014) O que sabemos sobre os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 5, p. 919-926

Patrocínio, S. O. F. (2015). **José Bonifácio de Andrada e Silva e os Estudos Químico-Mineralógicos: Uma Vida Perpassada por Compromissos com o Ensino e a Sociedade**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Peixoto, E. M. A. (1995). Lítio. **Química Nova na Escola**. N.2, p. 25, nov-1995.

Figueirôa, Sílvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Rodrigues, B. S.; Padula, R. (2017). Geopolítica do Lítio no século XXI. **Austral: Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais**, Porto Alegre, v. 6, n. 11, p. 197 – 220.

Sousa, O. T. (1988) **José Bonifácio**. 2ª série. Vol I. São Paulo: Itatiaia.

Targino, A. R. L.; Baldinato, J. O. (2016). Abordagem histórica da lei periódica nas coleções do PNL D 2012. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 324-333.

Varela, A. G. (2012). Naturalista e homem público: a trajetória do ilustrado José Bonifácio de Andrada e Silva (1780-1823). **Revista Convergência Lusíada**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 114-134.

Varela, A. G. (2001). "**JURO-LHE PELA HONRA DE BOM VASSALO E BOM PORTUGUES**": Filósofo Natural e Homem Público - Uma Análise das Memórias Científicas do Ilustrado José Bonifácio de Andrada e Silva (1780-1819). Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

OS AUTORES E AS AUTORAS

Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa

Geóloga, mestre e doutora em História Social pela USP, livre-docente professora-titular pela UNICAMP. Docente do Instituto de Geociências da UNICAMP (1987-2013) e da Faculdade de Educação desde 2014. Membro da International Commission on the History of Geological Sciences (INHIGEO – IUPHS/IUGS), da History of Earth Sciences Society (HESS) e Membro Correspondente da International Academy of the History of Sciences (IAHS) Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, Av. Bertrand Russell, 801 13083-865 Campinas, SP Brasil

Email: silviamf@unicamp.br

Ángel Vázquez-Alonso es Doctor en Educación, master en ciencias Físicas y licenciado en Química, profesor del Centro de Estudios de Posgrado en la Universidad de las Islas Baleares. Desarrolla líneas de investigación sobre didáctica general, didáctica de las ciencias, dirigiendo y participando como investigador en más de dos decenas de proyectos competitivos. Ha publicado más de tres decenas de libros y capítulos de libros, dos centenares de artículos en revistas y otras tantas publicaciones adicionales de centenares de congresos científicos y actuado como conferenciante invitado decenas de eventos. También sirve como evaluador de proyectos de investigación e innovación para organismos de la Unión Europea y de España y revisor para revistas nacionales e internacionales.

Email: angel.vazquez@uib.es

Margarita Ana Vázquez-Manassero es Doctora en Historia e Historia del Arte, y Territorio por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (Doctorado Internacional, Madrid) e investigadora post-doctoral en el Instituto Universitario la Corte en Europa de la Universidad Autónoma de Madrid (Programa Juan de la Cierva-Formación). Ha obtenido diversas becas y ayudas de investigación, destacando las del Museo Nacional del Prado o del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (España). y ha participado en dos proyectos de investigación competitivos. Su investigación se centra en el estudio de la corte de los Austrias (ss. XVI-XVII) y, más específicamente, en el análisis de la cultura artística y científica de este periodo.

Email: margarita.vazquez@uam.es

María-Antonia Manassero-Mas, Doctora en Psicología, premio extraordinario de Licenciatura y Doctorado y Catedrática de Psicología Social de la Universidad de las Islas Baleares. Ha sido directora de la Universidad Abierta para Mayores y es Defensora Universitaria. Sus investigaciones se centran en los procesos psicosociales en el trabajo (estrés, burnout, trabajo emocional, etc.), la salud, el rendimiento académico, y las actitudes hacia la ciencia y la tecnología y su relación con la sociedad, y género y violencia contra las mujeres. Es autora de centenares de libros y capítulos de libros, artículos en revistas y comunicaciones a congresos internacionales y conferenciante invitada. Pertenece a asociaciones científicas y consejos editoriales y ejerce de revisora y evaluadora de artículos y proyectos de investigación científicos para revistas y agencias de investigación en el ámbito de la psicología y la educación.

Email: ma.manassero@uib.es

Ivy Judensnaider

Universidade Paulista / Brasil, doutoranda junto ao PECIM-UNICAMP,
ivynaider.unicamp@gmail.com

Fernando Santiago dos Santos

Instituto Federal de Educação, Rodovia Prefeito Quintino de Lima, 2100, São Roque, SP, 18145-090 Brasil

Email: fernandoss@ifsp.edu.br

Alan Dantas dos Santos Felisberto

Doutorando em Educação, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, Programa Multiunidades em Ensino de Ciências - UNICAMP.

Email: alandantasf@gmail.com

Waléria de Jesus Soares Barbosa

Doutora em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual de Campinas (2017), com Doutorado Sanduíche na Universidade do Porto-Portugal (2015), Mestre em Matemática pela Universidade Estadual de Campinas (2009), Especialista em Gestão Escolar pelo IBMEC-RJ (2014), Graduada em Matemática pela Universidade Federal do Maranhão (2001). Atualmente integra o GHEMAT - Grupo de Pesquisa de História da Educação Matemática no Brasil. Formadora de professores da SEMED de São Luís, MA.

Daniela Furtado Campos

Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, UNICAMP. Especialização em Política, Gestão e Financiamento da Educação, UFG – *Campus Jataí*. Graduação em Licenciatura em Ciências – Habilitação em Física e Especialização em Ensino de Ciências e Matemática, IFG – *Campus Jataí*.

Email: danielafurtadocampos@gmail.com.

Jefferson de Lima Picanço

Doutorado e Mestrado em Geociências, USP. Graduação em Geologia, UFPR. Professor da UNICAMP – Instituto de Geociências.

Email: jeffpicanco@gmail.com

Marcelo D'Aquino Rosa

Doutor em Ensino de Ciências e Matemática, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (Pecim) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Mestre em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Bacharel e Licenciado em

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Ciências Biológicas – UFSC. Professor de Ciências e Biologia para a Educação Básica. Email: marcelodaquino87@gmail.com.

Carla Nayelli Terra

Mestra em Ensino de Ciências e Matemática, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (Pecim) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Licenciada em Física, Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Itapetininga. Professora de Física para a Educação Básica.

Email: carla.nayelli@gmail.com.

Juliana Silva Pedro Barbi

Mestra em Ensino de Ciências e Matemática, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (Pecim) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Licenciada em Ciências Biológicas – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Email: julianasilvapetro@yahoo.com.br.

Bernardo Jefferson de Oliveira

Professor da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais Email: bj@ufmg.br

Marina Assis Fonseca

Professora da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais

Email: marina-fonseca@ufmg.br

Juliana Prochnow dos Anjos

Doutorado em curso na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais Email: juproch9@gmail.com

Paula Cristina da Silva Gonçalves Simon

Doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática, Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática - Unicamp.

Email: paulacsgsimon@yahoo.com.br.

Núria Araújo Marques

Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática, Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática - Unicamp.

Email: nuria.marques@uol.com.br.

Suseli de Paula Vissicaro

Doutora em Ensino de Ciências e Matemática, UNICAMP, mestrado Ensino e História da Ciência e da Matemática, UFABC. Professora dos anos iniciais da Prefeitura Municipal de São Bernardo do Campo. Email: svissicaro@gmail.com

Marcia Helena Alvim

Doutorado em Ensino e História das Ciências da Terra, UNICAMP, mestrado em Geociências, UNICAMP. Professora da UFABC, Centro de Ciências Naturais e Humanas. Email: marcia.alvim@ufabc.edu.br

Haira Gandolfi

Pesquisadora de Doutorado em Educação, com ênfase em Currículo, Pedagogia e Avaliação, University College London – Institute of Education, Reino Unido (projeto CNPq nº 232698/2014-7). Mestra em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Brasil. Bacharel e Licenciada em Química, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

Email: haira.gandolfi.15@ucl.ac.uk

Matheus Luciano Duarte Cardoso

Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática, Universidade Federal do ABC (UFABC). Professor na Rede Municipal de São Paulo.

Email: matheuscardoso.edu@gmail.com.

Thaís Cyrino de Mello Forato

Pós-doutorado no Instituto de Biociências da USP, junto ao Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências (USP), Doutorado em Educação, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), Mestrado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Professora do Departamento de Ciências Exatas e da Terra, na Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP).

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

Email: thais.unifesp@gmail.com.

Thailine Aparecida de Lima

Mestranda, PECIM, Universidade Estadual de Campinas, Rua Sérgio Buarque de Holanda, 777, Campinas, SP, 13.083-859 Brasil

Email: lima.thailine@gmail.com

Ana Carla de Sousa Silva

Mestre em Ensino e História das Ciências e da Matemática, UFABC. Professora da Prefeitura Municipal de São Caetano do Sul (SP).

Email: krlinha_sp@hotmail.com

Breno Arsioli Moura

Professor do Centro de Ciências Naturais e Humanas (CCNH) da UFABC

Email: breno.moura@ufabc.edu.br

Marcelo Vaz Pupo

Doutorado no Programa Multinidades em Ensino de Ciências e Matemática (Pecim), mestrado em Divulgação Científica e Cultural (Labjor-IEL), ambos pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Professor do curso de Educação do Campo na Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Campus Dom Pedrito-RS.

Email: marcelopupo@unipampa.edu.br

Tarcila Mantovan Atolini

Doutoranda em Estudos Sociais do Trabalho, Tecnologia e Expertise pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Professora do curso de Engenharia Química da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM.

Email: tarcila.atolini@ict.ufvjm.edu.br

Figueirôa, Silvia Fernanda de Mendonça. História e filosofia das ciências da natureza e da matemática: ensino, pesquisa e formação de professores. São Paulo: Edições Hipótese, 2019.

João Henrique Cândido de Moura

Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática pelo PECIM, Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática, da Unicamp. Mestre em Educação. Licenciado em Física e Licenciado em Química. Professor do IFSP – *campus Registro*.

Email: joaomoura@ifsp.edu.br