

Histórias explicativas para o ensino de fotossíntese e abordagem da natureza da ciência no ensino médio de biologia

Historical narratives for photosynthesis teaching and approach to nature of science in high school biology

ÉRICA LIMA SANTOS¹ e RICARDO SANTOS DO CARMO²

¹Universidade Federal de Sergipe (UFS)/ Departamento de Biociências/
ericabio26@hotmail.com ²Universidade Federal de Sergipe/Departamento de
Biociências/ email: rscarmo@ufs.br

Resumo

Este trabalho investiga o potencial que as narrativas possuem como importante recurso de comunicação para a abordagem do processo fotossintético no ensino médio de biologia. As narrativas ocupam hoje na literatura em educação científica um amplo espaço, por serem uma das mais importantes ferramentas de comunicar ideias e por possibilitar um tratamento explícito da natureza da ciência nas salas de aula. A pesquisa é realizada em equipe colaborativa de professores e pesquisadores. Um conjunto relacionado de ideias são abordados nas narrativas que permite aumentar a predisposição dos estudantes em aprender, na medida em que aborda os debates científicos, políticos, sociais e religiosos que envolveram as comunidades científicas dos séculos XVIII e XIX. Uma ênfase particular na vida do filósofo inglês Joseph Priestley chama a atenção dos estudantes para a influência desses contextos históricos da época no desenvolvimento dos conceitos científicos.

Palavras chave: Narrativas, natureza da ciência, fotossíntese.

Abstract

This paper investigates the potential that narratives have as an important communication resource for addressing the photosynthetic process in high school biology. Narratives occupy nowadays in the literature of Science education ample space for being one of the most important tools to communicate ideas and enable an explicit treatment of the nature of science in classrooms. The research is performed in collaborative team of teachers and researchers. A related set of ideas is discussed in the narratives, that will increase the willingness of students to learn, in that it addresses the scientific, political, social and religious debates involving the scientific communities of the eighteenth and nineteenth centuries. Particular emphasis on the chemical and philosopher Englishman Joseph Priestley's life draws students' attention to the influence of these historical contexts from back then in the development of scientific concepts.

Key words: Narratives, nature of science, photosynthesis.

Introdução

1- Narrativas como eixos estruturadores de currículos

As dificuldades que cercam a formação em ciência e tecnologia têm sido analisadas, desde diferentes perspectivas, pela comunidade de pesquisa em educação científica em mais de três décadas (ver YAGER, 1984; FOUREZ, 2003). No Brasil, as críticas mais fortes são dirigidas à estrutura deficiente das escolas, à sobrecarga de trabalho e ao baixo salário dos professores, bem como à descontextualização e fragmentação dos currículos. De fato, são problemas sérios que envolvem mudanças significativas pelo menos na forma de (i) valorização da profissão; (ii) gestão escolar; e (iii) organização do currículo.

O livro didático é a principal fonte de conhecimento científico recontextualizado nas escolas (MARTINS *et al.*, 2001), mas comumente seus textos sofrem de excessiva fragmentação, desconhecem os conceitos como construções fruto de colaborações e disputas, e têm pouco significado formativo para os estudantes. A história da ciência nos livros didáticos, como afirma Costa (2014), costuma estar restrita a pequenos boxes que trazem, quando muito, apenas a história de vida dos cientistas e suas descobertas, deixando de apresentar os processos que estes cientistas levaram para elaborar as teorias, os conceitos e outros construtos das ciências colocados no programa de aulas, ou seja, são apresentados os produtos finais da ciência e não o processo científico, como se não fossem frutos de disputas e colaborações de vários cientistas em suas épocas. Na prática, os materiais que ignoram a natureza da ciência (NOS) têm pouco significado formativo para os estudantes (ABD-EL-KHALICK *et al.*, 2008).

Neste sentido, como bem argumenta Miller (1983), o ensino das ciências deveria contemplar não somente os conteúdos, mas também as atividades, a variedade de métodos, e os processos da construção do conhecimento científico, mas a maioria dos professores ainda continua a reduzir suas aulas a uma mera exposição de conteúdos (SÁENZ; FUCHS, 2002). Isso significa, no dizer de Duschl (1990), que é a “forma final” das ciências que chega às escolas, isto é, os seus produtos acabados (fatos, teorias, princípios), em uma lista que cresce a cada aula. Em outras palavras, podemos dizer que a maior parte dos nossos estudantes vive uma imposição de ter que aprender ciências sem que qualquer palavra seja dita a respeito do ambiente intelectual da época em que as ideias foram desenvolvidas, um ambiente que costuma ser recheado de debates e controvérsias que envolvem cientistas e a sociedade de um modo geral (SILVERMAN, 1992).

Os alunos e os professores de ciências comumente tendem a ver a ciência do passado ou como uma descoberta triunfante ou como um erro inadmissível. Essa visão é devido à história ser filtrada sob a óptica do conhecimento atual, ou seja, não são levados em consideração o contexto histórico dessa descoberta. Essa postura obscurece o processo da ciência e é perigoso para o ensino de ciências pela mesma razão. As histórias explicativas têm a preocupação de abandonar a ideia de retrospectividade, respeitando o contexto histórico e suas incertezas. A ideia de que uma aprendizagem com sentido é desejável a uma aprendizagem puramente memorística, porque coloca o estudante em posição de construir uma percepção mais crítica do mundo, é o ponto central da teoria da aprendizagem significativa (TAS) e encontra forte apoio na comunidade de pesquisas em educação científica (*e.g.*, MOREIRA, 1999, 2000; MOREIRA, 2006; VALADARES; MOREIRA, 2009). Além disso, a partir de meados da década de 1960 e início da década de 1970, os estudos na área de epistemologia da ciência forneceram uma contribuição importante para a comunidade em educação científica de que a formação necessária em ciências é a que favoreça a capacidade do uso de conhecimento relevante, ou seja, do conhecimento científico para a tomada de decisão. Com efeito, que os estudantes se engajem de modo ativo, como indivíduos e membros da sociedade, em questões sociais, inclusive mobilizando valores éticos, é o objetivo central da perspectiva Ciência,

Tecnologia e Sociedade (CTS) de educação científica (ver, por exemplo, WAKS, 1992; SANTOS; MORTIMER, 2001; CONRADO; EL-HANI, 2010).

Além disso, segundo Conrado e colaboradores (2013), o ensino na perspectiva CTS possibilita a inclusão de valores éticos e morais durante o processo de ensino e aprendizagem. É desejável, desse modo, um ensino no qual possibilite aos estudantes o desenvolvimento do senso crítico sendo atuantes na tomada de decisão socialmente responsável (TDSR) Durante décadas, as narrativas históricas ou histórias explicativas ocupam um lugar relevante na literatura em educação científica (MATTHEWS, 2009), tanto como metodologia de pesquisa quanto estratégia de ensino. Com efeito, as pesquisas sustentam os benefícios educacionais que as narrativas promovem e, por isto mesmo, são fortemente recomendadas para o uso nas salas de aulas. Entendemos, de acordo com Millar e Osborne (1998) no documento “Beyond 2000”, que as narrativas são “uma das mais poderosas e influentes formas de comunicar ideias” e podem ser utilizadas para aguçar a imaginação e a curiosidade dos estudantes e favorecer a aprendizagem. Por exemplo, Conant (1947) incorporou as explicações científicas no contexto dos estudos de casos históricos que narravam o meio social e as vidas pessoais dos cientistas. Na abordagem de Conant, as narrativas serviram ao propósito de envolver as explicações científicas em enredos históricos para, como nos diz Nash (1950, p. 3), “auxiliar os estudantes na recuperação da experiência daqueles que uma vez participaram de eventos excitantes na história científica”. Além disso, de acordo com Norris *et al.* (2005), Millar e Osborne (1998) e Doll Jr. (1997), as narrativas têm um papel muito mais amplo do que apenas variar a rotina do trabalho em sala de aula, possui uma função primordial no que diz respeito à educação científica, na medida em que inspira os estudantes à uma compreensão mais rica da produção de conhecimento científico.

2- Fotossíntese como um processo fundamental para a vida na Terra

No ensino de biologia, há conceitos que são fundamentais tanto para a compreensão da própria biologia quanto para o desenvolvimento de uma compreensão acerca do mundo, ou seja, requer uma compreensão além do conhecimento de sala. Esses conceitos são entendidos por Gagliardi (1986) como conceitos estruturantes, pois têm a capacidade de transformar a estrutura cognitiva do aluno, permitindo que novos conhecimentos se ancorem aos conhecimentos prévios. A identificação dos conceitos estruturantes de uma disciplina não é uma tarefa trivial, mas certamente bastante relevante para a seleção de conteúdos e dos objetivos de ensino (GAGLIARDI, 1986, CARVALHO *et al.*, 2011).

Alcançar uma compreensão adequada do conceito de fotossíntese é um dos objetivos da formação em biologia, porque é um fenômeno dos ciclos biogeoquímicos e importante para a compreensão do conceito de homeostase como um processo fundamental para a vida na Terra, na medida em que esse processo está relacionado à realização de serviços ambientais, como o de **suporte** (através da produção de oxigênio para a atmosfera) e o **regulatório** (através do sequestro de carbono). Contudo, apesar da importância que o conceito possui na biologia, é um dos mais problemáticos na ecologia conceitual de professores e estudantes (LUMPE; STAVER, 1995). No ensino fundamental, por exemplo, Souza e Almeida (2002) notam que os estudantes tendem a sustentar explicações superficiais, como a de que a fotossíntese faz alimento, e mesmo explicações equivocadas, como a de que o oxigênio produzido no processo tem origem no gás carbônico e não na fotólise da água.

Ao recuperar o que diziam os cientistas durante as tentativas de entender e definir um conceito para o processo de fotossíntese, é possível que algumas das concepções dos estudantes já tenham sido pensadas em épocas anteriores. De fato, a introdução da história da ciência nas aulas de ciências tem se mostrado um dispositivo heurístico poderoso com ganhos educacionais para os estudantes (WANDERSEE, 1985; STINNER; WILLIAMS, 1993).

Matthews (2009) argumenta que incluir no programa escolar uma abordagem da vida de Joseph Priestley (1733-1804) no século XVIII, da relação de suas convicções pessoais com o estudo dos fenômenos naturais, é uma via promissora para construir uma imagem mais coerente acerca da natureza da ciência e do mecanismo de fotossíntese. Neste trabalho, seguindo Matthews (2009), temos como objetivo propor uma história explicativa dos episódios marcantes da vida de Priestley, para a introdução do tema nos níveis fundamental e médio de ensino. Entendemos que as histórias explicativas suportam o aprendizado sobre a natureza da ciência no tratamento do tema, acreditando que essa abordagem pode contribuir para uma compreensão mais adequada do processo fotossintético, bem como uma compreensão mais humanizada de como o processo científico se desenvolve. Desse modo, portanto, também temos a pretensão de evitar concepções equivocadas sobre a NOS, por exemplo a de que a ciência é detentora da verdade e de que o conhecimento é imutável.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada, cujo procedimento é a pesquisa-ação, definida como uma investigação social de base empírica concebida e realizada pelos participantes envolvidos de modo cooperativo ou participativo na resolução de um problema (THIOLLENT, 1988; PATTON, 2002, p. 217). Para a construção da narrativa, foram levantados os referenciais teóricos da literatura científica (MARTINS, 2009; MATTHEWS, 2009) que abordavam de forma mais fidedigna possível a história do Joseph Priestley. Para a redação da narrativa, foram feitos estudos pelo pesquisador, e posteriormente uma seleção dos eventos marcantes da história de Joseph Priestley que tanto contribuem para recordar a atmosfera intelectual da vida no século XVIII quanto para explicar o conceito de fotossíntese. As alterações no texto foram realizadas segundo o critério de criar e preservar os elementos narrativos de estrutura, agência, finalidade, e o chamado “apetite narrativo”, isto é, as potencialidades latentes da história (suspense, reversões de papéis, antecipação) (NORRIS *et al.*, 2005).

Resultados e Discussões

No primeiro parágrafo da narrativa, destacamos o texto para mostrar que o ensino de ciências deve contemplar, além dos conceitos propostos por cada programa estabelecido nas diferentes séries do ensino médio, a natureza da ciência, ou seja, como funciona a ciência. Esse grifo evidencia que para entender conceitos, como, por exemplo, o de combustão, é necessário pensar cientificamente. Como coloca Lemke (1997), é preciso que o aluno aprenda a observar, descrever, comparar, analisar, discutir, teorizar, questionar, julgar, avaliar, decidir, concluir e generalizar. Desse modo, ao ler a narrativa, o aluno poderá perceber que fazer ciência é antes de tudo observar e entender aquilo que lhe chamou a atenção. Os destaques dos demais parágrafos evidenciam que na ciência ninguém dá um passo sozinho. Demonstrem o caráter progressivo que a ciência possui, em que todos os conceitos, fórmulas, teorias hoje ensinadas são frutos de várias contribuições de diversos cientistas.

Bloco 1

Em um dia que falta energia na rua onde você mora, para ter iluminação em sua casa você acende uma vela, não é mesmo? **Mas, você já parou para pensar se uma vela consegue manter sua chama acesa dentro de um recipiente fechado? Por que será que ela se apaga? Alguém já se fez essa pergunta outra vez? Para nós, responder essa pergunta**

hoje é muito fácil, mas no século XVIII as pessoas não sabiam explicar muito bem esse fenômeno. Então, foi nessa época que pessoas curiosas começaram a se questionar e pensar como isso acontecia...

O que sabemos hoje é fruto de muitas construções, experimentos e descobertas de várias pessoas que eram curiosas e que dedicavam boa parte do seu tempo para descobrir o porquê das coisas. Inicialmente a ciência praticada no século XVII era desenvolvida de modo mais simplista, diferente de como a ciência é hoje desenvolvida, devido à ausência dos vários avanços científicos e tecnológicos existentes ao longo dos anos. Não se sabia muito no século XVII sobre os gases que hoje conhecemos, mas, durante a segunda metade do século XVIII, ocorreu um grande desenvolvimento do conhecimento sobre os gases, suas diferenças e propriedades químicas e sua importância para diversos processos biológicos que os seres vivos desenvolvem.

Um dos personagens mais importantes dessa história foi Joseph Priestley (1733-1804), que não era químico nem biólogo, ele era um pastor protestante, com amplos interesses culturais, educacionais e científicos. No entanto não foi Priestley sozinho que descobriu tudo sobre os gases da atmosfera. Antes dele, outros pesquisadores iniciaram os estudos dos diversos gases e também tentaram esclarecer sobre a natureza da combustão e da respiração.

Quadro 1: Início da narrativa.

Bloco 2

[...] Isso é uma longa história... Desde os primórdios, no tempo de Aristóteles (384 a.C-322 a.C) começou-se a estudar esses gases. Para Aristóteles, a respiração dos animais era um processo de refrigeração. Ele acreditava que o animal precisava manter uma temperatura ideal para manter suas condições vitais. O que hoje não é errado, mas ele chegou a essa conclusão sem explicações, ou seja, baseando-se em suposições. A ciência é baseada em fatos comprovados, não apenas em suposições. Ele também acreditava que a respiração serviria para que o animal liberasse no ar certos “vapores fuligiosos” do seu corpo. Até então ninguém tinha usado o termo gás para os diversos tipos de gases presentes na atmosfera. **A partir disso, Johannes Baptista van Helmont (1577-1644) propôs o nome “gás” para os diferentes tipos de “espíritos selvagens”. Percebeu, então, que esses gases tinham propriedades diferentes e então os nomeou. Através de observações, percebeu que a partir da queima de carvão se obtinha um tipo de gás que Van Helmont nomeou de “gás carbonum”, o que hoje chamamos de monóxido de carbônico (CO). Também foi assim na fermentação do vinho, quando ele percebeu que nesse processo havia a liberação de outro gás, nomeado por van Helmont de “gás silvestre”, hoje o dióxido de carbono (CO₂). Na matéria orgânica em decomposição, ele percebeu o desprendimento de outro gás, o “gás inflamável”, que hoje sabemos que é o metano (CH₄); provavelmente, van Helmont o chamou assim pelo fato do metano ser uma gás altamente inflamável. Mas isso ele não sabia na época.**

Quadro 2: Pesquisa de Van Helmont

Nesse segundo bloco, o trecho acima grifado demonstra que, através da utilização da narrativa nas aulas de ciência, podemos mostrar que a ciência é progressiva, portanto, não pode ser considerada como algo pronto e acabado, pois, no caso em questão, os gases que hoje conhecemos por monóxido de carbônico, dióxido de carbono e demais gases foram nomeados na época de outra forma da que conhecemos atualmente.

Bloco 3

[...] O “ar fixo” estudado por Joseph Black (1728-1799) foi posteriormente estudado

por Priestley. Ele começou a observar que na cervejaria próximo à sua casa esse gás era desprendido no processo de fermentação. Para estudar as propriedades e características desse ar, ele primeiro verificou se era fatal para animais e inapropriado para a combustão. Então colocou um animal vivo e uma vela acesa e notou que em questão de instantes tanto o animal morria, quanto a vela se apagava. Notou que havia nesse “ar fixo” alguma propriedade que não permitia a respiração de animais ou a combustão da vela por muito tempo em locais ricos desse gás. Priestley observou, ainda, que ao colocar um recipiente aberto com água, essa água adquiria um gosto levemente ácido. Passou bastante tempo dedicando-se a produzir essa água mineral artificial. Posteriormente essa água foi a base de todos os refrigerantes existentes até hoje. [...] Em seus experimentos, Priestley resolveu verificar os efeitos das plantas. Em um dos seus escritos ele afirmou:

“[...] confesso que tinha essa expectativa quando coloquei pela primeira vez um ramo de menta dentro de uma jarra de vidro, invertida sobre um recipiente de água; mas depois que ela cresceu lá durante meses, descobrir que o ar nem extinguiu a vela, nem produzia qualquer inconveniente em um camundongo que coloquei lá” (PRIESTLEY, 1772a, p. 166-167 *apud* MARTINS, 2009).

Quadro 3: Experimentos de Joseph Priestley

Nesse último bloco, podemos evidenciar o poder que a narrativa possui de esclarecer que, no processo científico, os cientistas são pessoas normais como qualquer outra, com qualquer outra profissão. Além de mostrar que na ciência as ideias costumam ser organizadas em hipótese e os cientistas, ao longo do tempo, buscam testar a veracidade dessas hipóteses. Através disso, os alunos podem notar que o conhecimento científico é produzido através de tentativas e erros, e não nasce pronto, como uma verdade imutável.

Conclusões

Esperamos que a história explicativa com abordagem da história da ciência sobre os “ares” e relatos da vida de Joseph Priestley e dos demais naturalistas da época possibilite uma compreensão mais adequada sobre a natureza da ciência. Uma narrativa que contemple as ocorrências particulares dos cientistas no tempo e lugar em que viveram ajuda o professor a desenvolver o conteúdo escolar e pode inspirar os estudantes a incrementar suas capacidades cognitivas, incluindo a memorização, mas também a capacidade de diferenciar, articular e mesmo avaliar os conceitos. As histórias são entendidas também como importante recurso para introduzir implicitamente NOS no ensino médio de biologia, o que adiciona à formação do estudante uma visão mais informada da atividade científica e de seus métodos.

Referências

ABD-EL-KHALICK, F.; WATERS, M.; LE, A-P. Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, p. 835-855, 2008.

CARVALHO, I. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio? **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 1, p. 67-100, 2011.

CONANT, J. B. **On understanding science**. New York: New American Library, 1947.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. In: II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2., 2010, Paraná. **Anais...** Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2010. p. 1-16.

COSTA, V. R. Ensino sem memória. **Ciência Hoje Online**, São Paulo, out. 2014. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/alo-professor/intervalo/2014/10/ensino-sem-memoria>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

DOLL Jr., W. E. **Currículo**: uma perspectiva pós moderna. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

DUSCHL, R. A. **Restructuring science education**: the importance of theories and their development. New York: Teachers College Press, 1990.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, p. 109-123, 2003.

GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigacion. **Enseñanza de las ciencias**, v. 4, p. 30-35, 1986.

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia**. Barcelona: Paidós, 1997.

LUMPE, A. T.; STAVAR, J. R. Peer collaboration and concept development: learning about photosynthesis. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, p. 71-98, 1995.

MATTHEWS, M. R. Science and Worldviews in the Classroom: Joseph Priestly and photosynthesis. **Science & Education**, v. 18, p. 929-960, 2009.

MARTINS, R. A. Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 167-208, 2009.

MARTINS, I.; MORTIMER, E.; OSBORNE, J.; TSATSARELIS, C.; ALEIXANDRE, M. P. J. Rhetoric and Science Education. In: BEHRENDT, H.; DAHNCKE, H.; REINDERS, D.; GRÄBER, W.; KOMOREK, M.; GROSS, A.; REISKA, P. (Ed.). **Research in Science Education – Past, Present, and Future**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 189-198.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000**: science for the future. London: King’s College, 1998.

MILLER, J. D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, v. 112, p. 29-48, 1983.

NASH, L. K. The atomic-molecular theory. In: CONANT, J. B. (Ed.). **Harvard case histories in experimental science (Case 4)**. Cambridge: Harvard University Press, 1950.

NORRIS, S.; GUILBERT, S. M.; SMITH, M. L.; HAKIMELAH, S.; PHILLIPS, L. M. The theoretical framework for narrative explanation in science. **Science Education**, v. 89, p. 535-563, 2005.

PATTON, M. Q. Qualitative Interviewing. In: _____. **Qualitative Research & Evaluation Methods**. 3th ed. Califórnia: Sage publications, 2002. p. 339-427.

SÁENZ, L. M.; FUCHS, L. S. Examining the reading difficulty of secondary students with learning disabilities: expository versus narrative text. **Remedial and Special Education**, v. 23, p. 31-41, 2002.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, p. 95-111, 2001.

SILVERMAN, M. P. Raising Questions: Philosophical Significance of Controversy in Science. **Science & Education**, v. 1, p. 163-179, 1992.

SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Fotossíntese no Ensino Fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. **Ciência e Educação**, v. 8, p. 97-111, 2002.

STINNER, A.; WILLIAMS, H. Conceptual Change, History, and Science Stories. **Interchange**, v. 24, p. 87-103, 1993.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1988.

WAKS, L. J. The responsibility spiral: a curriculum framework for STS education. **Theory into Practice**, v. 31, p. 9-13, 1992.

WANDERSEE, J. H. Can the History of Science help Science Educators anticipate student's misconceptions? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 23, p. 581-597, 1985.

YAGER, R. E. The major crisis in science education. **School Science and Mathematics**, v. 84, p. 189-198, 1984.