



O USO DE ABORDAGENS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA: UMA PROPOSTA PARA TRABALHAR A PARTICIPAÇÃO DA CIENTISTA ROSALIND FRANKLIN NA CONSTRUÇÃO DO MODELO DA DUPLA HÉLICE DO DNA

The use of approaches the history of science in the teaching of Biology: A proposal to work the participation of scientist Rosalind Franklin in building the model of the DNA double helix

Etiane Ortiz [eti_ortiz@hotmail.com]

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática
Universidade Estadual de Londrina*

Rodovia Celso Garcia Cid (PR 445, Km 380), Campus Universitário. Londrina – Paraná, Brasil

Marcos Rodrigues da Silva [mrs.marcos@uel.br]

Departamento de Filosofia

Universidade Estadual de Londrina

Rodovia Celso Garcia Cid (PR 445, Km 380), Campus Universitário. Londrina – Paraná, Brasil

Resumo

Neste artigo, apresentamos os resultados de uma investigação realizada junto a acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas de uma universidade do norte do Paraná. Buscou-se investigar as virtudes e dificuldades encontradas no processo de contextualização do episódio da “descoberta” da dupla hélice do DNA. Para tanto, foi elaborada uma proposta de ensino com o objetivo de trabalhar a contextualização do referido episódio dando ênfase às controvérsias existentes na história a respeito da participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo do DNA, com base em uma abordagem tradicional e outra alternativa em História da Ciência. Os dados foram coletados por meio da aplicação de questionários e os registros foram analisados de acordo com os procedimentos da Análise de Conteúdo. O uso de uma abordagem baseada em História da Ciência se mostrou eficaz na contextualização do episódio histórico apresentado neste estudo, visto que, a partir da análise dos dados, foi possível observar que os estudantes conseguiram compreender o controverso episódio ao final da intervenção didática e souberam, de modo geral, como diferenciar os dois tipos de abordagens em História da Ciência que foram utilizados para tratar o episódio histórico. Contudo, esta pesquisa também evidenciou que o uso desse tipo de abordagem não é tarefa fácil, uma vez que algumas dificuldades foram encontradas ao longo da investigação.

Palavras-Chave: História da Ciência; Contextualização; Descoberta da dupla hélice do DNA; Rosalind Franklin; Ensino de Biologia.

Abstract

In this article we present the results of an investigation conducted with academics from a course of Biological Sciences of North University of Paraná. We sought to investigate the virtues and difficulties encountered in the process of contextualization the episode of "discovery" of the DNA double helix. Therefore, an educational proposal was developed with the goal of working context of that episode emphasizing controversies in the history regarding the participation of scientist Rosalind Franklin in the construction of DNA model, based on a traditional approach and alternative in History of Science. Data were collected through questionnaires and records were analyzed according to the procedures of content analysis. The use of an approach based on the History of Science has proven effective in contextualizing the historical episode presented in this study, since, from the analysis of the data, it was observed that the students were able to understand the controversial episode at the end of didactic intervention and knew in general, how to differentiate the two types of approaches in the history of science that were used to treat the historical episode. However, this research also showed that the use of this approach is no easy task, since some difficulties were encountered during the investigation.

Keywords: History of Science; contextualization; Discovery of the DNA double helix; Rosalind Franklin; Biology Teaching.

INTRODUÇÃO

O reconhecimento de que o ensino tradicional não está satisfazendo as exigências é apontado por todos aqueles que, de forma direta ou indireta, estão envolvidos com o Ensino de Ciências. A respeito disso, podemos encontrar, na literatura especializada, trabalhos que enfatizam e reconhecem as dificuldades que professores de Ciências – e, no que diz respeito ao que interessa a este artigo, professores de Biologia – têm enfrentado na sua atividade docente ao ensinar conceitos científicos (Oki, 2006, p.18).

Para se alcançar a superação de uma aprendizagem mecânica, para que aconteça uma aprendizagem abrangente dos conteúdos, o emprego da História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Ciências vem ganhando seu espaço através de pesquisas, congressos, cursos de pós-graduação, disciplinas em graduações e trabalhos voltados para essa temática, além de ser quase um consenso entre os pesquisadores da área (Barros & Carvalho, 1998; Vilas Boas *et al.*, 2013). A respeito disso, autores como Matthews (1995), Vannucchi (1996) e Martins (2006), também reconhecem a importância da História e da Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências, pois elas fornecem subsídios à aprendizagem de teorias científicas, além de oportunizar discussões relevantes a respeito da natureza do conhecimento científico, contribuindo para uma melhor compreensão de diversos aspectos relativos à Natureza da Ciência, como a relação entre a Ciência e a sociedade, a percepção da Ciência como atividade humana e a falibilidade de leis e teorias. Michael Matthews, por exemplo, alega que a contextualização histórico-filosófica pode contribuir para atingir objetivos da perspectiva curricular em Ciências que contemplem:

“[...] distinguir entre asserções e argumentos pautados em dados e provas científicas e os que não são; considerar a maneira pela qual o desenvolvimento de uma determinada teoria ou pensamento científico se relaciona ao seu contexto moral, espiritual, cultural e histórico; estudar exemplos de controvérsias científicas e de mudanças no pensamento científico (Matthews, 1995, p.167).

A preocupação com a relevância da dimensão histórica e filosófica também está presente nas discussões a respeito da formação de professores de Ciências (Carvalho & Gil-Pérez, 1998; Marandino, 2003; Brito, Neves & Martins, 2004). No que concerne às competências e habilidades inerentes ao biólogo (tanto bacharel quanto licenciado), vemos nas Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas que o futuro profissional deve “entender o processo histórico de produção do conhecimento das Ciências Biológicas referente a conceitos, princípios e teorias”, bem como “estabelecer relações entre Ciência, tecnologia e sociedade” (Brasil, 2001, p.3).

Contudo, apesar de todas essas exortações à inserção de elementos da História e Filosofia da Ciência, alguns autores alertam para os problemas na utilização prática desses elementos. Por exemplo, Martins (2007) afirma que a simples consideração de elementos históricos e filosóficos na formação inicial de professores das áreas científicas, mesmo que feita com qualidade, não assegura a inserção desses conhecimentos nas salas de aula, tampouco uma reflexão mais aprofundada, por parte dos professores, acerca do papel da História e Filosofia da Ciência para o campo da didática das ciências (Martins, 2007, p.115).

As dificuldades surgem quando se pensa na utilização dessa perspectiva para fins didáticos, ou seja, quando esses conceitos são passados dos cursos de formação inicial para o contexto de aplicação no ensino e na aprendizagem das ciências. Com relação a isso, Medeiros (2007) afirma que não faltam recomendações quanto à relevância do uso da História e Filosofia no Ensino de Ciências; todavia, faltam reflexões acerca das razões de ser de tais recomendações e as suas formas de uso. Esse autor ainda alerta que no atual contexto autoritário e dogmático de ensino, uma abordagem problematizadora da História da Ciência quase não existe e, quando ela está presente, como no caso de livros didáticos, o seu enfoque é, na maioria das vezes, distorcido. A respeito disso, Scheid (2006, p.132) aponta em sua pesquisa que há o predomínio de uma concepção absolutista, indutivista-empirista e atórica no contexto escolar, na qual a observação e a experimentação são entendidas como atividades neutras, independentes de compromissos teóricos. De acordo com a autora, “constata-se uma visão da Ciência socialmente neutra e descontextualizada, além de elitista, na qual o conhecimento científico é visto como obra de gênios isolados, esquecendo-se a natureza cooperativa do trabalho científico”. Nas palavras de Carvalho e Gil-Pérez (1998, p.14), essa situação pode ser interpretada “[...] como o resultado da pouca familiaridade dos professores com as contribuições da pesquisa e inovações didáticas e da expressão do ensino, concebido como algo essencialmente simples, para o qual basta um bom conhecimento da matéria, algo de prática e alguns complementos psicopedagógicos”. Para os autores, os professores de Ciências não só carecem de uma formação adequada, como também não têm consciência de suas insuficiências.

Outro obstáculo encontrado no processo de ensino e aprendizagem está relacionado à contextualização dos conteúdos. Apesar de muitos autores, como Machado (2005), elencar diversas vantagens da sua utilização em sala de aula (como possibilitar o envolvimento ativo dos alunos nas aulas, além de ser uma estratégia fundamental para a construção de significados), *“hoje a contextualização [...] encontra [...] ainda muitos obstáculos para sua efetivação”* (Giassi & Moraes, 2007, p.1), pois os docentes encontram objeções ao *“tentar determinar se o que estão fazendo é mesmo contextualização, e se esta estará levando a uma compreensão de mundo ou é apenas mais uma atividade ‘diferente’ para tornar as aulas mais atraentes”* (p.9)¹.

Em virtude disso, o presente estudo teve como objetivo, investigar as virtudes e dificuldades encontradas no processo de contextualização da História da Ciência. Para tanto, elaboramos e aplicamos uma proposta didática voltada para o ensino superior, fazendo uso da contextualização do episódio da “descoberta” da dupla hélice do DNA e as controvérsias referentes à participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo para realizar esta investigação. Preparamos uma sequência de atividades de cunho histórico e filosófico que objetivou discutir a defesa da participação da cientista, de acordo com argumentos tradicionais e alternativos da História da Ciência.

1. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Ao longo das últimas décadas, pesquisas em Ensino de Ciências têm evidenciado a relevância do papel desempenhado pela História da Ciência no ensino e aprendizagem das disciplinas científicas. Eventos e congressos da área destinam espaços específicos para a discussão dessa temática. De acordo com Oki e Moradillo (2008, p.68), como consequência das discussões na literatura a respeito da inclusão de História da Ciência nas aulas, muitos países têm reestruturado seus currículos com o intuito de inserir elementos de História e Filosofia da Ciência no ensino. No Brasil, a necessidade dessa inserção já é recomendada para o Ensino das Ciências desde o início do século XX (Forato, 2009) e definido pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+) como estratégia formativa de alunos reflexivos e críticos cientificamente (Brasil, 2000).

No que se refere ao ensino de Biologia, para os conteúdos curriculares básicos, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs) de Biologia sugerem, e as Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas estabelecem, um eixo de fundamentos filosóficos e sociais, envolvendo “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, 2001).

Conforme Prestes e Caldeira (2009, p.2) *“[...] o interesse pelo ensino contextual das ciências, tanto no Ensino Básico quanto no Ensino Superior, aumentou significativamente a partir da década de 1970”*. Desde então, a inclusão da História da Ciência na educação científica vem sendo recomendada como um recurso significativo para uma formação de qualidade, especialmente visando ao ensino e aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da Ciência.

De acordo com Ternes, Scheid e Güllich (2009, p.4), a *“História da Ciência é uma área de estudos em que existe a combinação de várias áreas de conhecimento, tais como História, Sociologia, Filosofia e Antropologia”*. E essa combinação tem colaborado para a desmistificação da Ciência como *“um processo de grandes descobertas de grandes gênios que pairam acima da capacidade dos pobres mortais”* (Alfonso-Goldfarb, 2004, p.14). Além disso, a combinação dessas áreas contribui na rememoração do processo envolvido na produção do conhecimento científico que é produzido por pessoas incluídas em uma determinada cultura, que não pode ser desconsiderada ao se estudar os saberes sugeridos (Ternes, Scheid & Güllich, 2009).

Prestes e Caldeira (2009) comentam que textos que i) apresentem uma linguagem adequada aos estudantes, ii) com informações históricas corretas e bem fundamentadas, iii) com uma discussão histórica mais aprofundada do assunto, iv) que relatem o modo como os cientistas trabalham a construção dos modelos e teorias propostas pelos cientistas, assim como v) seus diferentes conceitos e métodos e limitações, possibilitam ao estudante compreender como se processa o conhecimento científico e o papel da Ciência ao longo dos séculos, tornando a aprendizagem mais interessante e atrativa.

¹ Silva e Oliveira (2013) comentam que uma das grandes falhas do ensino de Biologia pode ser a não contextualização dos conteúdos, e isto pode ser o responsável pelo alto nível de rejeição do estudo desta Ciência por parte dos estudantes, dificultando o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Ciências/Biologia (p.71-72).

Matthews (1995, p.197) ressalta que, para a introdução de elementos de HFC no ensino da educação básica ocorrer de maneira adequada, é fundamental que este conhecimento seja abordado em cursos de formação de professores e também em cursos para professores em pleno exercício de atividade, pois somente a inserção de conteúdos de HFC em cursos de formação de docentes não é o suficiente para que a inclusão desse tipo de conhecimento no ensino seja realizada de forma apropriada. Dessa forma, a História e Filosofia da Ciência pode ser compreendida como uma necessidade formativa do professor, na medida em que podem contribuir para evitar essas visões distorcidas sobre o fazer científico, por permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da Ciência e por proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula (Martins, 2007, p.115).

Contudo, para além das virtudes da inserção de HFC no Ensino de Ciências, alguns estudiosos do tema mencionam também alguns problemas para tal inserção. Martins (2006, p.17), por exemplo, ressalta que a História da Ciência não pode simplesmente substituir o ensino comum de Ciências; o que ela pode é complementá-la de várias formas. Além disso, Carneiro e Gastal (2005, p. 35-38) alertam que, ao se incorporar a História da Ciência no Ensino de Ciências, deve-se evitar algumas visões distorcidas da Ciência, decorrentes do uso de histórias anedóticas, da utilização de dados que levam a uma compreensão linear dos fatos, da aparente consensualidade de pensamentos dos cientistas e da ausência de uma contextualização mais ampla. Essa preocupação respalda-se no que diz Gil-Pérez quando ele argumenta que a forma como são ensinados conteúdos de Ciências no Ensino de Ciências pode acabar levando os estudantes a apresentar concepções e ideias equivocadas com relação ao trabalho científico (Gil-Pérez *apud* Teodoro, 2000, p.55).

Segundo Silva, a própria complexidade da História das Ciências precisa ser dominada para que a história narrada em sala de aula não se torne uma história de senso comum, sem nenhum significado cognitivo para a aprendizagem (Silva, 2013, p. 494). Por fim, Höttecke e Silva (2010, p. 294) argumentam que um dos principais obstáculos para a inclusão de HFC no ensino é a falta de significado que essa área do conhecimento tem para muitos professores e proponentes do currículo.

Diante do que foi exposto, observa-se que, apesar de existirem muitos argumentos favoráveis à inserção de HFC no Ensino de Ciências, ainda há algumas dificuldades para a sua aplicação no contexto escolar. Pensando em alternativas para o enfrentamento do cenário em pauta, os documentos que orientam a educação mencionam o uso da contextualização na preparação e no uso prático das aulas. De acordo com as Diretrizes Curriculares (1999), contextualizar o conteúdo nas aulas significa, antes de tudo, assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. O conhecimento trabalhado nas escolas, de modo geral, é realizado pelas vias já conhecidas, ou seja, os livros, o quadro e giz, alguns experimentos e/ou demonstrações em laboratórios – quando existentes –, algumas saídas a campo, entre outras, que, segundo as Diretrizes (Brasil, 1999, p. 91) estão “*quase sempre reproduzindo as situações originais nas quais acontece sua produção*”.

Machado (2005) enfatiza que a contextualização é uma estratégia fundamental para a construção de significados, pois:

“À medida que incorpora relações tacitamente percebidas, a contextualização enriquece os canais de comunicação entre a bagagem cultural, quase sempre essencialmente tácita, e as formas explícitas ou explicitáveis de manifestação do conhecimento” (Machado, 2005, p.53).

O próprio contexto, como sugere Machado (2005), pode oferecer possibilidades para o envolvimento ativo dos alunos durante o decorrer das aulas, pois seu uso oferece a possibilidade de uma visão mais sistêmica e interdisciplinar de um dado tópico, possibilita o aparecimento de outros conhecimentos trazidos pelos alunos, como o conhecimento técnico, intuitivo e vivencial, e tende a enriquecer a construção de significados pelos alunos. Desse modo, a ideia de contextualizar os conteúdos possibilita que professores e alunos se encontrem em terrenos motivadores, ao se eleger um contexto para o estudo dos conteúdos disciplinares que possam ser ali desvelados (Oliveira, 2009, p. 37).

Nesse sentido, Machado (2005, p. 15) fala a respeito de um tipo de contexto: “*Aquele relacionado ao próprio ato da descoberta ou da produção do conhecimento que pode ser produzido ou simulado*”. Na presente pesquisa, investigamos essa forma de contextualizar os conteúdos, uma vez que foi por meio dela que efetivamente tornou-se possível apreciar os méritos e, sobretudo, as dificuldades da inserção da História da Ciência no Ensino de Biologia como uma forma de contextualização. Por essa razão, na presente pesquisa investigamos as virtudes e as dificuldades da contextualização histórica de um episódio da História da Ciência.

Dentre os vários episódios históricos da Ciência existentes, optamos por fazer uso do controverso episódio referente à construção do modelo da dupla hélice do DNA, visto que tal episódio, apesar de estar repleto de complexidades, tem sido mapeado por historiadores e já se possui um quadro bastante definido dos problemas científicos em que a dupla hélice se inseriu historicamente.

2. APONTAMENTOS A RESPEITO DA HISTÓRIA DA DUPLA HÉLICE DO DNA E A PARTICIPAÇÃO DE ROSALIND FRANKLIN

Considerando que uma reconstrução do episódio da construção do modelo da dupla hélice do DNA já foi conduzida por diversos autores (Crick, 1988; Hausmann, 2002; Maddox 2002; Olby, 1974; Sayre, 1975; Silva, 2010 e Watson, 1997), pretende-se, nesta seção, num primeiro momento, apresentar um pequeno extrato dessa história. Em seguida, discute-se um dos focos desse episódio: a participação de Rosalind Franklin na construção do modelo.

Seja pela busca de uma resposta à questão da função genética do DNA, seja pelo fato de que muitas moléculas estavam sendo mapeadas do ponto de vista molecular, e seja, por fim, pela possibilidade de o DNA ser compreendido a partir de técnicas de cristalografia de raio-X, a verdade é que o DNA, entre as décadas de 1930 e 1950, situava-se no centro de muitas pesquisas científicas.

Uma destas pesquisas era realizada no Laboratório Cavendish, da Universidade de Cambridge, em Cambridge, na Inglaterra. Ali trabalhavam, desde 1951, James Watson e Francis Crick. Ambos buscavam compreender a função genética do DNA; ou seja: saber como os genes se replicavam. Para isso, buscaram diversos conhecimentos dispersos na literatura, tais como: i) as intuições de Erwin Schrödinger – expressas em 1944 em seu influente livro *O que é Vida?*; ali Schrödinger estabeleceu que os fenômenos ligados à hereditariedade deveriam ser compreendidos à luz da física e da química; ii) as Regras de Chargaff: elas determinam que as bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina e guanina) que estão no DNA mostram uma regularidade: adenina e timina possuem proporções parecidas, e o mesmo vale para a citosina e a guanina: AT=1, CG=1; iii) o método de construção de modelos de moléculas, celebrado por Linus Pauling principalmente por seu sucesso no mapeamento molecular da queratina; iv) os trabalhos de Oswald Avery e seus colaboradores com a transformação bacteriana, dado que descobriram que o princípio da transformação bacteriana era o DNA.

Outra pesquisa era feita nessa mesma época pelo já citado Linus Pauling, no Caltech, na Califórnia. Pauling, em função de seu sucesso com a queratina, estava ávido por determinar um modelo molecular para outras moléculas, tais como o DNA. Por fim, no King's College, em Londres, Maurice Wilkins e outros físicos trabalhavam com técnicas de cristalografia de raio-X (difração de raio-X) para desvendar a estrutura do DNA. Em 1951, Rosalind Franklin começou a trabalhar no King's College.

Em novembro de 1951, Franklin apresentou um seminário onde mostrou vários resultados de sua investigação. Na plateia estava James Watson. Após o seminário ele voltou para Cambridge e, juntamente com Crick, propôs um modelo de uma tripla hélice para o DNA, modelo este que foi apresentado uma semana após o seminário de Franklin. No entanto, o modelo foi considerado equivocado pela equipe do King's e, por isso, Watson e Crick foram proibidos pelo Diretor do Cavendish, Sir Lawrence Bragg, de trabalhar com o DNA.

Em maio de 1952, Franklin produziu uma evidência experimental que indicava um padrão helicoidal para o DNA. Entretanto, mesmo diante da evidência, Franklin não inferiu a natureza helicoidal da molécula, pois sua amostra experimental era do DNA B (uma forma bastante hidratada de DNA), e ela havia colocado o objetivo de apresentar uma estrutura somente quando tivesse em mãos dados precisos não apenas do DNA B, mas também do DNA A (que era uma forma menos hidratada de DNA). Esta evidência ficou conhecida como Foto 51.

Em fevereiro de 1953, Pauling publicou um artigo (em conjunto com Robert Corey) com a proposta de uma estrutura para o DNA, artigo este com erros químicos evidentes. Após ler esse artigo, Watson, desobedecendo às ordens de Lawrence Bragg, viaja até Londres para conversar com Wilkins e informar-lhe que, considerando o erro de Pauling, eles ainda teriam tempo de propor uma estrutura. Neste encontro, Wilkins mostra a Watson uma cópia da Foto 51. Após ver a foto, Watson volta a Cambridge e propõe a Crick retomar as investigações a respeito do DNA, proposta esta que acabou sendo autorizada por Bragg. Por fim, após quase dois meses de trabalho, publicam o artigo apresentando uma estrutura para o DNA.

Em 1967, Watson publicou seu livro contando a sua história na construção do modelo da dupla hélice. Nele, colocou a seguinte pergunta: por que Rosalind Franklin, diante da Foto 51, não inferiu uma

estrutura para o DNA? Ele próprio deu algumas respostas: a) ela não conseguiu interpretar sua própria evidência (Watson, 1997, p. 98-99); b) não percebeu que o DNA era obviamente helicoidal (*ibid.*, p. 79); c) não percebeu a necessidade de usar o método de construção de modelos (*ibid.*, p. 62); d) por fim, usou o método experimental, inadequado, de acordo com Watson, para resolver o problema da estrutura do DNA (*ibid.*, p.61).

A partir da história proposta por Watson, seguiram-se duas tradições historiográficas. Uma delas, que chamaremos aqui de “tradicional”, optou por responder a Watson, mostrando a importância de Franklin para a pesquisa a respeito do DNA a partir da ideia geral de que Franklin poderia ter proposto uma estrutura para o DNA. A segunda tradição, que denominamos aqui de “alternativa”, também sustenta a importância de Franklin; porém, entende que os objetivos científicos de Watson e Crick eram diferentes dos de Franklin, e por isso não faria sentido afirmar que ela poderia ter proposto uma estrutura. A seguir, são apresentadas sinteticamente ambas as tradições historiográficas.

De acordo com a abordagem tradicional, Rosalind Franklin deveria ser considerada uma cientista que quase construiu uma estrutura para o DNA em função basicamente de três razões: “i) os dados fundamentais para a construção do modelo foram obtidos por Franklin, por conta de sua ênfase no método empírico de investigação (Sayre, 1975, p.134-135; Maddox 2002, p.162-163); ii) Franklin não era anti-hélice (Sayre, 1975, p.145; Maddox 2002, p.212); iii) Watson e Crick obtiveram acesso indevido aos dados de Franklin (Sayre, 1975, p.167; Maddox 2002, p. 212)” (Silva 2010, p. 82)².

Já para a abordagem alternativa, seria preciso distinguir os objetivos de Watson/Crick e Franklin. Para Hausmann (2002, p. 77), Franklin não estava interessada em desvendar o segredo dos genes. Segundo Olby (1974, p. 396), Franklin tinha razões profissionais para se concentrar no DNA A e deixar de lado o helicoidal DNA B, cujas evidências não mostravam um padrão helicoidal. Já para Crick (1988, p. 69), Franklin jamais relacionou DNA e genética, centrando-se com isso na questão da estrutura do DNA (esta posição de Crick é assumida também por Morange (1998, p.115-116).

Qual a diferença fundamental entre as duas abordagens? Note que nenhuma das duas nega a importância de Franklin na construção do modelo da dupla hélice. A diferença reside no fato de que a abordagem tradicional entende que Franklin poderia ter proposto uma estrutura para o DNA, ao passo que a abordagem alternativa distingue as questões da estrutura do DNA e da função genética do DNA e, desse modo, explica por que Franklin não se aventurou na tentativa de apresentar uma estrutura para o DNA.

A distinção entre as duas questões é decisiva para que se compreenda exatamente o papel de Franklin na construção da dupla hélice. No que diz respeito à estrutura do DNA, tal estrutura seria avaliada em detalhes pela comunidade dos cristalógrafos e, portanto, Franklin, como bem apontou Olby (1974, p. 396), teria de apresentar uma estrutura precisa a partir dos dados da difração de raio-X. Por outro lado, Watson e Crick, por se preocuparem prioritariamente com a função genética do DNA, poderiam tratar a estrutura como hipotética, algo que eles de fato fizeram (Silva, 2010, p. 77). O que ocorre é que a comunidade dos geneticistas não tinha muito interesse na estrutura em si, mas sim nas potencialidades genéticas do DNA (Judson, 1979).

O que se pode extrair desta breve discussão é que tudo indica que Watson/Crick e Franklin possuem objetivos de investigação bastante distintos, de modo que a inserção de Rosalind Franklin em uma proposta didática no ensino da história da dupla hélice precisaria levar em conta esta distinção dos objetivos perseguidos pelos cientistas. Assim, apenas reivindicar a inserção de Franklin na história como forma de contextualização não é a melhor forma de ressaltar as contribuições dessa cientista na história da “descoberta” do modelo da dupla hélice do DNA (e apenas para a confecção do modelo). Isso poderia gerar uma visão distorcida da Ciência.

Assim, a condução de uma contextualização significativa, em relação ao episódio da “descoberta” da dupla hélice seria de fato propiciada expondo-se claramente os objetivos específicos de trabalho dos cientistas envolvidos na questão do DNA, as metodologias adotadas por cada um, a linha de pesquisa e até as intenções futuras a partir da “descoberta”. Ante o exposto, vemos que a contextualização de um episódio histórico como aqui apresentado não é tão simples quanto possa parecer e buscar simplificar os fatos decorridos ao longo da história a fim de facilitar a compreensão do episódio pode incorrer em uma transmissão de uma história que, na verdade, nunca teria acontecido.

² A respeito desse ponto, ver também Silva (2007, p.298-299).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PROPOSTA DIDÁTICA

A proposta didática desenvolvida junto a acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas de uma universidade localizada do Norte do Paraná ocorreu no primeiro semestre de 2014. A investigação foi realizada em várias disciplinas do curso, onde a pesquisadora exerceu a função de professora. Participaram dessa investigação estudantes do 3º, 4º e 5º ano do curso, com idade entre 19 e 26 anos.

A pesquisa contou com 30 participantes, contudo, nem todos compareceram a todas as etapas desenvolvidas. As etapas da investigação aconteceram durante 3 semanas, sendo uma etapa aplicada a cada semana (com exceção das etapas 2 e 3 que aconteceram na mesma semana em todas as turmas). A seguir, apresentamos no Quadro 1 um resumo das etapas da proposta realizada, bem como os momentos em que ocorreu a coleta dos dados.

Quadro 1 – Etapas da proposta didática desenvolvida e momentos da coleta de dados.

Etapa	Descrição
1ª	– Questionário prévio (Q1) <ul style="list-style-type: none"> • O que é para você História da Ciência? • Qual o seu interesse por História da Ciência? – Aula expositiva sobre a Importância da História e Filosofia da Ciência para o ensino; – Questionário (Q2) <ul style="list-style-type: none"> • Diante do que foi exposto, o que você compreende por História da Ciência? • Você considera importante a presença de elementos da História da Ciência no ensino? Por quê?
2ª	– Apresentação do Episódio da História da descoberta da dupla hélice do DNA, segundo uma abordagem tradicional; – Documentário: O segredo da vida.
3ª	– Discussão do documentário e de textos – ênfase em Rosalind Franklin (abordagem tradicional); – Questionário (Q3) <ul style="list-style-type: none"> • Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin? • Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?
4ª	– Artigo: As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice: Palestra com o Professor Marcos Rodrigues da Silva (autor do artigo) e Etiane Ortiz – Abordagem Alternativa; – Questionário (Q4) <ul style="list-style-type: none"> • Explique a defesa de Rosalind Franklin segundo a abordagem alternativa, e explique também a diferença entre a defesa nessa abordagem e a abordagem tradicional. • Após todas as discussões e leituras, se você fosse defender Rosalind Franklin, como você a defenderia?

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, assumiu-se como metodologia de coleta e de interpretação de dados a Análise de Conteúdo (Bardin, 2004), que de acordo com a autora consiste em:

“[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (várias inferidas) destas mensagens (p. 37).”

Segundo Bardin (2004, p. 89), as diferentes fases da Análise de Conteúdo organizam-se em torno de três polos cronológicos: a pré-análise; a exploração do material e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

Esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa de cunho interpretativo (Flick, 2009), e os dados foram coletados por meio de questionários abertos. Para a identificação dos registros coletados, foi adotada a seguinte codificação: E1, E2, E3 até E30 – sendo que a letra E representa Estudante –, e o número que acompanha indica cada um dos estudantes que participou da investigação – neste caso temos 30 estudantes. Após serem transcritos, os registros dos 84 questionários respondidos pelos acadêmicos compuseram o *corpus* desta investigação.

Optamos por analisar detalhadamente, por meio dos procedimentos da metodologia da Análise de Conteúdo (Bardin, 2004), as respostas dos questionários aplicados apenas nas etapas três e quatro da proposta desenvolvida, visto que são estas as etapas que tratam do episódio da História da Ciência de que buscamos a compreensão dos acadêmicos. Os registros dos questionários aplicados na primeira etapa (questionário prévio e etapa 1) se constituíram mais em uma rotina de trabalho, cujo resultado da análise (de acordo com a nossa percepção) não influencia nos resultados obtidos com a análise das etapas três e quatro desta pesquisa.

Elegemos para analisar detalhadamente, os 9 estudantes que participaram de todas as etapas desta investigação e os 6 estudantes que participaram apenas das etapas três e quatro, pois, como já mencionado, são estas as etapas de maior interesse por parte deste estudo. Sendo assim, os sujeitos da análise foram: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E14, E15, E16, E20, E21, E22, E23, E24, E25, totalizando 15 estudantes e 30 questionários analisados.

4. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NA TERCEIRA E QUARTA ETAPA DA PROPOSTA DIDÁTICA

Para analisar os registros do terceiro questionário, nos sentimos impelidos a fazer uso das categorias denominadas emergentes, que são aquelas que não estavam preestabelecidas e, como diz a denominação, são construídas a partir do *corpus* tendo-se em pauta os referenciais teóricos que sustentam o movimento investigativo do pesquisador e também suas experiências de pesquisa. A análise dos dados acomodada dessa forma nos possibilitou tecer explicações a respeito da visão analítica desses estudantes frente ao tema em estudo.

4.1 Análise da primeira pergunta investigativa – Questão 01 / Q3

A primeira análise tem como pergunta norteadora: *Qual o seu posicionamento a respeito dos argumentos apresentados em defesa de Rosalind Franklin?*

Essa questão teve como finalidade verificar se o estudante já possuía algum conhecimento prévio a respeito do episódio abordado, oportunizando-o a se manifestar em relação ao que ele conhecia sobre o assunto.

A leitura e reflexão dos registros dessa questão nos permitiram observar uma grande recorrência em relação às respostas apresentadas. A partir daí, foi possível organizar os registros dessa pergunta nas seguintes categorias e subcategorias:

Categoria 3.1.A³: Aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa de Rosalind Franklin. Essa categoria se refere aos registros dos estudantes que relataram concordar com os argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin, de acordo com a visão historiográfica de James Watson proposta no documentário (O Segredo da Vida).

Dos 15 estudantes que responderam a essa questão, 14 deles afirmaram que concordavam com os argumentos apresentados e que a cientista Rosalind Franklin foi mesmo injustiçada e que ela deveria ter um reconhecimento maior na História da Ciência em virtude das suas “descobertas”.

As representações dos acadêmicos para essa questão puderam ser acomodadas em subcategorias:

Subcategoria 3.1.1.A – Aceitação dos argumentos tradicionais com remissão à necessidade de um maior reconhecimento pelo trabalho desenvolvido por Rosalind Franklin e/ou pela relevância das suas “descobertas”: Para essa primeira subcategoria foram acomodados os relatos dos 10 estudantes que, ao responder à questão, relataram a necessidade de um reconhecimento maior na História da Ciência pelo trabalho realizado por Rosalind Franklin. Os argumentos também se fundamentaram na importância dos dados da cientista para a “descoberta” da dupla hélice do DNA, pois sem eles, *“Watson e Crick não teriam construído o modelo helicoidal do DNA”* (E21). A seguir, apresentamos alguns dos registros que nos permitiram chegar a tais compreensões:

*“E3 – Os argumentos fazem sentido, uma vez que os resultados obtidos por Rosalind Franklin na difração de raio X serviram de base para as conclusões dos outros pesquisadores, e, provavelmente, **sem essas imagens, eles não conseguiriam descobrir tão cedo a estrutura do DNA. Portanto, Rosalind deve ter mais reconhecimento na Ciência em função de suas descobertas**”⁴.*

*“E5 – Creio que Franklin foi sim injustiçada, e que **seu nome deveria ser mais prestigiado**, uma vez que **sem suas fotografias a descoberta teria demorado mais** (grifos nossos).”*

Subcategoria 3.1.2.A – Aceitação dos argumentos tradicionais, porém essa aceitação não é apresentada de forma clara pelo depoente: esta subcategoria é composta pelos registros dos 3 estudantes que não expressaram de forma clara seus argumentos para responder à questão, porém foi possível notar nos depoimentos a aceitação dos argumentos tradicionais. Na sequência, expomos alguns registros: *“Realmente acho que não deram tanto prestígio a ela pelo fato de ela ser mulher (e isso também deveria incomodar seus colegas de trabalho)”* – (E1); e *“A respeito do que foi mostrado, Rosalind foi injustiçada sendo deixada de lado no momento da publicação de Watson e Crick, pois sem seus estudos eles provavelmente não chegariam às conclusões que obtiveram”* – (E2).

Subcategoria 3.1.3.A – Existe aceitação dos argumentos tradicionais, porém o depoente não oferece uma justificativa aceitável. Esta subcategoria foi composta pelo registro do estudante E15, que não apresenta uma resposta coerente nem com a pergunta e nem com a sua própria resposta.

“E15 – São bons argumentos, já que da perspectiva de olhar os dados a partir de uma pré-conceitualização, de uma teoria (no caso dela, a cristalografia), ela não estava preocupada em enxergar uma forma para o DNA, apenas no trabalho dela.”

Diante desse depoimento, notamos que, ao mesmo tempo em que o estudante declara que os argumentos apresentados são “bons” (considerando que neste momento apenas havia sido apresentado o episódio de acordo com uma abordagem tradicional baseada na História da Ciência), ele também afirma que Franklin *“não estava preocupada em enxergar uma forma para o DNA, apenas no trabalho dela”* (E15), evidenciando o que ele já conhecia acerca do episódio.

Ao final da análise da questão, observamos que os registros nos revelam como os estudantes se deixam influenciar pelas histórias que lhes são contadas. A preocupação quanto a essa constatação respalda-se no que diz Gil-Pérez (*apud* Teodoro 2000, p.55) a respeito da forma como são ensinados

³ Quanto à identificação dos dados dos questionários – categoria e subcategoria – adotou-se a seguinte codificação: 3.1.A – 3, terceiro questionário (Q3); 1, 1ª questão do Q3 e adotamos o A, pelo fato de ser a 1ª categoria emergente destes dados coletados. Já em relação às subcategorias, adotou-se a seguinte codificação: 3.1.1.A – 3, terceiro questionário (Q3); 1, 1ª questão do Q3; 1, 1ª subcategoria originada de um reagrupamento da primeira categoria emergente.

⁴ Os destaques nos relatos foram realizados nos momentos em que foi possível observar menção dos estudantes à necessidade de um maior reconhecimento pelo trabalho desenvolvido por Rosalind Franklin e/ou pela relevância das suas “descobertas”.

conteúdos de Ciências no Ensino de Ciências/Biologia, podendo levar os estudantes a apresentarem concepções e ideias equivocadas em relação ao trabalho científico.

Também nos chamou a atenção o fato de que em nenhum momento os acadêmicos questionaram a veracidade dos fatos apresentados ou comentaram algo que sabiam de diferente a respeito do episódio. Pelo contrário, muitos manifestaram uma profunda indignação tanto por desconhecerem a história desse episódio mais a fundo, quanto pela atitude de Watson e Crick em não mencionar Rosalind Franklin no artigo publicado em 1953 na revista *Nature*.

Categoria 3.1.B – Não aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin – Esta categoria se refere ao registro do único estudante que relatou não concordar com os argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin, de acordo com a visão historiográfica de James Watson proposta no documentário (O Segredo da Vida). O registro que ilustra essa categoria é:

“Não concordo, primeiramente porque ela começou a estudar a estrutura do DNA por acaso, porque sua área de pesquisa era difração de raio X. Ela não tinha interesse de descobrir a estrutura do DNA, ela não era também competidora com Watson a respeito do DNA (E16)”.

Diante de tal depoimento, pudemos perceber que esse acadêmico já possuía conhecimento a respeito do episódio e das discussões que o circundam.

4.2 Análise da segunda pergunta investigativa – Questão 02 / Q3

A questão que orientou a segunda análise foi: *Considerando que Rosalind Franklin levantou um dado fundamental para a descoberta da dupla hélice do DNA, por que você acha que ela mesma não a descobriu?*

A escolha dessa questão foi estratégica, pois na etapa seguinte, com a apresentação da abordagem alternativa do episódio da dupla hélice do DNA e das discussões a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo de DNA, ficaria claro que essa pergunta não teria sentido, visto que a cientista não tinha como objetivo de pesquisa decifrar a estrutura helicoidal do DNA para fins de sua função genética. Ou seja, a pergunta só teria sentido caso contextualizada no ambiente da distinção estrutura/função.

Ao analisar os registros referentes a essa questão, foi possível organizá-los nas seguintes categorias:

Categoria 3.2.A – Razões (tradicionais) para explicar a não descoberta da dupla hélice do DNA por Rosalind Franklin – Foram acomodados nessa categoria os registros dos estudantes que alegaram várias razões para que Rosalind Franklin não tivesse “descoberto” a estrutura do DNA; esses registros apresentaram como razões: falta de tempo, de sorte, de comunicação com outros cientistas e até relataram a incapacidade por parte da cientista de enxergar seus próprios dados. A seguir, apresentamos alguns registros dos 13 estudantes que expuseram tais opiniões: *“Acho que ela **não teve a sorte**⁵ de descobrir tão rapidamente, e acabou se prejudicando pela esperteza de seus ‘colegas’ de trabalho”* – (E1); *“Talvez por **falta de tempo**, ou por **estresse**. Já que ela trabalhava em um ambiente pesado e, portanto, não podia se dedicar, assim, de corpo e alma aos seus estudos”* – (E2); *“Ela não descobriu, pois **não soube como analisar os dados obtidos**”* – (E4);

*“E3 – Talvez porque **ela não soube interpretar corretamente a imagem**, ou até focou demais seus pensamentos na “forma A” e “forma B”. Na mais remota das hipóteses ela também poderia ter uma ideia de interpretação correta dessas imagens, mas não quis expor publicamente com receio de que alguém pudesse achar tudo uma loucura, já que não dava para visualizar num plano 3D, por exemplo (grifo nosso).”*

Podemos observar com os depoimentos acomodados nessa categoria, que os estudantes investigados se deixaram influenciar pela forma tradicional, simplista e tendenciosa que o episódio foi apresentado.

⁵ Destacamos as razões declaradas pelos estudantes para explicar o porquê de Rosalind Franklin não ter “descoberto” a dupla hélice do DNA como forma de evidenciar a presença de característica de uma abordagem tradicional em História da Ciência nos relatos.

Ressaltamos que não é incomum encontrarmos descrições históricas que realçam o papel de um único personagem (aquele que foi o “vitorioso”, desprezando, em geral, aqueles que tiveram as ideias “erradas”) ou descrições que reforçam uma visão linear e lógica da Ciência, com cada acontecimento científico (ou “descoberta”) encadeado em outro. Porém, essa versão da História da Ciência deve ser evitada em virtude das concepções inadequadas que esses tipos de descrições podem gerar em termos de ensino.

Destacamos também, o fato de que em nenhum momento os acadêmicos questionaram as verdadeiras intenções de Rosalind Franklin; pelo contrário, se mantiveram passivos o tempo todo e acabaram formulando respostas à questão de acordo com a versão que lhes foi apresentada, evidenciando que eles não procuraram refletir a respeito do episódio e dos debates existentes em torno da história. Tal constatação é preocupante, visto que os estudantes demonstraram não apresentar, nesta proposta didática, uma capacidade crítica a respeito do que lhes é apresentado.

Categoria 3.2.B – Remissão à linha e objetivo de pesquisa de Rosalind Franklin – Nessa categoria acomodamos os relatos dos estudantes E16 e E2, que argumentaram que a não “descoberta” da estrutura helicoidal do DNA por Rosalind Franklin ocorreu em virtude da sua formação e objetivo de pesquisa, revelando uma compreensão mais aprofundada a respeito do episódio por parte desses estudantes. Os registros que nos permitiram chegar a tais apreensões foram: “[...] *E ela não tinha interesse em estudar a estrutura do DNA inicialmente, ela estudou por um acaso, porque ela era cristalógrafa*” – (E16) e:

“Pelo que eu pude entender, em relação aos dados encontrados por Rosalind, o foco dela não era descobrir a estrutura do DNA e sim, se aprofundar nos seus estudos, nos tipos de DNA que ela descobriu. Talvez esse seja o motivo da não descoberta da estrutura do DNA por ela, devido a outros interesses em relação ao DNA que estavam sendo focados (E25)”.

4.3 Análise da primeira pergunta investigativa – Questão 01 / Q4

Antes de iniciar a análise e, de modo a organizar os registros desta etapa, evidenciamos a escolha de categorias denominadas *a priori*, que são definidas por Moraes e Galiazzi (2007, p.73) como aquelas que precedem as unidades de análise e possuem natureza objetiva e dedutiva visto que, diante dos questionamentos propostos, os tipos de abordagem em História da Ciência apresentados neste estudo nos deram base para investigar e comparar as respostas dadas pelos estudantes investigados.

As categorias admitidas *a priori* estão diretamente relacionadas com os tipos de abordagem em História da Ciência apresentados na seção 2 deste artigo. O critério de pertinência para o agrupamento dos dados em uma categoria foi a relação de semelhança entre os registros e os significados da respectiva categoria que foram *a priori* definidos.

A primeira análise dessa etapa tem como pergunta norteadora: *Explique a defesa de Rosalind Franklin segundo a abordagem alternativa e, explique também a diferença entre a defesa nessa abordagem e a abordagem tradicional.*

Essa questão diz respeito a um ponto importante da investigação, onde as respostas obtidas permitiram (de acordo com a percepção dos autores) observar a compreensão do episódio apresentado por meio dos dois tipos de abordagem em História da Ciência por parte dos estudantes. O objetivo da escolha dessa questão foi verificar se os estudantes haviam compreendido as diferenças entre os dois tipos de abordagem utilizados para a explicação do episódio. A leitura e reflexão a respeito dos registros nos permitiram acomodá-los nas seguintes categorias predeterminadas.

Categoria 4.1.A – Diferenças entre as abordagens tradicional e alternativa em História da Ciência em relação ao episódio da “descoberta” da dupla hélice do DNA – Esta categoria caracteriza-se pela descrição produzida pelos estudantes com base nas formas de abordagem apresentadas a respeito da participação de Rosalind Franklin na “descoberta” da estrutura do DNA. Desse movimento, observamos que dentro desta categoria definida *a priori*, em virtude da riqueza de informações, emergiram da análise dos dados, agrupamentos específicos que foram então organizados em três subcategorias com o intuito de conseguir analisar os registros com mais especificidade.

Subcategoria 4.1.1.A: Apresentação clara entre as duas formas de abordagem do episódio – Nessa subcategoria acomodamos os depoimentos dos 8 estudantes que descreveram especificamente a diferença entre ambas as abordagens apresentadas. Alguns dos relatos que continham tais descrições foram:

“E4 – A abordagem tradicional explica que Rosalind não descobriu a estrutura da dupla hélice, pois ela não soube analisar seus dados, teve pouco tempo, pois ela não construiu modelos da sua descoberta; e ainda, ela é vista como “coitada” por ser mulher e judia. Na outra abordagem torna-se claro que Rosalind não descobriu a dupla hélice, pois o intuito de pesquisa dela não era esse; ela se atentava a dados distintos daqueles que Watson e Crick buscavam”.

“E14 – Na abordagem alternativa, o motivo dela não ter descoberto a estrutura do DNA foi porque esse não era o intuito dela, o foco do trabalho dela, e não por outros motivos, como traz a abordagem tradicional, que mostra que ela estava trabalhando para esta finalidade, e não enxergando os seus próprios dados por não fazer o trabalho da mesma maneira que Watson e Crick, que foram coletando as informações pertinentes que resultaram no DNA.”

Observamos que esses estudantes apresentaram, de forma nítida, a diferença entre as duas formas de abordagem em História da Ciência acerca do episódio histórico apresentado de acordo com a compreensão que eles tiveram. Percebemos, com tais depoimentos, que os acadêmicos compreenderam e conseguiram diferenciar a forma de abordagem tradicional da forma de abordagem alternativa.

Subcategoria 4.1.2.A – Síntese das abordagens tradicional e alternativa: Foram acomodados nessa subcategoria os registros dos 4 estudantes que não apresentaram claramente uma distinção entre as duas abordagens, porém apresentaram uma síntese geral das duas. A seguir, apresentamos dois dos registros que compuseram esse grupo: *“Ela apenas não estudava a mesma coisa que seus supostos ‘concorrentes’”* – (E2); e:

“E5 – Rosalind não tinha como objetivo as mesmas coisas que Watson e Crick, seu foco era apenas obter as fotografias e não os mecanismos biológicos. A diferença entre as abordagens é exatamente o foco ou objetivo de cada pesquisador”.

Subcategoria 4.1.3.A – Descrição apenas da abordagem alternativa: Acomodamos nessa terceira subcategoria os relatos dos 3 estudantes, que na resposta para a questão descreveram apenas a abordagem alternativa. A seguir, exemplificamos um desses registros:

“E3 – A abordagem alternativa está relacionada ao fato de que não é possível julgar ou questionar Rosalind por ela não ter descoberto o significado da foto 51 simplesmente porque ela não estava trabalhando com o DNA, seu trabalho era sobre cristalografia e o aperfeiçoamento da técnica. Portanto, ela não tinha nenhum interesse em interpretar a foto 51 como Watson interpretou”.

A análise de tais relatos nos permite inferir que, de modo geral, os estudantes participantes da investigação puderam se apropriar dos conceitos trabalhados e compreender os argumentos apresentados de acordo com as duas formas de abordagem (tradicional e alternativa) em História da Ciência. Apesar de nem todos os acadêmicos apresentarem a diferença existente entre ambas especificamente, ficou claro que eles compreenderam quais eram de fato os objetivos de pesquisa de Rosalind Franklin e por que ela deveria ser merecidamente lembrada na História da Ciência, alcançando o nosso objetivo para a questão.

4.4 Análise da segunda pergunta investigativa – Questão 02 / Q4

A questão que orientou a segunda análise foi: *Após todas as discussões e leituras, se você fosse defender Rosalind Franklin, como você a defenderia?*

O objetivo dessa questão reside no fato de que, segundo nossa percepção, a resposta dada a ela nos permitiria verificar a adesão do estudante à abordagem tradicional ou à abordagem alternativa ou, até mesmo, a adesão a ambas.

A seguir, seguem-se as análises referentes aos registros obtidos em relação a essa questão.

Categoria 4.2.A – Opção pela abordagem alternativa – Na presente categoria foram incluídas as respostas dos 11 estudantes que fizeram opção pelos argumentos apresentados pelo tipo de abordagem alternativa em História da Ciência para descrever uma forma de defender a participação de Rosalind Franklin na “descoberta” da dupla hélice do DNA. Na sequência, exemplificamos alguns dos relatos que mostram o que nos levou a chegar a tais apreensões: *“Ela não descobriu o modelo de dupla hélice, pois*

esse não era o objetivo do estudo dela, e sim continuar aprimorando suas técnicas de raio X” – (E1); “Os objetivos de Rosalind eram outros, portanto, ela não ‘perdeu’ a corrida para descobrir a forma do DNA, pois não fazia parte do trabalho dela” – (E6);

“E24 – Sendo seu foco diferente dos outros dois, não era uma corrida. Ela tem sim sua importância na descoberta da estrutura do DNA, principalmente por ser a partir de suas fotografias, mas não foi uma coitada e nem passada pra trás, mesmo porque ela, mesmo depois da apresentação do modelo, continua sua pesquisa e conclui o que tinha como objetivo.”

Notamos, com tais relatos, que esses estudantes puderam refletir e compreender ao final da intervenção didática qual era o real objetivo de pesquisa de Rosalind Franklin e os motivos pelos quais essa cientista deve, merecidamente, ser lembrada na História da Ciência, evidenciando o que outros estudos apontam, que o uso da História da Ciência (realizado de forma mais abrangente) pode propiciar discussões construtivas acerca do conhecimento científico possibilitando o surgimento de um pensamento crítico e de uma aprendizagem científica mais adequada.

Categoria 4.2.B – Opção pelas duas formas de abordagem (tradicional e alternativa) – Essa categoria é constituída pelos registros dos 3 estudantes que, ao descrever uma defesa para Rosalind Franklin, usaram de argumentos (ainda que sucintos) advindos de ambas as abordagens. Um dos depoimentos que sustentam essa categoria é:

*“E25 – Que na verdade ela é a **estrela** dessa história e só não chegou às conclusões que Watson e Crick chegaram, pois esse não era o foco de sua pesquisa (grifo nosso)”.*

Percebemos que os registros dos acadêmicos organizados nessa categoria evidenciam que eles parecem enxergar os acontecimentos históricos referentes ao episódio de forma pontual, ainda que de maneira sutil. Pela observação do registro do estudante E25, é possível notar a presença de alguns aspectos da versão simplificada e até “romanceada” da história apresentada, a qual mostra Rosalind Franklin como sendo injustiçada, (sendo que na verdade deveria ser a “estrela” do episódio – de acordo com o estudante) e Watson e Crick aparecem então, como sendo os grandes “vilões”.

Esse tipo de abordagem consiste em uma versão simplificada do episódio histórico trabalhado (tal qual encontramos na maioria das vezes nos manuais escolares e como foi exibido pelo documentário e pelas discussões direcionadas na terceira etapa).

A Ciência que é apresentada dessa maneira aos estudantes se reduz aos resultados finais (teorias, conceitos, modelos, experiências), sem fazer referência aos problemas dos quais aqueles resultados são a solução. Além disso, as histórias, segundo essa abordagem, reduzem-se a biografias de determinados cientistas ou a conteúdos científicos dispostos linearmente, dando ênfase ao caráter heurístico dos objetos da ciência.

Também observamos que adjetivos como “estrela” e “brilhante cientista” ainda permaneceram nos registros desses acadêmicos. Tais adjetivos são típicos de uma visão descontextualizada e socialmente neutra da Ciência, caracterizada pelo esquecimento das complexas relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade e que proporciona uma imagem dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”, encerrados em torres de marfim alheios às necessárias tomadas de decisão (Gil-Pérez *apud* Teodoro, 2000, p.55). Naturalmente, o problema não está em admirar pessoas brilhantes, mas sim em fomentar a visão de que a construção da Ciência ocorre desvinculada de seu contexto real de produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa procuramos investigar se o uso da contextualização de episódios históricos, de acordo com uma abordagem em História da Ciência, auxiliaria na educação científica. Nesta busca, optamos por investigar acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas para encontrar respostas a esse questionamento.

A proposta elaborada e desenvolvida no contexto didático contou com quatro etapas, sendo que em todas elas os estudantes responderam a perguntas referentes ao tema em questão e ao assunto abordado em cada etapa.

Participaram desta investigação 30 acadêmicos, dos quais 15 deles que estiveram presentes nas etapas três e quatro da proposta didática desenvolvida tiveram seus registros transcritos e analisados detalhadamente por meio da metodologia da Análise de Conteúdo de acordo com Bardin (2004). Ressaltamos que essas etapas foram selecionadas para a análise minuciosa por se tratarem especificamente da apresentação do episódio da construção do modelo de dupla hélice do DNA e os resultados dessas etapas convergiam para a obtenção das respostas para os objetivos por nós traçados. Dessa forma, os registros foram codificados e organizados em categorias e subcategorias.

Na sequência, com o intuito de agilizar a compreensão do que interpretamos na terceira e quarta etapa da pesquisa, apresentamos no Quadro 3 um resumo do processo de análise desenvolvido.

Neste Quadro, descrevemos na primeira coluna o número da questão e a identificação do questionário à qual ela pertence. Na segunda coluna, citamos e descrevemos as categorias e subcategorias que resultaram do processo de análise dos dados; e, a terceira coluna é composta pelo código dos estudantes representativos de cada uma dessas categorias e/ou subcategorias criadas.

Quadro 3 – Resumo das análises da terceira e quarta etapa.

	Categorias e subcategorias	Estudantes
1ª questão/ Questionário 3	Categoria: 3.1.A – Aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin.	
	Subcategoria: 3.1.1.A – Aceitação dos argumentos tradicionais, com remissão à necessidade de um maior reconhecimento pelo trabalho desenvolvido por Rosalind Franklin e/ou pela relevância das suas descobertas.	E3, E4, E5, E6, E20, E21, E22, E23, E24, E25
	Subcategoria: 3.1.2.A – Aceitação dos argumentos tradicionais, porém não é apresentada de forma clara pelo depoente.	E1, E2, E14
	Subcategoria: 3.1.3.A – Existe aceitação dos argumentos tradicionais, porém o depoente se contradiz quanto à justificativa.	E15
2ª questão/ Questionário 3	Categoria: 3.1.B – Não aceitação dos argumentos tradicionais apresentados em defesa a Rosalind Franklin	E16
	Categoria: 3.2.A – Razões (tradicionais) para explicar a não descoberta da dupla hélice do DNA por Rosalind Franklin.	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E14, E15, E20, E21, E22, E23, E24
	Categoria: 3.2.B – Remissão à linha e objetivo de pesquisa de Rosalind Franklin.	E16, E25
1ª questão/ Questionário 4	Categoria: 4.1.A – Diferenças entre as abordagens tradicional e alternativa em História da Ciência em relação ao episódio da descoberta da dupla hélice do DNA.	
	Subcategoria: 4.1.1.A – Apresentação clara entre as duas formas de abordagem do episódio.	E1, E4, E6, E14, E20, E21, E23, E25

	Subcategoria: 4.1.2.A – Síntese das abordagens tradicional e alternativa.	E2, E5, E15, E16
	Subcategoria: 4.1.3.A – Descrição apenas da abordagem alternativa.	E3, E22, E24
2ª questão/ Questionário 4	Categoria: 4.2.A – Opção pela abordagem alternativa.	E1, E3, E4, E5, E6, E14, E15, E16, E20, E23, E24
	Categoria: 4.2.B – Opção pelas duas formas de abordagem (tradicional e alternativa).	E2, E22, E25

Os resultados encontrados nesta investigação apontam para inúmeros aspectos positivos quanto à utilização da temática História da Ciência nas aulas de Biologia, visto que, a partir da análise categorial dos dados, foi possível observar que os estudantes, apesar dos percalços encontrados pelo caminho (como se deixar influenciar a princípio pela história simplificada), conseguiram compreender o controverso episódio histórico da construção do modelo da dupla hélice do DNA ao final da intervenção didática e souberam, de modo geral, como diferenciar os dois tipos de abordagem em História da Ciência que foram utilizados para abordar o episódio.

Dessa forma, o uso de uma abordagem em História da Ciência se mostrou eficaz na contextualização do episódio histórico apresentado neste estudo, evidenciando que os estudantes puderam alcançar um nível de reflexão maior acerca das discussões propostas, conseguindo (pelo menos a maioria deles) se desvencilhar das armadilhas históricas que foram apresentadas, além de assinalar evidências de que essa abordagem pode facilitar a educação científica, como apontado por outros estudos. Outra contribuição observada nesta investigação foi o despertar do interesse dos participantes para o estudo de outros episódios históricos da Ciência.

Contudo, no decorrer desta pesquisa, notamos que o uso de uma abordagem em História da Ciência na educação, além de não ser algo simples, demanda conhecimento epistemológico e historiográfico acerca da História da Ciência. Encontramos pelo caminho algumas dificuldades, como a limitação do tempo didático, a falta de pré-requisitos conceituais básicos em relação à Ciência por parte dos acadêmicos e algumas visões distorcidas a respeito do episódio histórico que foi apresentado. No entanto, sabemos que não é possível modificar significativamente certas concepções por ultrapassarem o limite da proposta didática por nós desenvolvida.

A já conhecida falta de hábito de leitura dos estudantes tornou-se evidente nessa pesquisa, mesmo eles sendo acadêmicos em término do curso. Tal constatação ficou evidente ao problematizar aspectos relevantes em relação ao artigo científico que foi trabalhado na última etapa da proposta didática, que talvez por ser um texto extenso, com termos históricos e filosóficos, os pesquisados não aderiram à leitura. Dificuldades em relação à ausência dos acadêmicos nas aulas também foram encontradas nessa investigação, visto que o número de participantes variou muito ao longo da pesquisa e, ao final, poucos (apenas 9 estudantes) estiveram presentes em todas as etapas.

A diversidade de recursos pedagógicos e metodológicos utilizados foi uma estratégia relevante para a apropriação pela maioria dos estudantes das problemáticas propostas para a aula. Todavia, observamos que mesmo utilizando diferentes maneiras de contextualizar um episódio histórico (filme, aula expositiva, *slides*, artigo científico), e mesmo diante de todo o trabalho desenvolvido, alguns estudantes ainda apresentaram certa dificuldade na contextualização histórica do episódio, se deixando “seduzir” pela versão simplificada e “romanceada” do episódio.

Ao final desta investigação observamos que, para que a História da Ciência auxilie na compreensão da Ciência e do fazer científico, o professor deve estar atento ao tipo de história que está apresentando aos seus alunos, de forma que, se for para apresentar uma falsa história ou uma história distorcida, é melhor que não se utilize esse tipo de abordagem.

Esperamos que os resultados obtidos neste estudo possam contribuir com as discussões acerca da inserção da História da Ciência no ensino de Ciências/Biologia, bem como na formação inicial de professores dessa área de ensino.

Agradecimentos

Marcos Rodrigues da Silva agradece à Fundação Araucária do Paraná o financiamento para esta pesquisa, obtido no Edital da “Chamada 21/2012 – Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico / Extensão” com o projeto “Uma explicação realista do sucesso da ciência e suas críticas: atualizando o debate realismo/antirrealismo a partir da abordagem histórica”, e obtido também no Edital da Chamada 24/2012 – Pesquisa Básica e aplicada” com o projeto “O Argumento da Inferência da Melhor Explicação e a Crítica de sua Segunda Premissa a Partir do Problema das Alternativas Não Concebidas”. O autor também agradece ao CNPq o financiamento para esta pesquisa, obtido no Edital da “Chamada MCTI/CNPQ/MEC/CAPEs Nº 22/2014 – CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E SOCIAIS APLICADAS” com o projeto “Inferências eliminativas e o desafio do registro histórico.

REFERÊNCIAS

- Alfonso-Goldfarb, A. M. (2004). *O que é história da ciência*. São Paulo: Brasiliense.
- Bardin, L. (2004). *Análise de conteúdo*. (3ª. ed.). Lisboa: Edições 70, 1977.
- Barros, M. A. & Carvalho, A. M. P. (1998). A história da ciência iluminando o ensino de visão. *Ciência & Educação*, 5, 83-94.
- Brasil. (1999). Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*, in Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação.
- _____. (2000). Secretaria de Educação. *Parâmetros curriculares nacionais*. Ensino Médio, Brasília.
- _____. (2001). MEC/CNE/CES. *Diretrizes curriculares para os cursos de Ciências Biológicas*. Parecer CNE/CES 1.301/2001, Diário Oficial da União de 7/12/2001, Seção 1, p. 25. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>
- Brito, A. J., Neves, L. S. & Martins, A. F. P. (2004). *História da Ciência e da Matemática na formação de professores*. In Nuñez, I. B.; Ramalho, B. L. (Orgs.) Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o Novo Ensino Médio. Porto Alegre: Sulina.
- Carneiro, M. H. S. & Gastal, M. L. (2005). História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. *Ciência & Educação*, 11(1), 33-39.
- Carvalho, A. M. P. & Gil-Pérez, D. (1998). *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. 3. ed. São Paulo: Cortez.
- Crick, F. (1988). *What mad pursuit. A personal view of scientific discovery*. New York: Basic Books.
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed.
- Forato, T. C. M. (2009). *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. (Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, São Paulo). Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-24092009-130728/pt-br.php>
- Giassi, M. G. & Moraes, E. C. (2007). A contextualização no ensino de biologia: abordagens preliminares. In *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, São Paulo, Brasil. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/autores0.html>
- Hausmann, R. (2002). *História da biologia molecular*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética.
- Höttecke, D. & Silva, C. C. (2010). Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, 20, 293-316.

- Judson, H. F. (1979). *The eighth day of creation*. London: Jonathan Cape.
- Machado, N. J. (2005). *Interdisciplinaridade e contextualização*. In Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): Fundamentação Teórica Metodológica. Brasília: O Instituto.
- Maddox, B. (2002). *Rosalind Franklin, the dark lady of DNA*. New York: Harper Collins.
- Marandino, M. (2003). A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(2), 168-193. Recuperado de <http://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6544/6034>
- Martins, A. F. P. (2007). História e filosofia da ciência: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis: UFSC, 24(1), 112-131. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6056/12761>
- Martins, R. A. (2006). A história das ciências e seus usos na educação. In Silva, C. C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Matthews, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 12(3), 164-214. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>
- Medeiros, A. J. G. (2007). A história da ciência e o ensino da física moderna. 273-292. In Nardi, Roberto (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. (2a. ed.) São Paulo: Escrituras.
- Moraes, R. & Galiazzi, M. C. (2007). *Análise textual discursiva*. Ijuí: Ed. Unijuí.
- Morange, M. (1998). *A history of molecular biology*. Trad. Matthew Cobb. Cambridge: Harvard University Press.
- Oki, M. C. M. (2006). *A história da química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA*. (Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Salvador). Recuperado de <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/10854/1/Oki,%20Maria%20da%20Conceicao%20Parte%201.pdf>
- Oki, M. C. M. & Moradillo, E. F. (2008). O ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da Natureza da Ciência. *Ciência & Educação*, Bauru, 14(1), 67-88. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132008000100005
- Olby, R. (1974). *The path to the double helix*. London: MacMillan.
- Oliveira, V. D. R. B. (2009). *As dificuldades da contextualização pela história da ciência no ensino de biologia: o episódio da dupla hélice do DNA*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual de Londrina, Londrina. Recuperado de http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Biologia/dissertacoes/contextualizacao_biologia.pdf
- Prestes, M. E. B. & Caldeira, A. M. A. (2009). Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 1-16. Recuperado de <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-0-Maria-Elice-Prestes-Ana-Maria-Caldeira.pdf>
- Sayre, A. (1975). *Rosalind Franklin and DNA*. New York: W. W. Norton & Company.
- Scheid, N. M. J. (2006). *A contribuição da história da biologia na formação inicial de professores de ciências biológicas*. (Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89104/226215.pdf>

- Silva, M. R. (2010). As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. *Scientiae Studia* (USP), 8, 69-92. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000100004
- _____. (2007). Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. In Martins, L. A. P. et al. (Org.). *Filosofia e história da biologia*. São Paulo: ABFHiB, 297-310.
- _____. (2013) Ensino de ciências: realismo, antirrealismo e a construção do conceito de oxigênio. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos* (Impresso), 20, 481-497.
- Silva, M. R. & Oliveira, V. (2013). As dificuldades da contextualização histórica no ensino de Biologia. In VI ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA. Santo Ângelo: URI. Recuperado de http://santoangelo.uri.br/erebiosul2013/anais/wp-content/uploads/2013/07/comunicacao/13597_219_Marcos_Rodrigues_da_Silva.pdf
- Teodoro, S. R. (2000). *A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Bauru. Recuperado de http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/DIS_MEST/DIS_MEST20000316_TEODORO%20SANDRA%20REGINA.pdf
- Ternes, A. P. L., Scheid, N. M. J. & Güllich, R. I. C. (2009). A história da ciência em livros didáticos de ciências do ensino fundamental. In *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis. SC, Brasil. Recuperado de <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/1677.pdf>
- Vannucchi, A. I. (1996). *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo. Recuperado de www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/811131/tde-15062005-164939/publico/tese.pdf
- Vilas Boas, A., Silva, M. R., Passos, M. M. & Arruda, S. M. (2013). História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 287-322. Doi <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n2p287>
- Watson, J. D. (1997 [1968]). *The double helix*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Watson, J. D. & Crick, F. H. C. (1953). Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*, 171, 964-967. Recuperado de <http://www.nature.com/nature/dna50/watsoncrick2.pdf>

Recebido em: 09.09.2015

Aceito em: 15.06.2016