

CAMILA MARIA SITKO
ALESSANDRO TOMAZ BARBOSA
CAIO MAXIMINO
(Organizadores)

2

EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DA MATEMÁTICA

propostas didáticas para uso em sala de aula



Série Educação em Ciências e
Matemática na Amazônia



RECIMA

Rede de Educação Científica e Matemática

VENDA PROIBIDA

LF

EDITORIAL

2

EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DA MATEMÁTICA

propostas didáticas para uso em sala de aula



Série Educação em Ciências e
Matemática na Amazônia





Série Educação em Ciências e Matemática na Amazônia

Diretores

Prof. Dr. Ronaldo Barros Ripardo – Unifesspa

Prof. Dra. Elisângela Aparecida Pereira de Melo – UFNT

Profa. Dra. Maria Consuelo Alves Lima – UFMA

Conselho Editorial

Alessandra Buffon - IFPR

Camila Reis Dos Santos – SEDU/ES

Carolina Pereira Aranha - UFMA

Ederson Carlos Gomes – SEED/PR

Gerson Ribeiro Bacury - UFAM

Giovana Pereira Sander - UEMG

Hélio Simplicio Rodrigues Monteiro – UFG

Leila do Socorro Rodrigues Feio - Unifap

Liliane Ferreira Neves Inglez de Souza
- UNIP

Márcia da Costa - UFES

Milene Rodrigues Martins - UFS

Romaro Antonio Silva - IFAP

Vicente Henrique de Oliveira Filho
– Unifesspa



RECIMA

Rede de Educação Científica e Matemática

Realização



Financiamento



CAMILA MARIA SITKO
ALESSANDRO TOMAZ BARBOSA
CAIO MAXIMINO
(Organizadores)

2

EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DA MATEMÁTICA

propostas didáticas para uso em sala de aula



**Série Educação em Ciências e
Matemática na Amazônia**



RECIMA
Rede de Educação Científica e Matemática



2024

Copyright © 2023 os autores
1ª Edição

Direção editorial: José Roberto Marinho e Victor Pereira Marinho

Capa: Fabrício Ribeiro

Projeto gráfico e diagramação: Fabrício Ribeiro

Edição revisada segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Episódios da história das ciências e da matemática: propostas didáticas para uso em sala de aula / organização Camila Maria Sitko, Alessandro Tomaz Barbosa, Caio Maximino. – 1. ed. – São Paulo: LF Editorial, 2024. – (Série educação em ciências e matemática na Amazônia - Vol. 2)

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-5563-474-7

1. Ambiente de sala de aula 2. Educação - Amazônia 3. Formação docente - Metodologias ativas
4. Matemática e ciências 5. Orientação didática 6. Prática pedagógica I. Sitko, Camila Maria. II. Barbosa, Alessandro Tomaz. III. Maximino, Caio. IV. Série.

24-217110

CDD-370.7

Índices para catálogo sistemático:
1. Didática: Prática de ensino: Educação 370.7

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.

Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei Nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



Editora Livraria da Física
www.livrariadafisica.com.br
(11) 3815-8688 | Loja do Instituto de Física da USP
(11) 3936-3413 | Editora



NOTA DOS DIRETORES DA SÉRIE

A produção brasileira na área de Educação em Ciências e Matemática continua crescendo nos últimos anos, em virtude, principalmente, da expansão de novos cursos de pós-graduação. Seguindo esse movimento, a produção oriunda de pesquisadores e profissionais da região amazônica, bem como sobre a Amazônia, também se ampliou, reflexo da abertura de novos cursos nessa região. Todavia, refletindo as assimetrias da Educação Superior no Brasil, essa produção ainda é considerada pequena, se comparada a outras regiões do país, e pouco circula nas Instituições de Ensino Superior e em escolas da Educação Básica da região. Esta Série surge em 2023 como uma ação direcionada a diminuir esse hiato.

A Série Educação em Ciências e Matemática na Amazônia busca publicar obras resultantes de pesquisas acadêmicas e de alta relevância para a área, principalmente as que impactem diretamente a educação básica, no contexto da região amazônica, bem como nacional e internacionalmente, oriundas de teses e dissertações e projetos de pesquisa, desenvolvidos individualmente, em grupos de pesquisa ou em rede. O público leitor principal a que se destinam as obras são professores da educação básica, gestores educacionais, formadores de professores, pesquisadores e alunos de graduação, dentre outros.

A publicação desta Série é produto das atividades desenvolvidas pela Rede de Educação Científica e Matemática (Recima) e possui custeio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) no âmbito do Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) na Amazônia Legal.

Elisângela Aparecida de Melo (UFNT)

Maria Consuelo Alves Lima (UFMA)

Ronaldo Barros Ripardo (Unifesspa)



APRESENTAÇÃO

Já é de conhecimento no âmbito educacional os benefícios que o uso da História e Filosofia da Ciência podem trazer para o Ensino de Ciências em seus diversos níveis. No entanto, devido a uma série de motivos, muitos professores não têm a possibilidade e disponibilidade de realizarem pesquisas e compilações históricas acerca das temáticas que trabalham em sala e, posteriormente, criarem suas sequências didáticas.

Nesse sentido, torna-se importante que haja materiais e sequências que possam nortear a prática do professor em sala de aula. Entretanto, ao se recorrer à literatura concernente à área, principalmente a brasileira, nota-se que são ainda incipientes os trabalhos que apresentem de forma prática proposições de atividades na área de Ciências que tragam a abordagem histórica e filosófica.

Dessa maneira, este livro, construído como produto final das disciplinas de Epistemologia da Ciência (UFNT) e História e Filosofia da Ciência (Unifesspa), realizado através da cooperação da Recima (Rede de Educação Científica e Matemática), o qual contou com a participação de alunos da Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, e com alunos da Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Norte do Tocantins, tem como objetivo disponibilizar sequências didáticas com temas científicos, a partir de abordagens históricas e filosóficas, para uso em sala de aula, para diferentes níveis de ensino, as quais também são adaptáveis a cada contexto educacional.

O capítulo 1, *A escola pitagórica, segmentos comensuráveis e incommensuráveis: uma proposta didática de geometria para a sala de aula*, trata da concepção de número na escola pitagórica e traz uma sequência didática acerca de segmentos mensuráveis e incommensuráveis. O capítulo 2, *Uma proposta didática para o ensino em semelhança de triângulos a partir da descoberta do cálculo da circunferência da terra por Eratóstenes*, aborda o conteúdo de semelhança de triângulos e sugere uma sequência de atividades que tratam da esfericidade da Terra. Já o capítulo 3, *Newton, Leibniz e a história: uma proposta para introdução ao ensino de Cálculo no Ensino Superior*, ilustra uma discussão histórico-filosófica acerca da prioridade de invenção do Cálculo, e uma atividade prática fazendo uso da metodologia ativa Júri Simulado.

O capítulo 4, *A elaboração de uma sequência didática para a construção de uma imagem não deformada sobre a criação da Teoria de Grafos*, expõe o problema criado por Euler, juntamente a uma sequência didática que utiliza o problema das pontes de Königsberg como base. Já o capítulo 5, *A história da ciência: as controvérsias das teorias de Pasteur x Pouchet e uma proposta metodológica*, exibe uma proposta didática acerca das diferentes visões (de Pasteur e Pouchet) acerca do surgimento da vida. Em seguida, o capítulo 6, *O “erro” na descoberta da penicilina: uma proposta de sequência didática*, apresenta a história da descoberta da penicilina e uma sequência de atividades experimentais e reflexivas acerca da temática.

O capítulo 7, *A quem pertence a relação período–luminosidade? Utilização de júri simulado como estratégia didática de debate sobre a construção da ciência*, versa sobre participação feminina na história da Astronomia, juntamente com a proposição de um júri simulado para discussão do tema. Na sequência, o capítulo 8, *Uma proposta didática–histórico–filosófica para o estudo da teoria atômica de Bohr*, refere-se a uma discussão histórica da teoria atômica, além de atividades com livros didáticos e problematizações. Já o capítulo 9, *A natureza da luz no Ensino Médio: reflexões e diálogos históricos, sociológicos e epistemológicos da ciência*, traz a concepção corpuscular e ondulatória da luz, juntamente a uma atividade com debate em grupo.

O capítulo 10, *Jogo da memória: a descoberta do DNA – uma proposta didática para o Ensino de Ciências*, explana as controvérsias a respeito da descoberta da dupla hélice do DNA, bem como um jogo da memória para uso em sala. E, por fim, no capítulo 11, *O perigo desconhecido: dialogando com o contexto histórico do acidente com césio-137 em Goiânia–GO, por meio de uma sequência didática*, é tratado de um caso histórico brasileiro, acerca da contaminação radioativa, além de ser trazida uma sequência didática para desenvolvimento dessa temática na escola.

Assim, com essas diversas temáticas e atividades, esperamos que este livro possa contribuir para uma maior incidência de atividades escolares que tragam discussões históricas e filosóficas do empreendimento científico para a sala de aula, como forma de se apresentar/trabalhar a Ciência com os alunos de uma maneira não ingênua, ou seja, coletiva, não ideal, não linear, falível, sem aceitação de gênero ou classe social.

Os organizadores.



SUMÁRIO

Capítulo 1: A escola pitagórica, segmentos comensuráveis e incomensuráveis: uma proposta didática de geometria para a sala de aula	11
Capítulo 2: Uma proposta didática para o ensino em semelhança de triângulos a partir da descoberta do cálculo da circunferência da terra por Eratóstenes.....	29
Capítulo 3: Newton, Leibniz e a história: uma proposta para introdução ao ensino de cálculo no ensino superior	37
Capítulo 4: A elaboração de uma sequência didática para a construção de uma imagem não deformada sobre a criação da teoria de Grafos.....	51
Capítulo 5: A história da ciência: as controvérsias das teorias de Pasteur x Pouchet e uma proposta metodológica.....	63
Capítulo 6: O “erro” na descoberta da penicilina: uma proposta de sequência didática.....	73
Capítulo 7: A quem pertence a relação período-luminosidade? Utilização de júri simulado como estratégia didática de debate sobre a construção da ciência	87
Capítulo 8: Uma proposta didática-histórica-filosófica para o estudo da teoria atômica de Bohr	99
Capítulo 9: A natureza da luz no ensino médio: reflexões e diálogos históricos, sociológicos e epistemológicos da ciência	117
Capítulo 10: Jogo da memória: a descoberta do DNA – uma proposta didática para o ensino de ciências.....	133

Capítulo 11: O perigo desconhecido: dialogando com o contexto histórico do acidente com Césio-137 em Goiânia-GO por meio de uma sequência didática..... 147

Sobre os autores e as autoras..... 159



1 A ESCOLA PITAGÓRICA, SEGMENTOS COMENSURÁVEIS E INCOMENSURÁVEIS: UMA PROPOSTA DIDÁTICA DE GEOMETRIA PARA A SALA DE AULA

*Luis Carlos dos Santos Moura Junior¹
Kelson Feitosa da Silva²
Caio Maximino³*

INTRODUÇÃO

O texto traz uma abordagem histórica e filosófica sobre a concepção de números para os pitagóricos da Escola Pitagórica, a partir da qual serão abordados os conceitos de segmentos mensuráveis e a descoberta dos segmentos incomensuráveis, o que conduz ao conceito de número (*arítmos*) que possuíam. A partir dessa abordagem, oferecemos propostas didáticas a serem utilizadas por meio deste tema com os estudantes do 2º ano do Ensino Médio em sala de aula.

Nessa perspectiva, temos a seguinte questão norteadora: Qual era a concepção de número utilizado pelos pitagóricos da Escola Pitagórica e de que maneira esse tema pode ser utilizado com os estudantes em sala de aula?

Na busca de elucidar a essa pergunta, objetivamos apresentar um recorte histórico e filosófico acerca da concepção que os pitagóricos da Escola Pitagórica possuíam sobre número, assim como suscitar uma sequência didática para ser utilizada com os estudantes em sala de aula por meio deste tema.

-
- 1 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Universidade Federal do Tocantins.
 - 2 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Universidade Federal do Tocantins.
 - 3 Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Para alcançarmos esse objetivo e responder à questão supracitada, realizamos leituras, reflexões e diálogos a respeito da teoria voltada para essa abordagem, perpassando pelos meandros históricos e filosóficos que tal tema suscita, como em Pitágoras, a sua possível formação até a construção da Escola Pitagórica, e qual o significado e estrutura (*archai*) que o número (*aritmos*) possuía para eles.

Dessa maneira, o trabalho está organizado em quatro tópicos, a saber: A história da matemática no ensino da matemática; História e Filosofia da Escola Pitagórica: segmentos comensuráveis e incommensuráveis; Proposta didática para o ensino de segmentos comensuráveis e incommensuráveis; e, por fim, Considerações finais.

A HISTÓRIA DA MATEMÁTICA NO ENSINO DA MATEMÁTICA

Buscamos trazer a discussão de modo a contribuir para um melhor entendimento sobre a História da Matemática no ensino de Matemática e como o assunto poderá contribuir para o ensino da Matemática na educação básica. Para fomentar este diálogo, nos pautamos no tema das concepções que o número possuiu para os pitagóricos.

Assim, procuramos entender como é abordado esse assunto em documentos que norteiam a educação em nosso país, como a Base Nacional Comum Curricular e os Parâmetros Curriculares Nacionais, nos quais “é importante incluir a história da Matemática como recurso que pode despertar interesse e representar um contexto significativo para aprender e ensinar Matemática” (Brasil, 2018, p. 298). Essa perspectiva pode auxiliar na aprendizagem dos estudantes em sala de aula. A História da Matemática pode:

[...] oferecer uma importante contribuição ao processo de ensino e aprendizagem dessa área do conhecimento. Ao revelar a Matemática como uma criação humana, ao mostrar necessidades e preocupações de diferentes culturas, em diferentes momentos históricos, ao estabelecer comparações entre os conceitos e processos matemáticos do passado e do presente, o professor cria condições para que o aluno desenvolva atitudes e valores mais favoráveis diante desse conhecimento (Brasil, 1998, p. 42).

Para tanto, percebe-se que essa tendência é importante para o ensino e aprendizagem dos estudantes em sala de aula; porém, destacamos que devemos possuir um bom embasamento teórico para dar o suporte necessário para ser utilizado em sala de aula, evitando que episódios históricos sejam divulgados sem contextualização ou com interpretações que conduzam ao equívoco.

Nesse sentido, Mendes (2009) realizou um trabalho voltado para a História da Matemática em sala de aula, em busca de contribuir com os professores da educação básica, assim como estudantes de graduação e interessados no assunto, sugerindo algumas propostas de como trabalhar alguns assuntos relacionados a esta tendência em sala de aula, apresentando resultados favoráveis. Segundo Lara (2013), a inserção desta tendência em sala de aula faz com que os estudantes se sintam mais interessados em estudar Matemática, proporcionando um melhor ensino e aprendizagem. Todavia, a autora ressalta que, em certos momentos, a abordagem não é suficiente para suprir as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, necessitando utilizar do próprio conteúdo matemático, ou mesmo, o que é preferencial, realizar uma combinação com outras tendências em Educação Matemática.

Assim, a utilização da História da Matemática pode ser utilizada como caminho inicial para atrair e conduzir os estudantes a uma aprendizagem da Matemática, em que é essencial a “[...] escola estimular a aquisição, a organização, a geração e a difusão do conhecimento vivo, integrado nos valores e expectativas da sociedade” (D’Ambrosio, 2009, p. 80).

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA ESCOLA PITAGÓRICA: SEGMENTOS COMENSURÁVEIS E INCOMENSURÁVEIS

Para iniciarmos este diálogo, é importante abordar a trajetória de Pitágoras e suas contribuições para a Matemática até a construção da Escola Pitagórica. A partir dessa trajetória, é possível explicitar como Pitágoras e os pitagóricos desenvolveram seus próprios conceitos e interpretações da Matemática, Filosofia e Religião, assim como as concepções de *arítmōs* (ἀριθμός, números) e do *archaí* (ἀρχή, princípio explicativo).

Pitágoras de Samos, nascido por volta de 569 a.C. na ilha grega de Samos e falecendo aproximadamente em 475 a.C. em Metaponto, na atual Itália, é usualmente considerado pelos historiadores da Matemática como sendo o

primeiro matemático que se tem evidência na história, pois emprestou um caráter mais profundo a ela, sendo que seu conterrâneo Tales de Mileto (624 a.C. ~ 548 a.C.) muitas vezes é considerado o primeiro filósofo da tradição grega (Boyer; Merzbach, 2012).

Contudo, há imprecisões e discontinuidades acerca da história deste importante matemático, muito por conta da destruição de obras e documentos escritos por ele ou que o citavam precisamente. O conhecimento histórico (e por vezes matemático) que possuímos de Pitágoras parte de narrações tardias, que, por meio de exames minuciosos de obras, como os escritos de Platão, Aristóteles, e até mesmo dos Elementos de Euclides, elucidam a Matemática que foi formulada e utilizada no período (Araújo, 2011).

Há relatos que Pitágoras teve uma boa educação enquanto criança: foi instruído por três professores, sendo provável que um deles tenha sido Tales de Mileto, o influenciando ao estudo da Matemática e da Astronomia, assim como o influenciando a viajar para o Egito por volta de 535 a.C. É plausível que Pitágoras estabeleceu contato direto com os conhecimentos matemáticos dos egípcios, como a corda de doze nós que era utilizada para a agrimensura, assim como sua admissão em um templo, que funciona usualmente como academia/escola, o que o iria influenciar a criar sua própria anos depois. Logo em seguida, Pitágoras teria sido levado à Babilônia, onde aprendeu e aperfeiçoou seus conhecimentos em Aritmética, Música, e outras ciências dos babilônios⁴. Em 520 a.C., Pitágoras retorna à ilha de Samos, porém teve que abandoná-la, assim indo para a cidade de Crotona, fundando a Escola Pitagórica (Marques, 2011)

Assim, esta escola foi fundamentada por meio dos conhecimentos trazidos por Pitágoras, no contato com ensinamentos e conhecimentos de outras civilizações, de Matemática, Filosofia e Religião, que amalgamaram-se entre si. Também foram instituídas regras a serem seguidas por todos da escola, como a proibição que seus membros possuíssem bens próprios e o não consumo de carne de animais. Os membros deveriam compartilhar princípios: a “[...] natureza é matemática até ao seu mais profundo nível; a filosofia pode ser usada

4 Existem evidências de que os babilônios já vislumbravam o teorema de Pitágoras quase um milênio antes da formulação pelo grego. Um tablete de barro (Plimpton 322, que data do período de 1800 a 1600 a.C.) mostra uma tabela de 15 linhas e 3 colunas de números que contém ternos pitagóricos (Mansfield; Wildberger, 2017).

para purificação espiritual; a alma pode partilhar uma união com o divino; alguns símbolos têm significado místico; todos os segredos da ordem devem manter segredo” (Marques, 2011, p. 104). Desse modo, evidencia-se o caráter esotérico da matemática para a Escola Pitagórica.

Acredita-se que “as próprias palavras ‘filosofia’ (ou ‘amor à sabedoria’) e matemática (ou ‘o que é aprendido’) supõe-se terem sido criadas pelo próprio Pitágoras para descrever suas atividades intelectuais” (Boyer; Merzbach, 2012, p. 56), sendo que a teoria da Escola Pitagórica que “tudo é número” seria a definição basilar de sua filosofia. Desta maneira, é para a Escola Pitagórica a

[...] ordem que notamos no universo e que é de mesma natureza que a da geometria, da aritmética, da matemática em geral, não pode ser explicada a menos que o número seja a própria essência das coisas. [...]. Ele (Pitágoras) dizia que o número (razões numéricas e axiomas matemáticos) pode ser usado para explicar a estrutura do cosmos” (Santos; Santos, 2021, p. 24).

Pitágoras e os pitagóricos da Escola Pitagórica afirmavam que os números e o universo, e tudo o que nele há, possuem uma relação intrínseca entre si, sendo que o estudo da Matemática implica invariavelmente a explicar o mundo, pois o cosmos é regido por regras matemáticas, ou seja, o “[...] número como Princípio Universal e Divino, fonte de toda a realidade” (Santos; Santos, 2021, p. 23).

Assim, a Escola Pitagórica buscava encontrar *arkhé* por meio dos estudos matemáticos, filosóficos, e religiosos de *arítmōs*, das expressões matemáticas, que se confunde com a ideia de *archai* e *aitiai* que são “[...] entendidas como ‘princípios explicativos’ da realidade, e, neste sentido, equivalentes às ‘causas’ da mesma” (Cornelli, 2003, p. 73).

O conceito de *arítmōs* (plural: *arítmōi*), para a Escola Pitagórica, é diferente em relação à definição de números que possuímos atualmente, sendo eles naturais, inteiros, racionais, irracionais e complexos, em que, para eles, *arítmōs* estava restrito aos números naturais, do qual os elementos zero e um não eram contemplados como sendo *arítmōs*, dado que este conceito estava estritamente ligado à ideia de multiplicidade de unidades (Fernandes, 2017).

Ainda, “a concepção de *arítmōs* como o resultado de uma medida faz com que a exclusão da unidade do conjunto dos *arítmōs* [sic.] seja bem razoável, visto

que se a unidade é o estalão, ela não pode ser o resultado da medida, por ela própria ser o padrão de medida” (Fernandes, 2017, p. 11-12), e esta concepção se dava por conta de que o manuseio dos números ocorreria por meio de ideias matemáticas provindas da geometria, proporções e harmonia, sendo que o estudo do *aritmos*, como *arkhé*, conduziria ao entendimento da *archai* do universo.

Essa convicção levou com que os membros da Escola Pitagórica concluíssem que, *dado dois segmentos quaisquer, sempre haveria um terceiro segmento que pudesse os medir em uma quantidade inteira de vezes*, a ideia de subtração recíproca, que viria posteriormente ser chamada de algoritmo de Euclides – ou seja, a ideia de comensurabilidade entre os segmentos, pois acreditavam que *aritmoi* se subscreviam a somente os números naturais.

Contudo, é dito que, por meio dos estudos do Teorema de Pitágoras, verificou-se que a medida da hipotenusa de um triângulo retângulo isósceles unitário é igual a $\sqrt{2}$, do qual os pitagóricos, por meio do método de subtração recíproca, tentaram encontrar sucessivas medidas que contivessem alguma relação entre o cateto e a hipotenusa deste triângulo retângulo isósceles (FERNANDES, 2017).

Assim, é creditado a Hipasus de Metaponto a descoberta de que era impossível encontrar a razão entre a diagonal e o cateto de um triângulo retângulo isósceles pelo método de subtração recíproca, ou seja, a ideia de *aritmos* não conseguiria contemplar todo o universo conforme pensavam os pitagóricos. Acredita-se que, ao divulgar essa descoberta para fora da Escola Pitagórica, Hipasus desobedeceu a um dos seus princípios esotéricos, motivo que resultou provavelmente em sua expulsão e morte (Boyer; Merzbach, 2012). Supõe-se que esta descoberta teria afetado a doutrina dos pitagóricos da Escola Pitagórica, assim como parte da concepção de *número* no mundo grego, assim surgindo a nomenclatura “irracional” para designar as medidas incomensuráveis, etimologicamente significando que “não resulta do raciocínio”.

Dessa maneira, esse relato histórico e filosófico da concepção de *número* que a Escola Pitagórica possuía, assim como do misticismo do que era atribuído ao *aritmos* até a descoberta de segmentos incomensuráveis e à ideia da existência de números irracionais, nos sugere que a Matemática também está sujeita a convicções incompletas e que podem ser elucidados outros aspectos e visões acerca dela. Não é benéfico para a Matemática ser atribuída a dogmatismos, em que ela pode explicar tudo minuciosamente, mas sim a aspectos do

criticismo, da criticidade, em que o conhecimento é possível conforme ela é examinada e provocada, e não quando ela é aceita despreocupadamente como uma verdade (Hessen, 1980).

A partir dessas exposições históricas e filosóficas de Pitágoras, da Escola Pitagórica e da *archai*, iremos, a seguir, relatar algumas propostas didáticas a serem utilizadas com os estudantes em sala de aula por meio do tema de segmentos mensuráveis e comensuráveis, que irá valer-se, *a priori*, dos conhecimentos matemáticos do Teorema de Pitágoras, segmentos comensuráveis e segmentos incomensuráveis, tal como de tecnologias digitais de informação e comunicação para poder apresentar as construções destes assuntos aos estudantes, em especial do software gratuito chamado Geogebra.

PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE SEGMENTOS COMENSURÁVEIS E INCOMENSURÁVEIS

Quando falamos em segmentos comensuráveis e incomensuráveis, voltamos-nos em relação a como isto é abordado e ensinado na sala de aula do ensino básico, dos quais, em raras exceções, este conteúdo não é contemplado nos livros didáticos e nas aulas de Matemática (Santos, 2013).

Assim, procuramos explicar a seguir algumas propostas didáticas para serem utilizadas em sala de aula, as quais recomendamos que sejam dirigidas aos estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, considerando que o conteúdo correlato (razões e proporções) envolve uma habilidade preconizada para esse ano. A cada início de atividade, iremos apresentar os seguintes itens para melhor entendimento da proposta didática: **Conteúdo**, o conhecimento matemático a ser ministrado; **Duração**, o tempo – hora/aula da atividade; **Objetivos**, o que é esperado que os estudantes compreendam; **Pré-requisitos**, conteúdos aprendidos anteriormente e necessários para o compreender e executar a atividade; **Materiais**, instrumentos necessários para desenvolvimento do tema e das atividades; **Atividades propostas**, exercícios para que os estudantes desenvolvam utilizando o conteúdo de matemática intencionado; e, **Questões propostas**, que serão perguntas pertinentes a atividades realizadas anteriormente.

Portanto, organizamos três sequências didáticas a serem trabalhadas, inspiradas pelo modelo de Zabala (1998), em que a primeira consiste na apresentação histórica e filosófica acerca do número na Escola Pitagórica em sala

de aula, assim como as relações com segmentos comensuráveis e incomensuráveis, sendo seguida de outras duas propostas que visam ao conteúdo matemático deste tema de segmentos, pois, como foi relatado anteriormente por Lara (2013), a apresentação histórica não é suficiente para que os estudantes compreendam a Matemática em si, e o objetivo das aulas de Matemática não são somente aulas de história da matemática!

Ademais, salientamos que, caso seja necessário, o professor que irá utilizar este material pode adaptá-lo de acordo com as possibilidades e necessidades dos seus estudantes, sendo que estas atividades e questões elaboradas tiveram como base o estudo de Matemática de Dolce e Pompeo (2013) e Lima *et al.* (2005).

Aula 01: História e Filosofia – De Pitágoras à Escola Pitagórica e dos segmentos mensuráveis aos segmentos incomensuráveis

Conteúdo: História e Filosofia da concepção de número por Pitágoras e pela Escola Pitagórica

Duração: 2h/aula – 100 minutos.

Objetivos:

- Entrar em contato, por meio da História e Filosofia da Matemática, com a concepção de número utilizada na Grécia antiga, tanto por Pitágoras e pela Escola Pitagórica, além dos conceitos matemáticos de comensurabilidade e incomensurabilidade; e,
- Compreender que a construção da Matemática ocorre por ideias, concepções e descobertas, mesmo que estejam equivocadas, e que temos que possuir um certo criticismo ao que está posto e indagar acerca dela.

Pré-requisitos:

- Sem pré-requisito – essa sequência didática pode ser utilizada como aula inicial para a apresentação do assunto.

Materiais:

- Computador e *datashow*, se o/a professor/a opta por apresentação de *slides*.

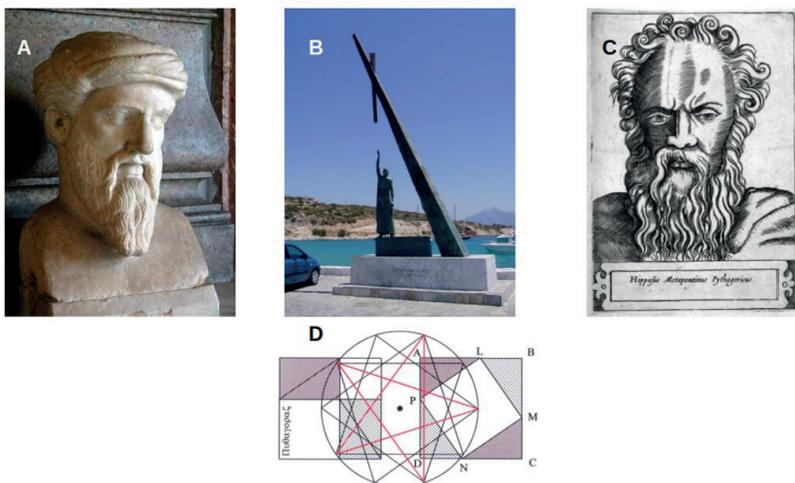
Atividade proposta 01:

Esta primeira atividade terá o cunho de apresentação do tema para os estudantes, logo, recomendamos que o professor esteja a par do tema explicado no tópico **1.3. História e Filosofia da Escola Pitagórica: segmentos comensuráveis e incomensuráveis**.

Assim, recomendamos que o professor realize uma apresentação que ilustre este tema por meio de fotos, pinturas e esculturas para que os estudantes visualizem as evidências desse recorte histórico (uma sugestão pode ser encontrada na Figura 1.1), o qual poderá ser estruturado em tópicos, tais como: 1. De Pitágoras à fundação da Escola Pitagórica; 2. Os conceitos matemáticos, filosóficos e religiosos que deram base à escola pitagórica; 3. O significado de número (*aritmos*) para os pitagóricos da Escola Pitagórica; 4. Relações entre comensurabilidade e *aritmos* para os pitagóricos; e, 5. A hipotenusa de um triângulo retângulo isósceles, Hipasus e a incomensurabilidade.

Por fim, pode ser realizado um diálogo com os estudantes acerca deste tema.

Figura 1.1: Atividade 01: Sugestões de imagens para apresentação da Escola Pitagórica. (A) Busto de Pitágoras de Samos. (B) Estátua moderna de Pitágoras em Samos, representando seu teorema. (C) Ilustração de Hipásio de Metaponto em um livro do século XVI (*Illustrium philosophorum et sapientum effigies ab eorum numistatibus extractae*, de Girolamo Olgiati). (D) Representação do teorema de Pitágoras.



Fontes: (A) https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kapitolinischer_Pythagoras_adjusted.jpg.

Domínio Público. (B) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pythagoras-Denkmal.JPG>. Licença CC-BY-SA-4.0

(C) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hippasus_Metapontinus_-_Illustrium_philosophorum_et_sapientum_effigies_ab_eorum_numistatibus_extractae.png. Domínio Público.

(D) <https://www.publicdomainpictures.net/pt/view-image.php?image=23270&picture=pythagoras-2000>. Domínio Público

Questões propostas:

A seguir, vamos colocar alguns tópicos/questões que podem ser abordados para estimular o diálogo deste tema com os estudantes:

- a. Vocês já ouviram falar antes de Pitágoras de Samos? O que ele fez de importante para a Matemática?
- b. Qual era o conceito de número para os pitagóricos? Qual importância o número tinha para eles?
- c. Segundo o seu entendimento, o que significa ser um segmento comensurável? E segmento incomensurável?
- d. O que significa um número ser natural? E inteiro? E racional? E irracional?
- e. Por que Hipasus foi expulso da Escola Pitagórica e morto? Qual impacto da descoberta de Hipasus na Escola Pitagórica?
- f. Que conclusão podemos tirar em relação aos aspectos matemáticos, filosóficos e religiosos da Escola Pitagórica? Há alguma “verdade” na Matemática, e nas ciências, que está isenta de ser questionada e assim serem apresentadas novas evidências?

Aula 02: Segmentos comensuráveis

Conteúdo: Segmentos comensuráveis – Geometria

Duração: 2h/aula – 100 minutos

Objetivos:

- Compreender o conceito de segmentos comensuráveis;
- Aprender o conceito de que, se dois segmentos são comensuráveis, os seus múltiplos também são;
- Expressar que qualquer segmento unitário de medida racional é comensurável com o segmento unitário; e,
- Demonstrar que os segmentos de medidas irracionais podem ser segmentos comensuráveis com outros segmentos.

Pré-requisitos:

- Conhecimento acerca dos segmentos mensuráveis;

- Conhecimentos básicos das ferramentas do software Geogebra, como: *Mover*; *Reta*; *Reta paralela*; *Segmento*; *Compasso*; *Intercessão entre dois objetos*; e *Distância, comprimento e perímetro*.

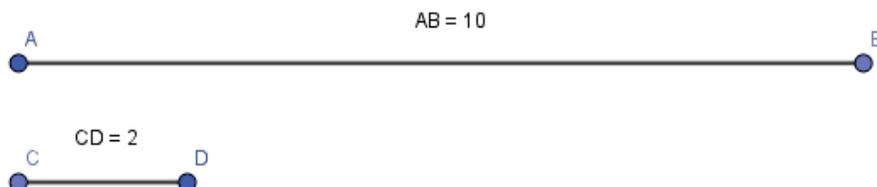
Materiais:

- Computador ou celular;
- *Data show*;
- Software Geogebra (<https://www.geogebra.org/>).

Atividade proposta 01:

Faça um segmento AB e CD que possuem medidas iguais a 10 e 2, respectivamente, no software Geogebra, conforme a **Figura 1.2** a seguir. Posteriormente, com a ajuda da ferramenta *Compasso* e *Intercessão entre dois objetos*, verifique quantas vezes que o segmento menor cabe um número inteiro no segmento maior.

Figura 1.2: Atividade 02 - Segmentos AB e CD .



Fonte: Os autores.

Questões propostas:

- a. Quais foram os segmentos encontrados? Quantas vezes a medida do segmento CD coube um número inteiro no segmento AB ?

Atividade proposta 02:

De maneira análoga à atividade anterior, faça um segmento EF e GH de medidas iguais a 15 e 3,75, respectivamente. Posteriormente, verifique quantas vezes o segmento menor cabe no segmento maior. Também faça um segmento KL de medida igual a 13 e um segmento MN unitário, de medida igual a

u. Assim, verifique quantas vezes que o segmento unitário cabe um número inteiro no outro segmento.

Questões propostas:

- Quantas vezes a medida do segmento EF coube um número inteiro no segmento EF ? E em KL e MN ?

Atividade proposta 03:

Faça um segmento de OP e QR de medidas iguais a 24 e 10, respectivamente, utilizando o software Geogebra. Assim, verifique quantas vezes o segmento QR cabe um número inteiro de vezes no segmento OP .

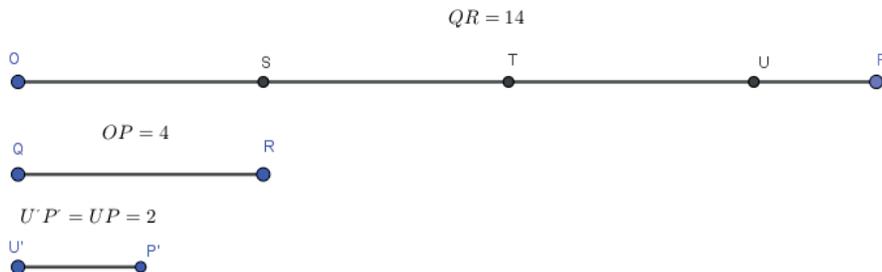
Questões propostas:

- Quantas vezes o segmento inteiro QR coube número inteiro no segmento OP ? Relate quais segmentos foram encontrados em OP realizando a medida inteira de QR nele.

Atividade proposta 04:

Seguindo a atividade anterior, é verificado que sobra um segmento de OP que não coube inteiramente o segmento QR , o qual chamamos de UP , conforme a **Figura 1.2** a seguir, tendo medida igual a . Assim, verifique quantas vezes que o segmento QR cabe um número inteiro no segmento QR , e depois em OP .

Figura 1.3: Atividade 05 - Segmentos OP , QR e $UP = U'P'$.



Fonte: Os autores.

Questões propostas:

- Quantas vezes o segmento inteiro UP coube um número inteiro no segmento QR ? E no segmento OP ?
- Os segmentos OP e QR possuem uma medida de segmento comum? Explique.

Atividade proposta 05:

Realizando um segmento AB e CD com medidas irracionais iguais a $3\sqrt{2}$ e $\sqrt{2}$, respectivamente, verifique se, e quantas vezes, que o segmento CD cabe um número inteiro de vezes no segmento AB .

Questões propostas:

- Quantas vezes o segmento CD coube inteiro no segmento AB ?
- É possível afirmar que segmentos que possuem medidas inteiras, racionais e irracionais podem ser comensuráveis? Justifique.
- Fazendo a comparação entre segmentos utilizados em cada um dos exercícios anteriores, o que se pode concluir?

Sequência didática 03: Segmentos incomensuráveis

Conteúdo: Segmentos incomensuráveis – Geometria.

Duração: 1 hora/aula – 50 minutos.

Objetivos:

- Compreender o conceito de segmentos incomensuráveis;
- Verificar que a medida do lado de um quadrado unitário e a medida do segmento que representa seu diâmetro são incomensuráveis; e,
- Concluir que os segmentos incomensuráveis com o segmento unitário possuem medida irracional.

Pré-requisitos:

- Conhecimento do Teorema de Pitágoras e segmentos incomensuráveis;
- Conhecimentos básicos das ferramentas do software Geogebra, como: *Mover*; *Ponto*; *Reta*; *Reta paralela*; *Segmento*; *Compasso*; *Intercessão entre dois objetos*; *Distância*, *comprimento e perímetro*; e *Polígono Regular*.

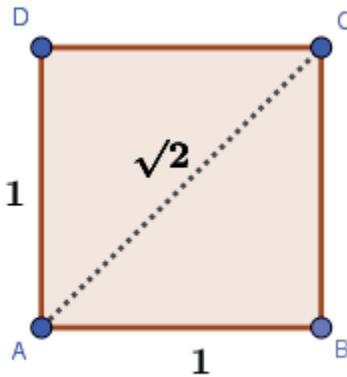
Materiais:

- Computador ou celular;
- *Data show*;
- Software Geogebra.

Atividade proposta 01:

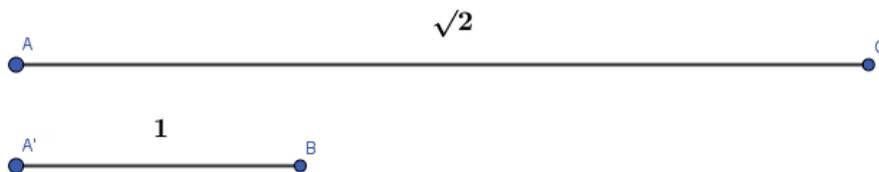
Para iniciarmos esta atividade, é necessário que façamos primeiro um quadrado unitário e sua diagonal. Para tanto, selecione a ferramenta *Ponto* e marque dois pontos A e B na janela de visualização do software Geogebra, de maneira que a distância entre eles seja unitária. Posteriormente, selecione a ferramenta *Polígono regular*, clique nos dois pontos A e B criados anteriormente e selecione 4 como o número de vértices total, assim, criando um quadrado unitário $ABCD$. Depois, crie uma diagonal AC do quadrado que, pelo Teorema de Pitágoras, tem medida $\sqrt{2}$, conforme a **Figura 1.3** a seguir.

Figura 1.4: Atividade 06 – Quadrado unitário $ABCD$ com sua diagonal AC .



Fonte: Os autores.

Dessa maneira, para facilitar a nossa visualização e medição da diagonal AC por um de seus lados unitários, com a ferramenta *Compasso* iremos realizar uma circunferência de raio AC e o transpor sobre o eixo de orientação das abscissas X , assim como um dos seus lados unitários, conforme a **Figura 1.5** a seguir.

Figura 1.5: Atividade 06 - Segmentos AC e AB .

Fonte: Os autores.

Questões propostas:

- Quantas vezes o segmento inteiro AB coube número inteiro no segmento AC ? A quantidade de vezes inteira foi exata ou sobrou alguma parte no segmento AC ?
- Por meio da questão anterior, caso sobre alguma parte de AC , de maneira análoga à *Atividade 05*, meça essa parte que sobrou e verifique se ela cabe um número inteiro de vezes no outro segmento menor, neste caso, no segmento AB . Se sobrar uma outra parte no segmento AB , meça novamente essa nova parte e verifique se ela cabe um número inteiro de vezes no outro segmento menor em comparação a ele, e assim por diante até achar uma medida que caiba exatamente um número inteiro de vezes no segmento anterior a ele formado. Quais conclusões podem ser tiradas ao realizar essas etapas?

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, procuramos elucidar e apresentar um tema que é pouco trabalhado com os estudantes em sala de aula no ensino básico, no qual utilizamos aspectos da História e Filosofia da Matemática para ilustrar e contextualizar acerca dos pensamentos e conceitos que os pitagóricos da Escola Pitagórica possuíam acerca do número (*aritmos*) e como isso se correlaciona com os segmentos mensuráveis e incomensuráveis.

Dessa maneira, objetivamos que a explanação deste tema, assim como a proposição didática para utilizar em sala de aula, possam proporcionar uma melhor compreensão acerca dos fatores históricos, filosóficos e matemáticos deste assunto para os estudantes, em específico, para aqueles do 2º ano do Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Marcos Paulo Ferreira de. **Introdução ao conceito de números reais**: uma proposta didática baseada na história da matemática. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BOYER, Carl B.; MERZBACH, Uta C. **História da matemática**. São Paulo: Blucher, 2012. 504 p. Tradução de Helena Castro.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**/Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998. 148 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/matematica.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CORNELLI, Gabriele. As origens pitagóricas do método filosófico: o uso das *archai* como princípios metodológicos em Filolau. **Hypnos**, São Paulo, n. 11, p. 71-83, 2003.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática**: da teoria à prática. 17. ed. Campinas: Papirus, 2009. 120 p. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

DOLCE, Osvaldo; POMPEO, José Nicolau. **Fundamentos de matemática elementar 9**: geometria plana. 9. ed. São Paulo: Atual, 2013. 456 p.

FERNANDES, Diego P. Do conceito de número e magnitude na matemática grega antiga. **Revista de Humanidades de Valparaíso: revista internacional de filosofia, arte y literatura**, n. 9, p. 9-23, 2017. Universidad de Valparaíso.

HESSEN, Johannes. Teoria geral do conhecimento: investigação fenomenológica preliminar. In: HESSEN, Johannes. **Teoria do Conhecimento**. 7. ed. Coimbra: Sucessor, 1980. p. 25-57. Tradução de António Correia.

LARA, Isabel Cristina Machado de. O ensino da Matemática por meio da História da Matemática: possíveis articulações com a Etnomatemática. **Vidya**, v. 33, n. 2, p. 12, 2013.

LIMA, Elon Lages *et al.* **A matemática do ensino médio**: volume 1. 8. ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2005. 237 p. (Coleção do Professor de Matemática).

MANSFIELD, Daniel F.; WILDBERGER, Norman J. Plimpton 322 is Babylonian exact sexagesimal trigonometry. **Historia Mathematica**, v. 44, n. 4, pp. 395-419, 2017.

MARQUES, Sofia Cardoso. **A descoberta do Teorema de Pitágoras**. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 125 p. (Coleção História da Matemática para professores).

MENDES, Iran Abreu. **Investigação histórica no ensino da matemática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2009.

SANTOS, Ana Cláudia Guedes dos. **Uma contribuição ao ensino de números irracionais e de incomensurabilidade para o ensino médio**. 2013. 147 f. TCC (Graduação) – Curso de Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Matemática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

SANTOS, Lorena Ferreira dos; SANTOS, Juliano Gustavo dos. A importância dos números na escola pitagórica. **Diaphonía**, v. 7, n. 1, p. 22-29, 2021.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa como ensinar**. Trad.: Ernan F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.



2 UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO EM SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS A PARTIR DA DESCOBERTA DO CÁLCULO DA CIRCUNFERÊNCIA DA TERRA POR ERATÓSTENES

*Alexsandra Norberto Mendes¹
Thalya Horryny de Oliveira Nery²
Caio Maximino³*

INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste em uma incursão e discussão acerca da importância das Narrativas Históricas (NH) para o ensino escolar. O principal intento deste trabalho compõe em apresentar uma sequência didática para o ensino de semelhança de triângulos em turmas de 8º Ano do Ensino Fundamental, à luz das contribuições proporcionadas pela NH que refere-se ao Cálculo da Circunferência da Terra realizado por Erastóstenes.

Nesse viés, será abordado, em primeiro instante, no que concerne à descoberta e sua capacidade de apoiar os achados matemáticos em sala de aula. No que segue, será exposto quanto aos contributos das demonstrações matemáticas para dispersar crenças na teoria terraplanista. Em seguida, a respeito da relação que se estabelece entre o cálculo da circunferência da Terra e o conteúdo geométrico de semelhança de triângulos.

-
- 1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Universidade Federal do Tocantins.
 - 2 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Universidade Federal do Tocantins.
 - 3 Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

Posteriormente, haverá uma proposta didática cabível para o desenvolvimento do tema semelhança de triângulos em turmas de 8º Ano do Ensino Fundamental, entreposto pela NH da descoberta do cálculo da terra por Eratóstenes. Por fim, as considerações acerca dos conceitos desenvolvidos neste.

A HISTÓRIA DA DESCOBERTA DA CIRCUNFERÊNCIA DA TERRA, COMO ISSO SUSTENTA A DESCOBERTA DE CONCEITOS MATEMÁTICOS EM SALA DE AULA

Embora seja um episódio em que não se sabe detalhadamente ou exatamente como ocorreu, há registros históricos sobre o cálculo da circunferência da Terra descoberto por Eratóstenes. De acordo com Vinagre e Lunazzi (2002), Eratóstenes foi o primeiro homem a realizar esse cálculo, fazendo uso de um método matemático simples, envolvendo ângulos e triângulos semelhantes. Esse feito ocorreu após uma tentativa errônea de Eratóstenes em mostrar para o rei um fenômeno que deveria ocorrer anualmente na data de 21 de julho. Seu equívoco fez com que ele tivesse a percepção, ou mesmo, a constatação de que o formato da Terra era circular, e, além disso, em consequência do ocorrido, ele continha informações que em conjunto com a medida da distância entre as cidades de Siena e Alexandria possibilitou a realização do cálculo da circunferência da Terra.

É consenso entre os leitores de tal narrativa, que, embora ela apresente partes altamente fictícias, em geral, sempre expõe os conceitos matemáticos de ângulos, triângulos e unidade de medida, mais especificamente ângulos alternos internos, triângulos semelhantes e distância. Da perspectiva de Borges *et al.* (2020), as NH são importantes pois

[...] promovem mudanças qualitativas no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que permitem a concepção da Matemática como uma ciência dinâmica, cujo conhecimento está em constante evolução. Além disso, resgatam aspectos históricos dessa ciência, motivam os alunos para o estudo, promovem a compreensão dos conceitos ensinados, permitem um ambiente investigativo em sala de aula, entre outros benefícios (p. 16).

Dado isto, compreende-se que o uso planejado dessas narrativas constituiu-se em uma importante ferramenta de apoio para ensino de matemática. No entanto, Borges *et al.* (2020) sugerem que “[a]pós a produção da NH, deve ocorrer a problematização e discussão do episódio. Deve-se manter a legitimidade do processo de construção da Ciência e da Matemática” (p. 14).

Nesse sentido, é perceptível que é possível mobilizar, em sala de aula, conceitos a partir de episódios históricos ou das NH, embora seja essencial que o professor adote alguns cuidados durante o uso delas. De acordo com Borges *et al.* (2020), há algumas situações fundamentais que podem ser organizadas pelos professores, como a leitura, a discussão, organização dos discentes de forma individual e/ou no coletivo em diferentes ambientes da escola com a intenção de os alertar para um momento de aprendizado diversificado e significativo. Em suma, é imprescindível que os docentes que adotam o uso de NH estejam conscientes e contextualizados sobre os fatos históricos que estão por trás dos conteúdos ensinados em salas de aula.

2.3. PROVAS MATEMÁTICAS DA CIRCUNFERÊNCIA DA TERRA NO AUXÍLIO DA DISPERSÃO DOS MITOS DA TERRA PLANA

No viés da narrativa da descoberta do cálculo da circunferência da Terra, destaca-se uma discussão, por vezes polêmica, acerca do formato dela. Ao longo da existência da humanidade, muito se discutiu sobre seu real formato, muitas foram as hipóteses e teorias debatidas por físicos e filósofos. Já era possível observar esse fenômeno, mas especialmente, após avanços nas tecnologias, os grupos conhecidos como negacionistas, que se organizam com o intento de comprovar que a Terra não tem formato circular, mas sim plana, tem se destacado ainda mais. Essas reuniões entre a sociedade negacionista ocorrem em países como o Brasil e Estados Unidos e têm ganhado força e engajamento por meio da internet. As redes sociais são vistas por seus integrantes como um lugar democrático propício para expressarem suas concepções, desconfigurando a sala de aula que normalmente espelham um poder hierárquico na relação professor-aluno. Allegretti (2012), sobre as redes sociais, destaca que “[...] possibilita[m] o aprendizado colaborativo, o diálogo, a negociação social e a construção coletiva de conhecimento, deslocando, assim, os alunos

da posição passiva de receptores de conteúdo, para a posição de construtores do conhecimento” (p. 56).

Nessa conjuntura, uma importante ferramenta que vem se mostrando eficaz na hora de desmistificar hipóteses não verdadeiras que são apresentadas e disseminadas por essas comunidades têm sido as demonstrações matemáticas. Como o próprio nome sugere, provas e demonstrações matemáticas servem para realizar comprovação de hipóteses ou teorias, ou seja, possuem a capacidade de atestar a veracidade delas. Desse modo, por meio delas, torna-se possível derrubar hipóteses não verídicas, como é o caso da teoria terraplanista. A partir do momento que se fez o cálculo da circunferência da Terra seguindo a lógica sem infringir nenhuma regra matemática durante o processo, a teoria de que a Terra possui formato circular torna-se verdadeira, dispersando-se assim os mitos da terra plana.

Logo, é evidente que experimentos e demonstrações são indispensáveis para as ciências, mas, para tanto, faz-se necessário discutir os aspectos histórico-filosóficos envolvidos no processo. De igual modo, observa-se que a utilização de NH em sala de aula seja uma proposta para ressignificar o ensino e a aprendizagem das ciências. A utilização planejada da narrativa do Cálculo da Circunferência da Terra pode levar os estudantes a refletir sobre ensino de semelhança de triângulos, podendo correlacionar com situações do cotidiano.

SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS E A CIRCUNFERÊNCIA DA TERRA

Muito se ouve acerca da Geometria como um segmento da Matemática que é considerado um dos grandes obstáculos de ensino e de aprendizagem. Conforme Guimarães e Santos (2014), os professores, como muitos alunos, também não se sentem à vontade com a Geometria, e, dessa forma, torna-se comum que a deixem em segundo plano, ocasionando assim uma deficiência no aprendizado dos alunos.

No entanto, é possível compreender que o ensino de Geometria é necessário para o desenvolvimento da visão de mundo dos estudantes e das coisas que cotidianamente os rodeiam. Diante disso, é importante que o professor de matemática possua materiais didáticos que deem a ele suporte durante as aulas de Geometria.

Como destacado, o estudo da narrativa do cálculo da circunferência da Terra pode ser um importante aliado para introduzir o conteúdo geométrico de semelhanças de triângulos. Por essa razão, optou-se por desenvolver uma sequência didática que possa auxiliar professores de matemática na aplicação do conteúdo geométrico semelhança de triângulos. Essa proposta foi desenvolvida pensando na aplicação voltada principalmente para turmas de 8º e 9º Ano do Ensino Fundamental.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENUMERADA PARA UMA AULA ABORDANDO O CONTEÚDO DE SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS

A sequência didática ora apresentada foi planejada especificamente para as séries finais do Ensino Fundamental 8º e 9º Ano e em concordância com a Base Nacional Curricular Comum – BNCC (2020). Para que ela seja desenvolvida, estima-se um quantitativo de três aulas de cinquenta minutos cada. Ademais, o segmento didático foi subdividido em cinco atividades com objetivos e procedimentos distintos.

Atividade 01 - Formato da Terra

Objetivo: Familiarizar os estudantes sobre as discussões acerca do formato da Terra.

Procedimentos:

1. Questionar os alunos acerca do formato da Terra (Qual a forma ou o formato da Terra?) e como acreditam que os cientistas chegaram a essa conclusão.
2. Solicitar que os estudantes realizem por pelo menos 15 minutos uma reflexão sobre o questionamento proposto.
3. Solicitar a resposta verbal de cada um dos alunos acerca do questionamento.
4. Discutir as hipóteses por eles apresentadas.

Atividade 02: Laboratório de Informática

Objetivo: Deixar os estudantes buscarem informações a respeito do formato da circunferência da Terra possibilitará a eles um momento de reflexão e poderá despertar curiosidades antes não vistas.

Procedimentos:

1. Direcionar a turma para o laboratório de informática e orientá-los a pesquisar acerca da teoria e descoberta do formato esférico da Terra.
2. O apontamento escrito das informações que eles considerarem importante para complementarem suas hipóteses anteriores ou formularem novas.
3. Realizar novos questionamentos do tipo:
 - a. Quem descobriu?
 - b. Como descobriu?
4. Solicitar que, a partir da discussão, pesquisa e novos questionamentos, os estudantes formulem respostas escritas acerca do formato circular da Terra e sua descoberta.

Atividade 03: Roda de conversa - Considerações acerca do Formato da Terra

Objetivo: Socializar com os estudantes os achados das pesquisas realizadas referente ao formato esférico da Terra e seu desenvolvimento.

Procedimentos:

1. Direcionar os alunos em algum espaço da escola para que possam se organizarem sentados e em círculo para que ocorra um diálogo ou roda de conversa não estruturada, acerca dos resultados de suas pesquisas.
2. Disponibilizar aos alunos um texto escrito⁴ sobre a descoberta de Eratóstenes e que façam uma leitura individual.
3. Questionar os alunos sobre os aspectos reais e fictícios presentes no texto.
4. Organizar a turma em grupos de no máximo três integrantes.
5. Distribuir para cada um dos grupos uma cartolina, um palito de picolé, um pincel, cola quente e fita adesiva.

Atividade 04: Circunferência da Terra

Objetivo: Reproduzir a experiência realizada por Eratóstenes.

Procedimentos:

4 Sugestão de texto: <https://wp.ufpel.edu.br/sauer/eratostenes-na-nossa-vida/>

1. Propor que os estudantes realizem um desenho para representar a distância entre Alexandria e Siena, inserindo as estacas em ambas as cidades na representação.
2. Escolher, aleatoriamente, algumas das representações e com o auxílio de uma lanterna realizar um experimento com o intento de mostrar que as sombras feitas pelos palitos de picolé projetam sombras diferentes e ressaltando que são os momentos em que o Sol está a sua maior distância de nossas cabeças são raros, ou seja, o solstício.
3. Em sala de aula, mostrar, por meio de uma animação no Power Point, o pensamento de Eratóstenes⁵.
4. Abordar os conceitos matemáticos “ângulos alternos internos”.
5. Abordar a fórmula da circunferência da Terra.
6. Propor que os estudantes realizem os cálculos da circunferência da Terra.

Atividade 05: Semelhança de Triângulos

Objetivo: Habilitar os alunos a relacionarem situações do cotidiano com os conteúdos abordados em sala de aula.

Procedimentos:

1. Com o desenho na lousa e na cartolina, mostrar aos alunos que se prolongar a sombra até o poço em Siena obtém-se dois triângulos, os quais, por sua vez, são semelhantes.
2. Questionar os alunos sobre situações equivalentes no seu cotidiano.
3. Desenvolver o conceito de triângulos semelhantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática apresentada foi desenvolvida com o objetivo de possibilitar aos professores novas estratégias para o ensino de semelhança de triângulos. No entanto, compreende-se que, para tanto, faz-se necessário que o professor tenha conhecimento acerca da NH a ser utilizada.

Nesse sentido, acredita-se que a utilização das NH em sala de aula possam possibilitar aos estudantes compreender o processo histórico do objeto

5 Uma sugestão alternativa é a utilização de vídeos: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20439>

de conhecimento estudado, ressignificando a aprendizagem e possibilitando a eles os meios para que possam exercer posicionamentos, além de capacitá-los a realizarem questionamentos acerca dos aspectos da realidade, tornando-os os protagonistas em seus processos de aprendizagem do conhecimento das ciências.

REFERÊNCIAS

ALLEGRETTI, Sonia Maria Macedo; HESSEL, Ana Maria di Grado; SILVA, José Ericleidson. Aprendizagem nas redes sociais virtuais: o potencial da conectividade em dois cenários. **Revista Contemporaneidade, Educação & Tecnologia**, v. 1, n. 2, p. 53-60, 2012.

BEZERRA, R. A Terra Plana é aqui. **Revista X**, v. 15, n. 4, p. 21-29, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília: MEC, 2017.

BORGES, Fábio; SITKO, Camila Maria; VIGINHESKI, Lucia Virginia Mamcasz; RUTZ DA SILVA, Sani de Carvalho; PAWLOWSKI, Cristiane. Construção de uma narrativa histórica para sala de aula: Eratóstenes, o cálculo da circunferência da Terra e o ensino de semelhança de triângulos. **REMAT: Revista Eletrônica da Matemática**, v. 6, n. 2, p. e2011, 2020.

GUIMARÃES, Bruno Alysson Andrade; SANTOS, Wilson Luiz Souza. A problemática no ensino da geometria. **Maiêutica - Curso de Matemática**, v. 2, n. 1, p. 7-13, 2014.

VINAGRE, André Luiz Mendes; LUNAZZI, José J. **Eratóstenes e a medida do diâmetro da Terra**. Não publicado. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2002/940298_AndreVinagre_Eratostenes.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.

3 NEWTON, LEIBNIZ E A HISTÓRIA: UMA PROPOSTA PARA INTRODUÇÃO AO ENSINO DE CÁLCULO NO ENSINO SUPERIOR

*Calvino Pereira da Silveira Júnior¹
Clarissa de Oliveira Pinheiro²
Ujeffesson Marques Silva³
Camila Maria Sitko⁴*

INTRODUÇÃO

 Cálculo Diferencial e Integral, para além de ser assunto base em disciplinas obrigatórias nos cursos da área das ciências exatas, licenciaturas em ciências da natureza e em matemática, também é uma ferramenta importante para os estudos dos comportamentos de funções, estudos esses que fornecem interpretações, modelos, representações e resoluções de muitos problemas do cotidiano e de variadas áreas do conhecimento.

Embora o Cálculo Diferencial e Integral tenha suas características de rigor matemático moldadas historicamente e seja, prioritariamente, estudado por um viés puro, suas aplicações buscam analisar conceitos nele envolvidos. Esse movimento que visa uma maior aplicabilidade conceitual nos cursos de Cálculo pode dar outros rumos aos processos de ensino e de aprendizagem

-
- 1 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 - 2 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 - 3 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 - 4 Professora no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

inerentes a esse conjunto de disciplinas que, segundo Rocha (2018), possui um dos maiores índices de reprovação nas universidades.

Este texto tem por objetivo apresentar uma proposta de aplicação dos conteúdos que envolvem o Cálculo Diferencial e Integral, bem como a possibilidade de realizar uma relação com a História e Filosofia da Ciência, por meio da proposição de uma sequência didática que é composta por três atividades que circundam o fato histórico da controvérsia existente entre Gottfried Wilhelm Leibniz e Isaac Newton com relação à propriedade intelectual do desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral.

REFERENCIAL TEÓRICO

Ao falarmos de Cálculo Diferencial e Integral, resultado dos estudos de Newton e Leibniz (e de outros), é importante a compreensão do percurso histórico, visto que este evidencia as dimensões das relações construídas até que as ideias fossem consolidadas como referência para essa área de estudo.

De acordo com os estudos realizados por Silva, Morais e Rufino (2014, p. 58), “o século XVII foi uma época bastante produtiva no campo da matemática”. Nesse sentido, muitos estudiosos dessa área desenvolveram teorias e/ou estudos na busca por soluções de problemas, “as ideias envolvendo o estudo do cálculo começam a ganhar forma neste século” (Silva; Morais; Rufino, 2014, p. 58).

Diante desse cenário, Carvalho e D’Ottaviano (2014, p. 17) ressaltam que “podemos destacar [...] entre os precursores do cálculo diferencial e integral, René Descartes (1596-1650), Pierre Simon de Fermat (1601-1655) e John Wallis (1616-1703) [...]”, porém, segundo apontam os autores, as raízes do surgimento do Cálculo, propriamente dito, podem ser divididas entre Newton e Leibniz, que tomaram como ponto de partida os estudos dos autores citados anteriormente.

Apesar de entendermos ambos como desenvolvedores do Cálculo Diferencial e Integral, há autores que se opõem às ideias de Newton e/ou Leibniz, bem como autores que vão em defesa de ambos, entre os quais podemos destacar “[...] Pierre Varignon (1654-1722) e Joseph Saurin (1659-1737), e entre seus opositores, Michel Rolle (1652-1719)” (Carvalho; D’Ottaviano, 2006, p. 23).

De acordo com Carvalho e D'Ottaviano (2006),

Newton e Leibniz introduziram concepções distintas para essas entidades: os infinitésimos de Leibniz estão fortemente associados com a lógica e a metafísica, enquanto os infinitésimos de Newton apresentam forte motivação e conexão com a física e os fenômenos naturais (Carvalho; D'Ottaviano, 2006, p. 14).

Corroborando essa ideia, Silva, Morais e Rufino (2014, p. 59) destacam que Newton apresentou como importante contribuição matemática “a criação do seu cálculo diferencial que teve uma forma representacional caracterizada por sua notação própria” e “com a noção de diferencial, Leibniz estabeleceu, independentemente de Newton, o caráter funcional do cálculo diferencial e integral [...]” (Carvalho; D'Ottaviano, 2006, p. 21).

A partir dos apontamentos feitos por Carvalho e D'Ottaviano (2006), os quais, embora Newton e Leibniz tivessem a pretensão de buscar uma forma de quantificar os fenômenos que variam de maneira uniforme com o passar do tempo, os seus objetivos gerais de estudos eram divergentes. Assim, “Leibniz pretendia dar maior sustentabilidade lógica ao cálculo, e se Newton apresentava uma maior precisão técnica em seu trabalho, Leibniz apresentava um maior refinamento lógico e filosófico” (Carvalho; D'Ottaviano, 2006, p. 20).

Portanto,

embora o cálculo de Newton seja, conceitualmente falando, equivalente ao de Leibniz, este último acabou sendo universalmente adotado, em função de sua maior adequação notacional – situação que perdura ainda hoje (Carvalho; D'Ottaviano, 2006, p. 22).

Com isso, emerge no ensino de Cálculo Diferencial e Integral um importante dilema a respeito dos estudos que o caracterizam, ou seja, seriam os estudos de Newton válidos e o de Leibniz não? Ou ao contrário? Diante dessas e outras questões que surgem a respeito desse objeto de estudo, faz-se necessário que essas discussões sejam inseridas no processo de ensino e de aprendizagem.

Rocha (2018) enfatiza que é possível realizar uma abordagem de resolução de problemas práticos no ensino de Cálculo, inclusive no Ensino Médio.

As ideias fundamentais do Cálculo podem ser apresentadas através de definições simples dos seus conceitos, como taxa de variação, valor médio, crescimento e decrescimento, cálculo de área de figuras planas com contornos variados, problemas de máximos e mínimos. Nestes exemplos, estão presentes as ideias de derivada e integral, expressas em aplicações que podem ser relacionadas ao cotidiano do aluno e com definições de fácil compreensão (Rocha, 2018, p. 27).

A discussão sobre o Cálculo Diferencial e Integral ser ensinado a partir de um viés de aplicações práticas tem sido tema de debates em que são levantadas questões sobre as características técnicas do ensino do cálculo e a taxa de reprovação em cursos de diferentes instituições, que pode ficar, segundo Rocha (2018), entre 20% e 95%, o que, para a autora, são números preocupantes. E tais discussões perpassam por uma impressão comum a muitos professores de Cálculo. Para Rezende (2003), professores de Cálculo Diferencial e integral pressupõem que a baixa taxa de aprovação nas disciplinas seja um reflexo de questões externas e anteriores ao curso de Cálculo, como a falta de conhecimento da base matemática, como polinômios, funções e trigonometria, por exemplo. Entretanto, o autor contrapõe esta pressuposição docente quando afirma que tais conteúdos são base para outras disciplinas que possuem melhores rendimentos.

O ensino do Cálculo Diferencial e Integral, historicamente, priorizou resoluções de exercícios voltados para o campo da abstração e pouco levou em conta sua aplicabilidade no campo prático. Além disso, esse caráter procedimental pode ocasionar elevados índices de reprovação no âmbito dessa disciplina.

Diante do exposto, considera-se importante, do ponto de vista metodológico, oportunizar aos estudantes metodologias que proporcionem participação ativa nos processos de ensino e aprendizagem. Assim, Lima, Sousa e Sitko (2021) vão apontar que

na sociedade contemporânea, existe a necessidade de se refletir sobre metodologias que proporcionem ações pedagógicas que promovam a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem e, assim, possibilitem a interação (p. 02).

O uso de metodologias ativas pode ocorrer nos diversos níveis de ensino, de modo que desenvolva a interação dos estudantes na construção do próprio conhecimento, proporcionando, assim, redução nas taxas de reprovação e no desinteresse pela área da Matemática.

As metodologias ativas destacam os pressupostos da utilização de práticas pedagógicas que percebem o estudante como centro dos processos de ensino e aprendizagem, sendo que essas abordagens metodológicas podem ser adotadas por professores de diferentes níveis de ensino.

O professor é um dos principais mediadores nos processos de ensino e aprendizagem, sendo assim, é possível propor diferentes abordagens durante suas aulas, de modo que ocorra maior interação dos alunos com os assuntos estudados. Já ressaltamos o uso de metodologias ativas para o processo de ensino e aprendizagem de qualquer conteúdo, de forma a contribuir para que o sujeito se torne produtor do seu saber, pois é por meio dessas metodologias que serão aprimorados seus conhecimentos e sua visão de mundo, sem contar que estas estimulam o prazer por aprender, afinal, o aluno será o grande responsável pelo seu aprendizado. Nesse sentido, destacamos Souza e Aires (2020), que enfatizam o uso de uma abordagem histórica e filosófica durante as aulas, para que haja a reflexão sobre o que se pretende estudar. Segundo as autoras,

em relação às reflexões sobre uma aproximação para a educação científica, a abordagem histórica e filosófica da ciência é muito indicada para que os(as) alunos(as) compreendam como ocorre a construção do conhecimento, bem como a Natureza da Ciência e o trabalho dos cientistas (Souza; Aires, 2020, p. 301).

Dessa forma, sobre o uso da História e Filosofia durante as aulas de Ciências e Matemática, é importante que o aluno conheça de onde e porque surgiu tal fato, possibilitando a ele expor suas opiniões com base no que lhe foi apresentado.

Um fato histórico importante e que fornece a possibilidade de discussões entre alunos e professores, quando tratado de forma reflexiva, é a controvérsia sobre a prioridade do desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral.

[...] No ano de 1711 inicia-se uma disputa pela prioridade do invento do cálculo diferencial e integral, em decorrência de uma solicitação de Leibniz junto à Royal Society. Contudo, como Newton era o presidente da Royal Society, muito provavelmente influenciou para que emitissem parecer em que Leibniz fosse condenado à plágio (Souza; Aires, 2020, p. 306).

Apesar da disputa por prioridade da invenção do Cálculo entre Newton e Leibniz e da pressuposição de que a ideia de desenvolvimento de um fato científico pode ser realizada individualmente, é fundamental que os estudantes reflitam a respeito da construção coletiva desse fato, bem como de que maneira elementos do contexto social influenciam o conhecimento emergente.

Assim sendo, não há fatores externos às relações sociais. A ciência avança em conjunto com a sociedade. Conforme Latour (2000), a ciência ocorre entre diversos atores e não individualmente, isto é, “a construção do fato é um processo tão coletivo que uma pessoa sozinha só constrói sonhos, alegações e sentimentos, mas não fatos” (Latour, 2000, p. 70).

Portanto, o objeto atua no processo de emergência do fato científico. Nesse sentido, há atores humanos e não humanos na construção do fato, de forma que, segundo Latour (2000), “é impossível sem o trabalho coletivo” (p. 245), participativo e de embasamentos em fatos anteriores.

Para aproximação da História e Filosofia da Ciência com a educação científica e matemática, propomos uma sequência didática, em que será utilizado o júri simulado como opção de metodologia ativa, no qual os estudantes serão protagonistas de suas próprias aprendizagens.

PERCURSO METODOLÓGICO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Para utilização do júri simulado como metodologia, tomamos como base os escritos de Alcântara *et al.* (2015) ao afirmarem que esta é uma estratégia pedagógica que possibilita a discussão sobre diversos itens da mesma temática. Nela, as opiniões convergem e divergem de acordo com foco. É um ambiente de participação, reflexão e propício para construção e desconstrução de conceitos e promoção do senso crítico.

Corroborando com essa ideia, Lima, Sousa e Sitko (2021, p. 10) destacam que na simulação de um júri, “o grupo analisa e avalia os fatos reais de um problema de forma objetiva, através dos argumentos de defesa e acusação”. A partir dessa abordagem, pretende-se que os estudantes consigam ter maior envolvimento com o conteúdo.

Alcântara *et al.* (2015) destacam que a utilização dessa dinâmica consiste basicamente em três passos, os quais descrevemos a seguir:

- Tomar como ponto de partida um fato real, a partir do qual o grupo de estudantes irá fazer uma simulação, sendo que, para tal, é necessária a escolha da defesa e acusação.
- Divisão do grupo de estudantes, para que estes assumam diferentes posições: um juiz, um escrivão, sete alunos no conselho de sentença, um quarto dos alunos na defesa e um quarto na acusação, sendo que os demais farão parte do plenário.
- Realização das orientações para que seja definido o tempo necessário para preparação dos trabalhos tanto da defesa quanto da acusação, sendo que estas estarão sob orientação do professor. Definição do tempo necessário para cada uma das partes, sendo, em média, 15 minutos para que apresentem seus argumentos. E, por fim, avaliação e a sentença final, considerando os argumentos, a lógica, dentre outros aspectos abordados pelos estudantes.

Considerando esses aspectos, na presente proposta, a abordagem do fato histórico é realizada por meio de discussões, mediadas pelas intervenções do professor, e culminarão em uma audiência simulada de júri, em que a primeira atividade é composta por quatro etapas e propõe como objetivos de aprendizagem a contextualização de conceitos intuitivos e a apresentação dos principais problemas que influenciaram o desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral.

A segunda atividade é composta por sete etapas que tem como objetivos o conhecimento, por parte dos alunos, sobre a biografia resumida de Leibniz e Newton, de maneira a compreenderem a questão controversa existente entre eles. Indica-se propor que os alunos se dividam em um grupo que defenda a autoria de Newton e outro a de Leibniz para então ser proposto o júri simulado.

A terceira e última atividade é composta por sete etapas e consiste na simulação do julgamento. Nela, o professor divide os grupos, sugere as atuações e auxilia na compreensão mais aprofundada dos materiais de estudos

indicados. A atividade tem como objetivo de aprendizagem o aprofundamento nas reflexões sobre o fato histórico e maior participação ativa dos alunos nas discussões. Além disso, nesse momento, pretende-se que os estudantes possam constituir uma opinião própria a respeito do objeto de estudo.

Diante das informações supracitadas, é detalhada a proposta didática no quadro 3.1, sendo destinada para professores executarem com estudantes matriculados na disciplina de Cálculo I.

Quadro 3.1: Sequência didática para o ensino de Cálculo I.

Curso: Licenciatura em Matemática		
Público: Alunos matriculados na disciplina de Cálculo I		
Título da oficina: O julgamento de Leibniz e Newton		
Conteúdos gerais de Matemática:		
<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo Diferencial e Integral; • Noção intuitiva de Limite, Derivada e Integral. 		
Conteúdos de História e Filosofia da Ciência:		
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento simultâneo do Cálculo Infinitesimal por Leibniz e por Newton. 		
Atividade 1: Cálculo? Eu já sei calcular!	Objetivos: - Estabelecer o primeiro contato com o conceito de Cálculo Diferencial e Integral; - Realizar leitura introdutória e socialização do entendimento a partir da leitura de texto sobre os principais problemas que influenciaram no desenvolvimento do Cálculo.	Duração: Duas aulas de 50 minutos.
Desenvolvimento:		
1ª Etapa: Ao iniciar a conversa, o professor deve aferir quais são os conhecimentos prévios dos alunos sobre o Cálculo Diferencial e Integral. Questionamentos como “Já ouviram falar?”, “Já estudaram Cálculo?”, “O que sabem sobre?” e “Como e onde aprenderam?”, são possibilidades para uma introdução ao assunto.		
2ª Etapa: A partir da 1ª Etapa, é importante uma discussão que verse sobre o caráter prático da Matemática e da função de resolver problemas seja iniciada. É esperado que a maioria dos discentes não conheça os conceitos envolvidos no Cálculo, no entanto, há possibilidade que alguns alunos já desenvolvam tais habilidades, o que deve ser utilizado para enriquecer o debate.		
3ª Etapa: Então, de forma a complementar a discussão, o professor propõe a seguinte tarefa: A realização da leitura do trecho do livro “Cálculo – Volume 1”, de James Stewart, referente à parte introdutória (páginas XXIX a XXXII), no qual há um resumo sobre os problemas da área e da tangente.		
4ª Etapa: Após o tempo destinado à leitura do texto, o professor deve retomar a discussão, agora como um mediador entre os alunos e os conceitos matemáticos intuitivos presentes no texto, sem definir conteúdo ou demonstrar teoremas e durante a discussão. É importante que, nesse momento, o professor já comece a tendenciar a conversa para os questionamentos sobre a autoria do desenvolvimento do Cálculo, tema da Atividade 2.		

Observações:

- É importante que o professor deixe claro que o fato de (nossa suposição) a maioria dos alunos não conhecer o assunto é natural, pois esses conceitos foram retirados há décadas da relação de conteúdos ensinados na Educação Básica.
- Após a leitura, é importante que os alunos tenham tempo de comentar suas dúvidas, impressões e opiniões. Caso isso não ocorra naturalmente, o professor deve estimular os comentários, inclusive fazendo anotações no quadro e buscando conexões entre os comentários.
- Ressaltamos que a indicação da quantidade de aulas sugeridas no campo “duração” é flexível. Cabe ao professor avaliar o tempo ideal, bem como se as aulas são seguidas ou intercaladas.

Materiais: Livro de STEWART, J. **Cálculo:** Volume I. Tradução Helena Maria Ávila de Castro. Revisão técnica Eduardo Garibaldi. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 680 p.; quadro e pincel.

Registros das reflexões e impressões do professor:**Atividade 2:**

Como assim, dois ao mesmo tempo?

Objetivos:

- Conhecer resumidamente as biografias de Newton e Leibniz e o porquê de suas histórias se cruzarem;
- Compreender o contexto do episódio controverso ocorrido entre Newton e Leibniz, e discutir possíveis soluções para o impasse.

Duração:

Três aulas de 50 minutos

Desenvolvimento:

1ª Etapa: o professor inicia a 1ª etapa da Atividade 2 a partir dos questionamentos levantados na 4ª Etapa da Atividade 1. Nesse sentido, se algum aluno souber a resposta, são esperadas duas possibilidades: Ele indicará Newton ou Leibniz (possibilidade 1) ou indicará os dois (possibilidade 2). A segunda possibilidade é o fato a ser explorado. Sendo assim, se o aluno indicar apenas um dos possíveis desenvolvedores do cálculo (possibilidade 1), o professor deve encaminhar a discussão para a possibilidade 2. Se os alunos não opinarem, por meio de conversa e reflexões, o professor apresentará tanto Newton quanto Leibniz (possibilidade 2), ainda sem mencionar a controvérsia histórica.

2ª Etapa: Neste momento, o professor convida os alunos a conhecerem Newton e Leibniz por meio do trecho do artigo de Souza e Aires (2020), nas páginas 305 e 306. A sessão indicada é a “Controvérsia na história das disciplinas matemáticas: Newton *versus* Leibniz”, em que é feito um resumo biográfico e, ao fim da sessão, as autoras citam a disputa pela prioridade do desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral.

3ª Etapa: Após a leitura da seção, o professor deve fazer questionamentos do tipo: “Quem vocês acham que realmente possui essa propriedade intelectual?”, “Quem aparentemente cometeu plágio?” e com tais questionamentos, o professor deve tentar promover a reflexão dos alunos e a fragmentação do grupo (turma) em grupos menores: pró-Newton e pró-Leibniz, de forma natural e sem a proposição dessa divisão.

4ª Etapa: Com a sala dividida naturalmente por ideias, o professor propõe mais um estudo para embasar o ponto de vista de cada aluno. Para isso, propõe a continuação da leitura de Souza e Aires (2020), nas páginas 306 a 318, que tratam de quatro correspondências de Leibniz enviadas para Royal Society, de Collins para Leibniz, de Newton para Leibniz e, por fim, de Leibniz para Newton. Após a leitura, a tendência é que grupos simpatizantes de ambos cientistas continuem estruturados ou com poucas mudanças de pensamentos, é aí que se sugere que o professor proponha a próxima atividade.

5ª Etapa: Ao perceber que a divisão de opiniões, influenciada pelo professor na atividade anterior, ainda é presente, o professor deve propor uma forma de chegar a um consenso, que é a realização de uma simulação de julgamento que tenha como objetivo principal atribuir a propriedade intelectual a um dos solicitantes, a saber, Gottfried Wilhelm Leibniz ou Isaac Newton.

6ª Etapa: Feita a proposta da atividade do júri simulado, o professor faz os agrupamentos necessários por aproximação de ideias a serem defendidas e distribui as funções.

7ª Etapa: Sugere-se que os grupos sejam compostos de: Um quarto dos alunos seja composto por advogados de Newton e um quarto por advogados de Leibniz que farão as defesas, acusações e interrogatório; cada grupo de advogados será assessorado por três auxiliares que lhes ajudarão com informações ou dados importantes que não forem citados; uma pessoa para atuar como Newton e outra como Leibniz; o restante da turma comporá o júri, que, nesse momento, receberá as considerações finais do texto de Souza e Aires (2020), que será lido no parecer do júri, por um de seus componentes.

Observações:

Como a 4ª Etapa da Atividade 2 exige uma leitura mais extensa, é necessário disponibilizar mais tempo para leitura e reflexão. Assim, indicamos que, das duas aulas sugeridas, meia aula seja para as três primeiras etapas e uma aula e meia seja destinada à quarta etapa.

Materiais: Trecho do artigo SOUZA, I. L. N.; AIRES, J. A. A construção coletiva sobre as séries infinitas por Leibniz e Newton. *Revista brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*. v. 13, n. 3, p. 300-323, set./dez. 2020.

Registros das reflexões e impressões do professor:

Atividade 3: O julgamento!	Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> - Aprofundar o conhecimento sobre o fato histórico referente ao desenvolvimento do cálculo. - Criar estratégias para sustentação de defesa de argumentos ou de acusação em um júri simulado sobre o fato histórico envolvendo a controvérsia existente entre Newton e Leibniz em relação ao desenvolvimento do cálculo. - Participar de maneira ativa e protagonista na construção dos seus conhecimentos. 	Duração: Três aulas de 50 minutos
Desenvolvimento: <p>1ª Etapa: A ideia é que o julgamento seja simples. A preparação para as falas é a fase que demanda mais tempo. Nesta parte, o professor deverá disponibilizar pelo menos uma aula para o aprofundamento na leitura dos trechos de Souza e Aires (2020), indicados nas etapas 2 e 4 da 2ª atividade.</p> <p>2ª Etapa: Neste momento de estudo, o professor deve conceder consultorias às equipes em pontos não compreendidos nos dois momentos de leitura, tanto no que diz respeito às questões referentes ao fato histórico, quanto sobre noções intuitivas dos conceitos matemáticos presentes no texto.</p> <p>3ª Etapa: O professor deve dar dicas à defesa e à acusação de como elaborar e registrar o interrogatório, instruções simples, mas em pontos específicos e relevantes, como itens da biografia e as análises do conteúdo realizadas pelas autoras.</p> <p>4ª Etapa: Próximo ao término do prazo para elaboração das “teses”, o professor diz como será a audiência, conforme as sugestões nesta e nas próximas etapas: As equipes de advogados terão direito a fazer três perguntas para os réus (Newton e Leibniz [Cada grupo se organiza e interroga um de cada vez], advogados de Newton interrogam Leibniz e o inverso também acontece). As respostas devem ser feitas em um minuto, e as respostas também dadas no mesmo tempo.</p> <p>5ª Etapa: Após os interrogatórios, os advogados farão as falas de defesa das suas ideias, as quais podem ser acusações também. O tempo sugerido para essa etapa é de até quinze minutos, de forma que o tempo seja dividido entre eles da maneira que melhor lhes parecer. Após este momento, o tribunal entra em recesso para que o júri elabore o parecer que será socializado entre os presentes.</p> <p>6ª Etapa: Depois de ouvir as colocações dos advogados e elaborar o parecer, o júri é solicitado pelo juiz para que leia o parecer sobre suas decisões.</p> <p>7ª Etapa: Por fim, o juiz faz a leitura da sentença, com base no veredicto dos jurados.</p>		
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • Por conta da busca pela praticidade, é necessário que o professor comunique que todos os questionamentos, acusações e defesas, sejam embasados apenas no texto de Souza e Aires (2020). Isso ajudará a agilizar o andamento da oficina, pois delimita a consulta de material. 		

Materiais: Trecho do artigo SOUZA, I. L. N.; AIRES, J. A. A construção coletiva sobre as séries infinitas por Leibniz e Newton. **Revista brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 300-323, set./dez. 2020.

Registros das reflexões e impressões do professor:

Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto teve como objetivo apresentar uma proposta de aplicação na prática dos conceitos intuitivos que envolvem o Cálculo Diferencial e Integral, bem como a possibilidade de realizar uma relação com a História e Filosofia da Ciência e da Matemática, por meio da proposição de uma sequência didática em que é planejada uma oficina composta por três atividades que circundam o fato histórico da controvérsia existente entre Gottfried Wilhelm Leibniz e Isaac Newton em relação à propriedade intelectual do desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral.

Pretende-se, a partir dessa proposta, proporcionar aos estudantes momentos reflexivos e a possibilidade de opinarem em relação ao episódio histórico em estudo. Assim, pretende-se estabelecer uma participação ativa, de modo que os estudantes sejam produtores do próprio conhecimento.

Pensar o ensino de Cálculo Diferencial e Integral requer desenvolver um estudo para além dos cálculos, dos exercícios, da abstração. É necessário que os sujeitos participantes sejam envolvidos no processo de aprendizagem. Dessa forma, o ensino de Cálculo passará a fazer sentido para o cotidiano dos estudantes, propiciando a esses indivíduos autonomia na produção de seu conhecimento.

O processo de ensino e aprendizagem não ocorre de maneira isolada, tampouco o ser humano se educa somente no ambiente escolar e/ou acadêmico. Antes, é necessário entender e compreender o meio em que estão inseridos seus saberes, a cultura, suas origens, proporcionando o diálogo entre o fazer pedagógico do professor com a realidade vivenciada pelos estudantes, para que aprendizagem ganhe significado.

É importante pensar um ensino que rompa os muros das instituições, que vá além, formando um ser pensante, capaz de ter suas próprias conclusões com base no que lhe é repassado, construindo assim um conhecimento novo, tendo como base aqueles já existentes. Esta proposta busca desenvolver esse pensamento crítico dos estudantes, sem que estes sejam alienados e aceitem como válido, verdadeiro e inquestionável aquilo lhes é posto, mas que haja esse confronto de ideias, de buscar novas respostas, de questionar os conhecimentos já estabelecidos.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, L. A. G.; QUARTIERI, M. T.; MARCHI, M. I.; DULLIUS, M. M. As estratégias de ensino júri simulado e phillips 66 como facilitadores do ensino e da aprendizagem na disciplina de matemática. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**. v. 4, n. 1, p. 17-28. 2015.

CARVALHO, T. F.; D'OTTAVIANO, I. M. L. Sobre Leibniz, Newton e infinitésimos, das origens do cálculo infinitesimal aos fundamentos do cálculo diferencial paraconsistente. **Revista Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 13-43, 2006.

LATOURE, B. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. Trad. BENEDETTI, I. C. São Paulo, Unesp, 2000.

LIMA, G. L. O ensino do cálculo no Brasil: breve retrospectiva e perspectivas atuais. **XI Encontro Nacional de Educação Matemática**, Curitiba – Paraná, 18 a 21 de julho de 2013.

LIMA, V. R.; Sousa, E. F. P.; SITKO C. M. Metodologias ativas de ensino e aprendizagem: sala de aula invertida, instrução por colegas e júri simulado no ensino de Matemática. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e2810514507, 2021.

REZENDE, W. M. O ensino de cálculo: dificuldades de natureza epistemológica. *In*: MACHADO, N. J; Cunha, M. O. (org.). **Linguagem, conhecimento, ação**: ensaios de epistemologia e didática. São Paulo: Escrituras, 2003b, v. 1, p. 313-336.

ROCHA, J. S. M. **O ensino de cálculo no ensino médio**. São João Del Rei: [s.n.], 2018.

SILVA, J. R. da; MORAIS, N. D. de; RUFINO, M. A. da S. As idealizações dos cálculos de Newton e Leibniz como organizadores prévios comparativos para a definição de derivada. **Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review**. v. 4, n. 2, p. 57-71, 2014.

SOUZA, I. L. N.; AIRES, J. A. A construção coletiva sobre as séries infinitas por Leibniz e Newton. **Revista brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**. v. 13, n. 3, p. 300-323, set./dez. 2020.

STEWART, J. **Cálculo**: Volume I. Tradução Helena Maria ávila de Castro. Revisão técnica Eduardo Garibaldi. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 680 p.



4 A ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA IMAGEM NÃO DEFORMADA SOBRE A CRIAÇÃO DA TEORIA DE GRAFOS

Hevellyn Tays Lima da Silva¹
Jusciel Kvan Gomes de Souza²
Alessandro Tomaz Barbosa³
Deive Barbosa Alves⁴

INTRODUÇÃO

Quando nós, professores, abordarmos uma certa teoria ou conhecimento em sala de aula, podemos não nos atentar aos contextos de sua criação, chegando até mesmo a acreditar que não irá contribuir para produção de novos conhecimentos. Assim, pensamos em desmistificar certos conceitos sobre a produção da ciência.

Os conceitos de ciência permeiam diferentes contextos sociais e culturais. Diante disso, as definições desses conceitos influenciam representações do conhecimento científico, o modo como ele é cultural e socialmente aprendido e como dimensionam as concepções dos seres humanos acerca das relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Tobaldini *et al.*, 2011, p. 458).

Desse ponto, destacamos que este trabalho busca apresentar uma sequência didática que possibilite ao professor o desenvolvimento de um ambiente

-
- 1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins
 - 2 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins
 - 3 Professor no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins
 - 4 Professor no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins

de aprendizagem que forneça ao seu aluno a possibilidade de conhecer como ocorre o processo de produção do conhecimento matemático. Diante disso, apresentamos a teoria dos grafos, tendo em vista a sua utilização em nosso cotidiano.

Este trabalho se justifica pela necessidade de arcações teóricas que apresentem elementos históricos que levaram à construção de teorias, procurando apresentar que criações científicas têm aspectos social e histórico, sendo ela não apenas uma produção de gênios, trazendo uma concepção crítica da ciência, em que uma “[...] percepção crítica da ciência é necessária para uma crescente alfabetização científica da população e para uma atuação consciente na sociedade [...]” (Tobaldini *et al.*, 2011, p. 463). Dessa maneira, apresentar trabalhos, acerca do objeto de conhecimento, que levem essas discussões para dentro da sala de aula, é um ponto relevante para uma consciência social, histórica e epistêmica.

Este trabalho é norteado com o seguinte questionamento: como apresentar a teoria dos grafos, associada à História e à Filosofia da Ciência (HFC), para estudantes do Ensino Médio? Para tanto, objetivamos elaborar uma sequência didática que forneça aos estudantes uma leitura de textos históricos e filosóficos acerca da teoria dos grafos.

UMA IMAGEM NÃO DEFORMADA SOBRE A CRIAÇÃO DA TEORIA DE GRAFOS

Nesta seção realizamos uma viagem no tempo, em que voltaremos para uma época na qual não existiam tecnologias eletrônicas ou digitais, a comunicação era realizada por meio de cartas e que a ideia de ciência era tida como uma produção de gênios. Um lugar no tempo e espaço em que foram desenvolvidas teorias que utilizamos hoje, uma delas é a que foi nomeada de teoria dos grafos. Para embarcar nessa jornada, vamos para a cidade de Königsberg, no ano de 1736. Nesta viagem, conheceremos um pouco sobre a história desta criação, iremos discutir alguns textos, em especial, o escrito intitulado “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”, dos autores Gil Perez *et al.* (2001) para nos auxiliar a refletir sobre essas deformações.

Para Pérez *et al.* (2001, p.125), trabalhar com essas deformações fornece a possibilidade de “[...] consciencializar e modificar as suas próprias concepções

epistemológicas acerca da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico”. Essa conscientização possibilita a desmistificação da ciência com uma produção de uma dada sociedade científica. Trabalharemos em específico a deformação 2, 3 e 7, trazidas por Pérez *et al.* (2001).

A segunda deformação, segundo Pérez *et al.* (2001, p. 130), “é a que transmite uma visão rígida (algorítmica, exata, infalível, ...)”, sendo amplamente criticada pelos grupos de professores, até ao ponto de alguns, ao recusar essa visão rígida e dogmática da ciência, fazerem ser um relativismo extremo, tanto metodológico (“tudo vale”, não há metodologias específicas no trabalho científico), como conceptual (não há uma realidade objetiva que permita assegurar a validade das construções científicas: a única base em que se apoia o conhecimento é o consenso da comunidade de investigadores nesse campo); um relativismo que encontra suporte filosófico nas teses epistemológicas de Feyerabend (1989), ainda que com críticas no âmbito da Educação em Ciência e Matemática.

Segundo Pérez *et al.* (2001, p. 130), a terceira deformação é muito ligada a essa visão rígida. Podemos mencionar a visão a-problemática e a-histórica (portanto, dogmática e fechada). Assim, perdemos de vista que “todo conhecimento é a resposta a uma questão” (Bachelard 1938 *apud* Perez *et al.*, 2001, p. 131), ou seja, a uma situação problema/problemática, o que torna difícil apreender e compreender a racionalidade de todo o processo e empreendimento científico. Com efeito, os professores de ciências e Matemática, tanto na entrevista quanto na resolução de diferentes tipos de questões relacionadas com a introdução do conhecimento científico, não se referem aos problemas que estão na origem da construção desses conhecimentos.

Referente à sétima deformação, segundo Pérez *et al.* (2001), referimo-nos à visão deformada que transmite uma imagem descontextualizada, socialmente neutra da ciência. Em suma, no artigo de Pérez *et al.* (2001), estão as sete principais deformações que vemos na literatura e que são abordadas a partir de reflexões e críticas de grupos de professores (participantes da pesquisa desenvolvida por esses autores).

CONTEXTO HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DA TEORIA DE GRAFOS

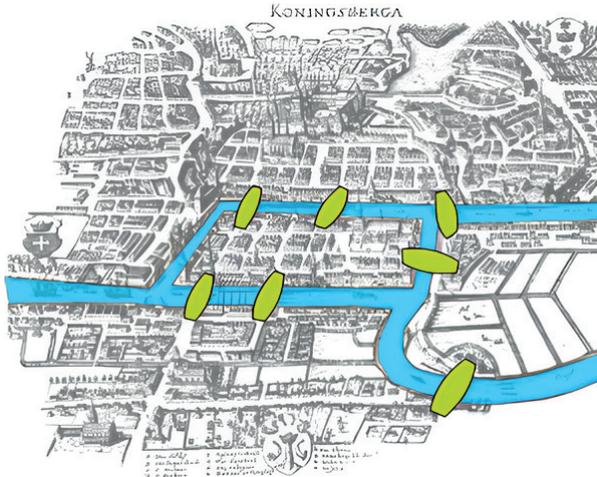
No ano de 1730, Leonhard Euler (1707-1783) chegou à cidade de São Petersburgo para ocupar uma cadeira de filosofia natural na academia de ciência da cidade, tornando-se o principal matemático da academia. Essa cadeira, anteriormente, era ocupada por Daniel Bernoulli (1700-1782).

Cinco anos depois da chegada a São Petersburgo, o matemático trocava cartas com o prefeito da cidade de Königsberg, na antiga Prússia, onde hoje é chamada de Kaliningrado. Segundo Freitas e Borges (2015), essa cidade é cortada pelo rio Pregel. A troca de cartas foi do ano de 1735 a 1742. Segundo Sachs *et al.* (1988, p. 135), “Carl Leonhard Gottlieb Ehler foi prefeito de Danzig, uma cidade próxima a Königsberg. Amigo de Euler e amante da matemática”, o prefeito utilizava como correspondente o professor de matemática da cidade, Heinrich Kiihn. A primeira carta que se tem registro foi enviada no dia 9 de março de 1736, que dizia:

Você prestaria a mim e ao nosso amigo Kiihn um serviço muito valioso, colocando-nos em grande dívida com você, erudito senhor, se nos enviasse a solução, que você conhece bem, ao problema das sete pontes de Königsberg, junto com uma prova.[...] Eu adicionei um esboço das ditas pontes [...] (SACHS *et al.*, 1988, p. 134).

Pelo teor da carta, entende-se que o matemático já tinha noção do problema. Um ponto que devemos ressaltar neste trecho é o fato de o prefeito pedir a prova da resolução do problema, um dos pontos de interesse na matemática, apresentando caminhos para tais resoluções, possibilitando diferentes visões de um mesmo problema. Com a carta, ele enviou o seguinte esboço (Figura 4.1):

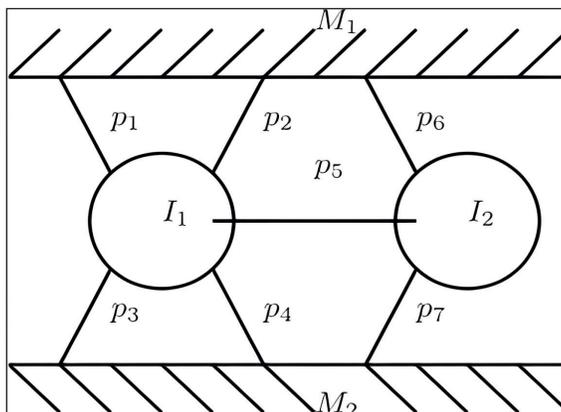
Figura 4.1: Esboço das pontes na cidade de Königsberg.



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Königsberg_bridges.png. Acesso em: 11/07/2022. Distribuída sob uma Licença Creative Commons Attribution-Share Alike 3.

O problema das sete pontes era a possibilidade de um passeio pelas 4 margens de terra e retornar ao ponto de partida cruzando cada uma das pontes apenas uma vez. Para melhor entendimento temos a Figura 4.2.

Figura 4.2: Cidade de Königsberg. sendo pontes (p), margens (m) e ilhas (i).



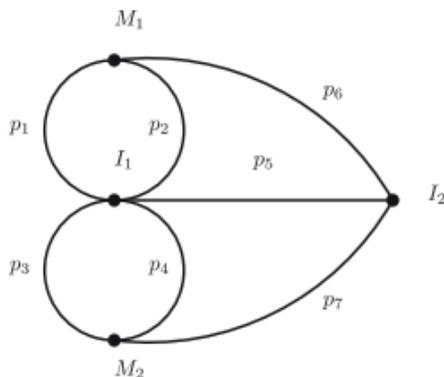
Fonte: Freitas e Borges (2015, p. 135).

Em 13 de março de 1736, Euler escreveu para o matemático e engenheiro italiano Giovanni Jacopo Marinoni (1676-1755), falando sobre este problema, apresentando o que ele pensava do problema.

Foi-me proposto um problema sobre uma ilha na cidade de Königsberg, rodeada por um rio atravessado por sete pontes, e me perguntaram se alguém poderia atravessar as pontes separadas em um caminho conectado de forma que cada ponte seja cruzada apenas uma vez. Fui informado que até então ninguém havia demonstrado a possibilidade de fazer isso, ou mostrado que é impossível. Essa questão é tão banal, mas me pareceu digna de atenção por não ser geometria, nem álgebra. Nem mesmo a arte de contar [ars combinatoria] foi suficiente para resolvê-lo. Em vista disso, ocorreu a mim perguntar-se se ela pertencia à geometria da posição [geometria situs], que Leibniz um dia tanto desejou. E então depois de alguma deliberação. Consegui um simples, mas completamente estabelecido. Regra com cuja ajuda se pode decidir imediatamente por todos os exemplos deste tipo, com qualquer número de pontes em qualquer arranjo, se tal viagem de ida e volta é possível ou não (Sachs *et al.*, 1988, p. 135).

Percebe-se que relata ao seu amigo matemático ter encontrado dificuldade utilizando das teorias já existentes, não sendo nem geometria nem álgebra. Inicialmente, o matemático pensou que fosse uma questão banal, porém ele estabeleceu novas relações para responder à questão. Essas relações se generalizavam para qualquer número de pontes. Tais relações foram representadas por Euler das seguintes formas (Figura 4.3):

Figura 4.3: Grafo que representa a cidade de Königsberg.



Este modelo, que representa a cidade russa, é o que chamamos hoje de grafos. O matemático, analisando o grau de cada vértice, chegou à solução de que com um número ímpar de vértice não era possível o referido passeio. Nesse caso, o vértice era a quantidade de pontes que interligavam as porções de terra separadas pelo curso de água dos rios da cidade. Em 5 de abril de 1736, Euler respondeu à carta de Ehler de 9 de março, a carta tinha o seguinte teor:

Assim, você vê, nobre senhor, como esse tipo de solução tem pouca relação com a matemática, e eu não entendo por que você espera que um matemático a produza, em vez de qualquer outra pessoa, pois a solução é baseada apenas na razão e sua descoberta não depende de nenhum princípio matemático. Por causa disso, não sei por que mesmo questões que têm tão pouca relação com a matemática são resolvidas mais rapidamente por matemáticos do que por outros (Sachs *et al.*, 1988, p. 136).

É destacado que, apesar de um problema que os moradores da região não conseguiam resolver, é um problema relativamente simples; no entanto, foi atribuído a um matemático. O matemático, apesar de considerar um problema simples, publicou um artigo sobre esse problema em 1851, denominado “*Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*”, porém esse só foi um pontapé inicial da teoria dos grafos, logo foram surgindo outros problemas.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: UMA IMAGEM NÃO DEFORMADA SOBRE A CRIAÇÃO DA TEORIA DE GRAFOS

A teoria dos grafos não é um assunto abordado amplamente no ensino fundamental ou médio, no entanto, documentos de Orientações Curriculares para o Ensino Médio apontam o uso deste problema em sala de aula.

No ensino médio, o termo “combinatória” está usualmente restrito ao estudo de problemas de contagem, mas esse é apenas um de seus aspectos. Outros tipos de problemas poderiam ser trabalhados na escola – são aqueles relativos a conjuntos finitos e com enunciados de simples entendimento relativo, mas não necessariamente fáceis de resolver. Um exemplo clássico é o **problema das pontes de Könisberg**, tratado por Euler (BRASIL, 2006, p. 94, grifo nosso).

Dessa maneira, surge então a necessidade de desenvolver uma sequência didática que possibilite ao professor o uso deste problema em sala. Para Vargas e Magalhães (2011), uma sequência didática é um conjunto de atividades que se interligam. Assim, problema com o ponto norte de nossas discussões.

A sequência que apresentamos aqui procura dar conta das deformações de um trabalho científico, trazidas por Pérez *et al.* (2001, p.131), conforme apresentadas anteriormente neste capítulo. Assim, a elaboração da sequência didática considera a deformação dois: a “visão rígida (algorítmica, exata, infalível). Nessa visão, o ‘método científico’ é apresentado como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Por outro lado, destaca-se o que se supõe ser um tratamento quantitativo, controle rigoroso etc.”. Essa deformação é um dos pontos focais da matemática, pois a área das ciências exatas é considerada rígida e metódica, ditas como feitas só de gênios para gênios.

A segunda que iremos buscar trabalhar na sequência didática é a deformação três que, para Pérez *et al.* (2001 p.131), é a “visão problemática e a-histórica (dogmática e fechada). Nessa visão, transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc.”. Trabalhar com fatos históricos possibilita trabalhar com essas deformações, apresentando como surgiu a teoria.

A última deformação que procuraremos alcançar nesta sequência refere-se à sexta, que Pérez *et al.* (2001, p. 133) denominam “uma visão individualista e elitista da ciência”. Nessa visão, os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes”. Essa visão é importante para mostrar os processos de colaboração com outras áreas das ciências e pesquisadores.

O público-alvo é de estudantes da primeira série do ensino médio. Cada módulo corresponde a uma aula de 50 minutos. Com base em Zabala (1998, p. 61), essa sequência busca possibilitar que “[...] os alunos controlem o ritmo da sequência; atuando constantemente e utilizando uma série de técnicas e habilidades”.

Primeiro módulo: apresentação da situação problema

Apresentar de modo geral o que é a teoria dos grafos, mostrar exemplos de suas aplicações como: transportes, filmes, páginas na web, redes de relacionamento escolares e pessoais etc.

Segundo módulo: Apresentar as deformações articuladas com a teoria de grafos

Neste, apresenta-se o problema proposto a Euler sobre as pontes, buscando tratar as questões históricas envolvidas, incentivando o pensamento de como a constituição da teoria teve influências sociais na época de modo a discutir as deformações com os alunos. Este momento pode ser desenvolvido em uma roda de conversa, em que há a possibilidade de problematizar as deformações das ciências, por exemplo, como o pensamento engessado sobre a matemática interferiu na visão de hoje sobre a Matemática.

Terceiro módulo: propor problemas ou questões

Neste módulo, propomos uma volta ao tempo:

- Passo um: o professor propõe que os alunos se dividam em grupos.
- Passo dois: cada grupo será nomeado.
- Passo três: sugira que cada grupo escreva uma carta destinada ao outro, com um problema que envolva a teoria de grafos. O problema tem que ser inventado pelo grupo.
- Passo quatro: faça a troca das cartas e peça para que os alunos respondam os problemas sugeridos.

Quarto módulo: buscar as informações

Solicita-se que os grupos busquem por novos problemas, desta vez, relacionado com o mundo real.

Quinto módulo: elaboração da conclusão

Solicita-se que os alunos produzam um pequeno relatório que traga: o problema que foi proposto pelo grupo, o problema que foi resolvido e os problemas reais apresentados.

No final desses módulos, o professor pode procurar pistas da aprendizagem do aluno, sendo feita por meio de observação, a mobilização dos conceitos durante a resolução dos problemas e apresentação destes.

Espera-se, com essa sequência didática, abordar as deformações das ciências, levando ao aluno uma compreensão de que, nas ciências, as teorias têm um processo histórico e alguns fatores determinantes para a sua criação, rompendo

com essa visão engessada individualista e elitista sobre a matemática, apresentando que nem sempre a matemática são apenas números. Ou seja, podemos vê-la como uma forma mais ampla de ver o mundo. Por fim, que os alunos compreendam os conceitos principais sobre a teoria de grafos.

4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que trabalhar o ensino de Matemática na perspectiva defendida neste capítulo abre um leque de opções para pensar em demais conteúdos, possibilitando ao professor trabalhar uma matemática produzida e não descoberta.

Quanto à sequência didática que propomos sobre a teoria de grafos, consideramos relevante para: I. Introduzir da teoria dos grafos, mostrando como ocorreu o seu início e como eles podem pensar sobre o mesmo; II. Criar espaços de interações mais livres entre os alunos, a teoria e os elementos que as compõem, possibilitando uma maior aproximação entre os discentes e o conteúdo.

Para um futuro trabalho, pretendemos aplicá-lo em sala de aula e produzir os dados, assim criando futuras alterações, do mesmo modo que o professor que trabalhar com essa proposta pode fazer suas alterações para o que melhor se adequa a sua turma.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2006.

FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. 3. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

FREITAS, Anderson Freitas; BORGES, Minami Borges. As pontes de Königsberg. **C.Q.D. - Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, v. 5, p. 44-48, 2015.

PÉREZ, Daniel Gil *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, p. 125-153, 2001.

SACHS, Horst *et al.* An historical note: Euler's Königsberg Letters. **Journal of Graph Theory**, v. 12, n. 01, p. 133-139, 1988.

TOBALDINI, Bárbara Grace *et al.* Aspectos sobre a natureza da ciência apresentados por alunos e professores de licenciatura em ciências biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 457-480, 2011.

VARGAS, Suzana Lima. MAGALHÃES, Luciane Manera. O gênero tirinhas: uma proposta de sequência didática. **Educação em Foco**, v. 16, n. 1, p. 119-143, 2011.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. 1.ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.



5 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA: AS CONTROVÉRSIAS DAS TEORIAS DE PASTEUR X POUCHET E UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Elzilene Aquino de Araújo¹

Luciana de Araújo Corrêa²

Salustriano Menezes da Conceição³

Alessandro Tomaz Barbosa⁴

INTRODUÇÃO

O aparecimento dos primeiros seres vivos é alvo de diferentes interpretações. Muitos cientistas acreditavam que os microrganismos mais simples poderiam surgir sem progenitores, por um processo espontâneo, como, por exemplo, os vermes, os musgos e alguns insetos, sendo este processo denominado “geração espontânea”. No decorrer da história, vários cientistas estabeleceram teorias que explicassem esse fato, seja no cunho filosófico ou religioso.

Neste capítulo, discutimos duas vertentes, protagonizadas por dois cientistas que se destacaram, o médico e naturalista Felix Archimède Pouchet, que apoiava a geração espontânea (Abiogênese), e Louis Pasteur, formado em química e física, que apresentou uma teoria contrária a Pouchet, chamada teoria da Biogênese, que propôs que os seres vivos surgem a partir de um processo de

1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins

2 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins

3 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins

4 Professor no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins

reprodução. Vale ressaltar que as teorias, propostas por ambos, foram baseadas em dados empíricos.

Este trabalho busca compreender esse episódio a partir das contribuições da História e Filosofia da Ciência (HFC). Assim, questionamos: Quais as contribuições de apresentar esse episódio, relacionando-o com os aspectos políticos, econômicos e culturais da época?

Nesse sentido, o presente estudo justifica-se pela necessidade de contribuir com o ensino nas escolas públicas em relação à disciplina de Biologia conectada com a dimensão histórica e filosófica da ciência, ou seja, por meio de uma abordagem metodológica como a sequência didática. Assim, buscaremos problematizar os experimentos na descoberta da teoria da biogênese e abiogênese, focando nas controvérsias das teorias propostas sobre a origem da vida.

Ressaltamos que o contexto da descoberta é amplamente problematizado na História e Filosofia da Ciência. Segundo French (2009), torna-se necessário romper com as concepções de descoberta vinculadas a uma visão comum, “o momento eureka”, e a uma visão romântica da criatividade, o “gênio”.

Nessa direção, o objetivo deste capítulo é propor uma sequência didática para compreendermos as controvérsias das teorias de Pouchet e Pasteur sobre microrganismos para os alunos da 1ª série do Ensino Médio.

POUCHET X PASTEUR: AS DESCOBERTAS E CONTROVÉRSIAS

Como mencionado, Pouchet defendia a teoria da geração espontânea e a partir disso preparou um experimento para comprovar sua hipótese. Em um ambiente esterilizado, deu-se início aos seus trabalhos preparando um frasco com água fervente e posteriormente inserido em um vaso com mercúrio até que este esfriasse. Em seguida, eram adicionados oxigênio e feno calcinado. O resultado desse processo foi o surgimento de fungo no meio, comprovando a teoria da Abiogênese.

Com o trabalho de Pouchet tendo bastante visibilidade na época, a Academia de Ciência em Paris tomou conhecimento e percebeu que não haveria consenso ao que se refere à existência da teoria da geração espontânea. Por esse motivo, a instituição criou o Prêmio Alhumbert, em 1860, para quem solucionasse esse problema (Collins; Pinch, 2003).

Nesse momento, Pasteur, que trabalhava com fermentação, obteve a informação sobre o Prêmio Alhumbert para a pesquisa que refuta a teoria da abiogênese, pois, naquele momento, a abiogênese se apresentava como uma ideia considerada perigosa por caminhar contrária aos aspectos religiosos e econômicos. Além disso, os membros da comissão eram adversos a esta hipótese, sendo este o motivo pelo qual Pasteur iniciou a pesquisa sobre a geração espontânea, em que estabeleceu um experimento (Martins, 2009).

O experimento de Pasteur consistia na elaboração de um caldo nutritivo feito de carne, que foi inserido no interior de um frasco de vidro. Após a adição do caldo, Pasteur aqueceu o gargalo do frasco para curvá-lo, deixando-o em formato de “pescoço de cisne”, sendo esta uma forma de impedir a passagem das partículas. Assim, o caldo foi aquecido numa temperatura que ficasse esterilizada, sem nenhum micro-organismo. Em seguida, foi deixado em descanso em temperatura ambiente.

Ao passar alguns dias, ele analisou o meio e constatou que não ocorreu nenhum crescimento de micro-organismo. Por esse motivo, ele resolveu quebrar o pescoço do frasco para analisar o que poderia ter acontecido (Pasteur, 1861). Por certo período, ele observou novamente e percebeu a presença de microrganismos no meio. A partir desses resultados, foi constatado que a contaminação se deu pelo contato com o ar, no qual teria a presença dos pequenos organismos e a causa de sua proliferação se deu pelo processo de reprodução e, assim, resolveu-se a questão da geração dos microrganismos e refutou-se a teoria da abiogênese.

O experimento de Pasteur usando os frascos com o pescoço de cisne e o experimento de infusão de feno e Mercúrio proposto por Pouchet apresentaram diversos pontos controversos, relacionado aos seus procedimentos e materiais, mais especificamente o próprio feno e o levedo de cerveja que foram os materiais usados por eles. Porventura, foram apontados questionamentos, dando espaço para que surgissem dúvidas a partir das hipóteses.

Collins e Pinch (2003) descrevem que um dos questionamentos levantados por Pasteur foi que, no experimento de Pouchet, a infusão do feno ficou embolorada, apresentando formas de vida em sua superfície ou o ar continha sementes de bolor uma propriedade biogênica. Seguindo essa concepção, utilizar materiais diferentes poderia interferir no resultado, como foi o caso deste episódio.

Segundo Pasteur, na execução do experimento, Pouchet não foi cauteloso, introduzindo ar contaminado, por esse motivo os resultados eram imprecisos (Pasteur, 1861). Ao passar um tempo, ele viria a afirmar que embora a infusão do feno estaria estéril e o ar artificial sem contaminação, o mercúrio utilizado no procedimento estava com germes em sua superfície. Ele deduziu essa hipótese a partir de sua replicação de tal procedimento descrito na seção VII do seu ensaio enviado para a Academia. A partir das controvérsias inconclusivas e com o procedimento de Pasteur sendo utilizado na agricultura e indústrias, a Academia de Ciência teria motivos para não acreditar na geração espontânea (Latour, 2001). Com esses fatos, os dois iniciaram um longo debate para mostrar a natureza de suas pesquisas e qual descoberta estava próxima da comprovação.

A questão do uso do mercúrio foi apenas o início de um confronto. Após rebater Pouchet, respondendo uma carta que este enviou detalhando todos o seu experimento com infusão de feno e mercúrio e suas conclusões sobre a comprovação da geração espontânea, Pasteur realizou outro experimento usando frasco exposto ao ar em elevada altitude. Dessa forma, ele ferveu as infusões de leveduras nos balões de pescoço de cisne e, após o ar sair, selou cada pescoço. Os balões foram transportados para diferentes pontos dos Alpes franceses, onde Pasteur quebrava o fino gargalo (utilizando um torquês), deixava o ar entrar e, em seguida, ele selava novamente no fogo. Como resultado, os frascos abertos em locais convencionais ficaram embolorados e dos 20 frascos abertos a 2.000 m de altitude, apenas um foi afetado.

Pouchet, com os resultados de Pasteur, resolveu replicar o experimento em Pireneus (Collins; Pinch, 2003). Nesse caso, ele e seus colaboradores utilizaram apenas oito frascos que foram abertos em elevada altitude. Todos eles apresentaram contaminação. Pouchet alegou que tomou todas as precauções, exceto na hora da execução, em que ele usou uma lima aquecida em vez de um torquês, como Pasteur, para abrir os frascos.

Um dos acontecimentos nessa história foi o prêmio fornecido pela Academia Francesa de Ciência para os cientistas que refutassem a teoria da geração espontânea nomeando uma comissão para decidir as questões. Dessa maneira, duas comissões foram montadas sucessivamente para analisar a controvérsia da teoria.

A primeira comissão foi montada antes do experimento de Pouchet nos Pireneus. Naquela ocasião, o pesquisador apresentou desvantagem que “Por acaso ou desígnio, todos os membros da comissão não simpatizavam com as ideias de Pouchet [...]” (Collins; Pinch, 2003. p. 125). De acordo com Collins e Pinch (2003), alguns membros da comissão anunciaram suas decisões negativamente, sem verificar seus relatórios e outros dois decidiram negar os trabalhos iniciais dele. Com essa desvantagem, Pouchet retirou-se da competição do Prêmio, que, sem contestação, Pasteur recebeu através do trabalho realizado em 1861.

Em 1864 foi organizada a segunda comissão com o intuito de responder aos resultados dos experimentos de Pouchet no Pireneus. Seus resultados provocaram indignação aos componentes da Academia, que a maioria considerava a geração espontânea como refutada. Conforme Collins e Pinch (2003), em resposta aos experimentos de Pouchet, a comissão reafirma a teoria de Pasteur assim como desafia Pouchet, o qual aceita o desafio e promete que se em algum dos frascos não houvesse alteração, ele iria reconhecer a derrota de seus experimentos.

Sabendo novamente que esta comissão também era formada por opositores da geração espontânea, Pouchet e equipe tentam modificar os critérios para realização do experimento, ampliando o alcance da atividade experimental. Em contrapartida, Pasteur desejava centrar-se em inserir uma quantidade mínima de ar no meio nutritivo e se este ar iria induzir o crescimento de microrganismos no meio. O único resultado que Pasteur precisava apresentar era que o ar poderia entrar em alguns frascos sem fazer nenhuma alteração no meio nutritivo.

Pouchet não conseguiu alterar as condições da prova. Decidiu, então, retirar-se da disputa, alegando que não haveria uma análise justa pelos membros da comissão. Seu posicionamento tornou-se insustentável, uma vez que seus experimentos eram irrelevantes para a comunidade científica que apoiaram incontestavelmente Pasteur.

Por mais que Pasteur tenha sido considerado pela Academia como o pesquisador que refutou a teoria da geração espontânea, vale ressaltar, com base em Martins (2005), que Pasteur não provou que a geração espontânea não existe. Ele também não provou que os experimentos de Pouchet e seus companheiros

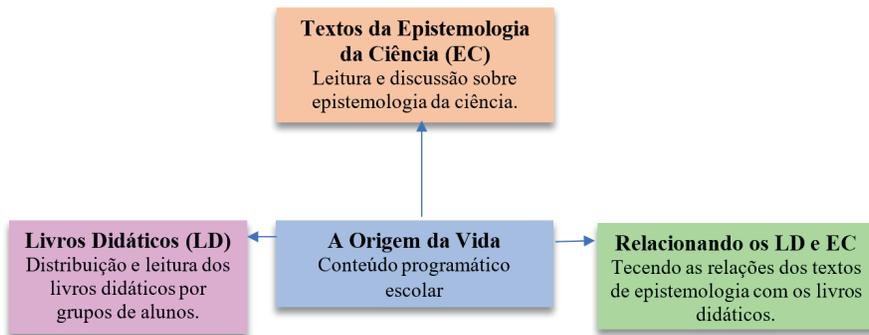
estavam errados. Nos dois casos, os experimentos pareciam muito benfeitos. Não era possível concluir nada a partir deles.

Essas reflexões históricas sobre o episódio da Biogênese e Abiogênese são importantes para percebermos a necessidade de um olhar crítico sobre a importância de conhecer a História da Ciência, principalmente quando ambos têm controvérsias e possuem argumentos consistentes. Mas o que nossos estudantes veem nos livros didáticos? A partir disso, elaboramos uma Sequência Didática (SD), apresentada a seguir.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Elaboramos uma sequência didática composta por três momentos distintos, levando em consideração que cada uma poderá ter no máximo de duração duas aulas (1 hora e 40 minutos), porém cabe ao professor em qual momento queira enfatizar, podendo acrescentar mais uma aula (50 minutos) para concluir o seu trabalho. Dessa maneira, podemos verificar esses momentos pelo esquema a seguir (Figura 5.1).

Figura 5.1: Organização básica da sequência didática sugerida.



Fonte: Adaptado de Sato (2020).

Primeiro momento: distribuição e leitura dos livros didáticos por grupos de alunos

Para execução das atividades, será sugerido trabalhar com a turma do 1º ano do Ensino Médio pelo conteúdo de microrganismo que já está presente

na grade curricular da disciplina. Para iniciar as atividades, será apresentado o tema para os discentes em uma aula teórica dinamizada e dialogada.

Nesta aula, os educandos vão ser divididos em grupos tendo em média de 4 a 5 componentes e serão levados para sala de aula 4 livros (Quadro 5.1), escolhidos pelos pesquisadores e utilizando os critérios estipulados pelos pesquisadores.

Quadro 5.1: Livros didáticos selecionados.

Nº	Referências dos livros selecionados
1	LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. Biologia hoje . 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.
2	LOPES, S.; ROSSO, S. Ciências da natureza e suas tecnologias: evolução e Universo . Ensino médio.1 ed. São Paulo: Moderna, 2020.
3	GODOY, L.; AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. Multiverso: ciências da natureza e suas tecnologias: Origens . Ensino médio.1 ed. São Paulo: FTD. 2020.
4	MORTIMER, E. et al. Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: o Universo, a Terra e a vida . 1. ed. São Paulo: Scipione, 2020.

Fonte: Os autores.

Com a escolha, a sequência didática segue com a entrega dos livros para cada grupo, para que, em seguida, realizassem uma leitura crítica e reflexiva sobre a HC e da origem da vida. Após a leitura de uma parte do livro, os alunos poderão ser incentivados e questionados a falar o que entenderam sobre o conteúdo de Microrganismos, focando no experimento de Pasteur.

Segundo momento: Leitura e discussão sobre Epistemologia da Ciência

Num segundo momento será distribuído para os mesmos grupos artigos selecionados sobre a epistemologia das ciências (Quadro 2). Assim, para orientar a discussão sobre os LD, foram consultados alguns artigos presentes no “Periódico Capes” e na “Plataforma *Scielo*” utilizando as palavras chaves “História da Ciência”, “A origem da Vida” e “Pasteur”. Dessa forma, foram selecionados 4 artigos (Quadro 5.2).

Quadro 5.2: Artigos sobre a Epistemologia da Ciência.

Nº	Referências dos artigos selecionados
1	MARTINS, L. A. P. Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. Filosofia e História da Biologia , v. 4, p. 65-100, 2009.
2	GOUBEIA-MATOS, J. A. M. Pasteur: Ciência para ajudar a vida. Química Nova na Escola , v. 6, Novembro 1997.
3	DAMINELII, A. D.; CRUZ, S.D. Origens da vida. Estudos Avançados . v. 21, pp. 263-284, 2007.
4	MARTINS, L. A. C. P; MARTINS, R. A. Geração espontânea: dois pontos de vista. Perspicillum . v. 3, pp. 7-32, 1989.

Fonte: Os autores.

Porventura, aplica-se a mesma dinâmica da etapa anterior, leitura e discussão sobre os textos. Para identificar o posicionamento e compreensão deles.

Terceiro momento: Leitura e análise dos livros didáticos com base nos artigos científicos

Após a execução das duas etapas anteriores, será aplicado o terceiro momento, que está intimamente interligada nas outras. Com a leitura dos livros didáticos e dos artigos sobre epistemologia da ciência, os discentes terão a oportunidade de apresentarem questionamentos e, juntos, realizarmos uma análise desses LD. Nesse momento, serão trabalhadas as relações da História e Filosofia da Ciências com o conteúdo de Microrganismos.

As análises dos livros didáticos seguirão as categorias estabelecidas por Garcia e Santos (2014) indicando quatro categorias: a *categoria 1* é a ausência da história; a *categoria 2* é a presença da História da Ciência - HC (Nome e data); a *categoria 3* presença da história linear e; a *categoria 4*, a presença da história contextualizada.

A seguir, apresentamos, brevemente, o que será possível discutir com os alunos durante o terceiro momento da sequência didática, o qual consiste no entrelaçamento entre os livros didáticos, as quatro categorias supracitadas e os artigos.

O livro 1 foi incluído nas categorias 2 e 3, pois apresenta uma quase-história para os estudantes e o nível de compreensão da ciência apresenta-se distorcido por não descrever a História e Filosofia da Ciência. Por mais que incluíram datas, experimentos e os cientistas Francesco Redi, John Needham,

Lazzaro Spallanzani e Pasteur, não é descrito em nenhum tópico as controvérsias existentes entre Pouchet e Pasteur.

Já o livro 2 apresenta as ideias de Francesco Redi e seu experimento. Dando sequência, demonstra as controvérsias científicas entre John Turberville Needham, adepto da teoria da geração espontânea, e de Lazzaro Spallanzani, com ideias totalmente opostas. Após o debate entre esses cientistas, entra no tópico sobre os trabalhos de Pasteur e os experimentos que ele fez para refutar a teoria da Abiogênese, porém não cita Pouchet. Este Livro poderá ficar na categoria 2, por causa do aparecimento das citações com o nome do cientista que realizou os feitos de acordo com as datas das aplicações das descobertas.

No livro 3 há presença de datas, nomes e experimentos em forma de ilustração. Porém, não há citações a Pouchet, apenas a Pasteur e Francesco Redi, sendo estes apoiadores da biogênese se encaixando na categoria 2 e 3, pelo fato de ter aparecido a HC parcialmente ou/e linear por mais que tenha as datas e nomes, e, assim, há uma quebra da sequência histórica, mostrando uma distorção da ciência.

O livro 4 foi incluído nas categorias 2 e 4. Nele observamos que há informações de datas, nomes dos cientistas (Aristóteles, Van Helmont, Redi, Jan Swammerdam, John Needham, Lazzaro Spallanzani, Nicolas Appert, Gay-Lussac, Pouchet e Pasteur), apresentando a história das descobertas, as controvérsias, os experimentos e a contextualização.

Assim, consideramos que, com essa prática, os discentes se tornarão aptos a compreender a evolução da Ciência no percurso histórico, deixando evidente a participação dos cientistas em cada trecho, pelas decisões, descobertas, hipóteses e teorias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que este trabalho busca não só viabilizar a oportunidade de aplicação de uma sequência didática para o estudo das controvérsias das teorias propostas por Pasteur e Pouchet sobre os microrganismos, mas ressaltar também a importância de inovar as metodologias, integrando os professores e estudantes. Assim, promovendo o desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem-pesquisa.

Nesse sentido, ainda consideramos que a sequência didática, apresentada neste capítulo, poderá nortear os estudantes a assumirem a autonomia de refletir o que os livros didáticos abordam sobre a origem da vida. Sendo importante enfatizar o terceiro momento da sequência didática, que está relacionada como uma etapa de análise desses livros e a exposição das reflexões dos estudantes, o que poderá tornar-se um momento rico para tecer diálogos e articulações entre a História e Filosofia da Ciências com os experimentos de Pasteur e Pouchet.

REFERÊNCIAS

COLLINS, H.; PINCH, T. **O Golem**: o que você deveria saber sobre ciências. Trad. São Paulo: Unesp, 2003.

FRENCH, Steven. **Ciência**: conceitos-chave em filosofia. Trad.: André Klaudat. Porto. Alegre: Artmed, 2009.

GARCIA, M. C. M.; SANTOS, S. M. A história da ciência e biogênese: uma análise de dois livros didáticos. **Tecné, Episteme e Didaxis: TED**, [S. l.], n. Extra, 2014.

LATOUR, B. **A Esperança de Pandora**: ensaios sobre a realização dos estudos científicos. Bauru: EDUSC, 2001.

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

PASTEUR, L. Mémoire sur les corpuscles organisés qui existent dans l'atmosphère: Examen de la doctrine des générations spontanées. **Annales des sciences naturelles**, Paris, 4ème série, Zoologie, t. XVI, 1861.

SATO, A. **Estruturando laboratório de microbiologia com microscópio de baixo custo para o ensino médio**. 2020. 180 f. Dissertação (Mestrado Profissional) Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional. Universidade Federal do Paraná.

SCHNEIDER, E. I., SUHR, I. R. F., ROLON, V. E., ALMEIDA, C. M. D. Sala de aula invertida em EAD: uma proposta de Blended Learning. **Revista Intersaberes**, v. 8, n. 16, p. 68-81, 2013.



6 O “ERRO” NA DESCOBERTA DA PENICILINA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

*Jhonatam Dias Amorim¹
Núbia Dias Correia Dantas²
Paulo Sergio Ribeiro dos Santos³
Alessandro Tomaz Barbosa⁴*

INTRODUÇÃO

A micologia é uma ciência da microbiologia que estuda os fungos e suas propriedades. Esse grupo de seres vivos ocupam papéis de destaque no equilíbrio do planeta, seu ensino tem como finalidade evidenciar a importância clínica para o homem e animais (Zappe; Sauerwein, 2018).

Entre as dificuldades para a abordagem desse conteúdo, destaca-se a utilização de termos científicos abstratos que causam desinteresse dos discentes. Associado a isso, a falta de estruturas nas escolas públicas, que em sua grande maioria não contam com laboratórios equipados com microscópios, entre outros recursos (Nicola; Paniz, 2016).

Na literatura, há vários estudos que demonstram a importância da experimentação para o ensino de ciências, como os realizados por Bizzo (2012) e Krasilchik (2008). Esses estudos afirmam que a experimentação tem como finalidade despertar o interesse dos estudantes em diversos níveis de escolarização.

-
- 1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins
 - 2 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins
 - 3 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins
 - 4 Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Norte do Tocantins

Os estudantes também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos (Giordan, 1999).

Desse modo, emerge a importância da utilização de recursos didáticos diversificados no ensino de ciência na educação básica, tendo a experimentação o principal deles, pois este pode proporcionar intensos debates, para que a escola possa desempenhar adequadamente seu papel na formação de cidadãos (Krasilchik, 2008).

Acredita-se que a experimentação possibilita ainda a aprendizagem dos estudantes de forma significativa, ou seja, no intuito de tornar os conteúdos contextualizados, propiciando aos discentes a ampliação de conhecimentos já existentes ou a construção de novos conhecimentos, assim a utilização desse método é possível tornar as aulas mais dinâmicas, possibilitando desenvolver sua criatividade, sua coordenação, suas habilidades, dentre outras (Nicola; Panz, 2016).

A inserção de práticas investigativas, que auxiliam no processo de ensino aprendizagem, é uma necessidade crescente nas salas de aulas, visto que elas favorecem o conhecimento dos alunos no sentido de promover uma autonomia e um despertar crítico. Nessa perspectiva, formulamos como objetivo neste capítulo: problematizar o erro na descoberta da penicilina no experimento “acidental” realizado por Fleming, mediante a elaboração de uma sequência didática com os alunos do 2º ano do Ensino Médio.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A prática experimental teve um papel de importância no desenvolvimento de uma proposta de metodologia científica, fundamentada na racionalização, indução e dedução a partir do século XVII. Com a utilização de tal método foi possível romper com a ideia de que o homem e natureza tinham uma relação com o divino (Silva, 2016).

Assim, a experimentação e observação não são neutras, pois foram necessárias teorias para que Alexander Fleming identificasse o fungo. Desse modo, é fundamental questionar, discutir e refletir acerca das ideias e sobre o papel desempenhado pelas teorias na observação e experimentação, pois é essencial pensar na sua particular relevância para uma adequada transposição didática, capaz de promover configurações educativas de sentido investigativo (Praia;

Carrelha; Gil-Perez, 2022). Logo, algumas ideias foram desenvolvidas em torno da importância das teorias e experimentação científicas para a construção do conhecimento, sobretudo em relação ao estatuto que possuem e atendem aos diferentes níveis explicativos e compreensivos em que se encontram.

Nesse sentido, cabe analisar também o contexto histórico e a importância dos experimentos para o avanço científico desde a idade média até os dias atuais. A prática experimental foi e é essencial para o desenvolvimento científico e tecnológico, pois auxilia nos avanços em diferentes áreas do saber, como a Medicina, Biologia, Física e Química.

A importância dos experimentos para o avanço científico é percebida em alguns exemplos, como no campo da Medicina e Química. A descoberta dos princípios ativos dos fármacos possibilitou testar e avaliar o efeito das enfermidades acometidas pela sociedade. Na Biologia, a experimentação proporcionada por Louis Pasteur é considerada como capaz de refutar a Teoria da Abiogênese. Já na Física, possibilitou as modificações em relação às teorias sobre a movimentação da Terra. Desse modo, concebe-se a experimentação como uma forma de favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas.

Assim, cabe-nos destacar o papel da ciência neste processo de construção do conhecimento. Segundo Fleck (2010), a ciência consiste em algo organizado por pessoas de modo cooperativo; assim, deve ser considerada, em primeiro lugar, a estrutura sociológica e as convicções que unem os cientistas, para além das convicções empíricas e especulativas dos indivíduos, não sendo ancorados no pensamento de um cientista individual. Assim, a ciência deve ser entendida essencialmente como um processo coletivo.

Nesta construção coletiva, faz-se necessário um olhar voltado às atividades experimentais no ensino de ciência. Na literatura científica há vários estudos que atestam a importância da experimentação como método de ensino. Nota-se grande relevância em documentos que demonstram que tal método pode despertar um forte interesse entre os educandos em diversos níveis de escolarização.

A experimentação é abordada constantemente nos Livros Didáticos (LD). Por ser a ferramenta mais utilizada por educadores de todo o país, apresenta sugestões de práticas de custo acessível que podem ser realizadas em

escolas públicas no Brasil. Entretanto, é notório que esses experimentos que são frequentemente abordados nos LD não comentem sobre os possíveis erros, ou margem de erro, que essas práticas podem acarretar, assim, tendo como consequência, a construção de barreiras de aprendizagem por parte desses educandos.

Outro fato bastante observado em análise de experimentação nos LD é a presença constante do roteiro de prática a serem realizadas nas aulas experimentais, a chamada “receita de bolo”, a qual estabelece que nessas aulas os estudantes irão realizar tal procedimento mediante um resultado esperado e determinado pelo docente. Isso pode acarretar na formação de um educando passivo, em que este não será desafiado a testar suas próprias hipóteses, encontrar lacunas, ou até buscar outra explicação dentro de um contexto científico aceito (Izaias; Melo; Pinto, 2015).

Contrário a isso, defendemos a experimentação como uma estratégia eficiente para a produção de explicações para problemas reais que permitam uma contextualização e, dessa maneira, estimular questionamentos que encaminhem à investigação.

O MOMENTO “EUREKA” DA PENICILINA E A IMPORTÂNCIA DO ERRO PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A observação de fatos históricos revela que os modelos experimentais propostos por renomados cientistas levaram a desenvolver várias teorias que se manifestaram por erros cometidos ou diante do acaso que tenha ocorrido durante o processo, isso, de fato, proporcionou algumas descobertas que revolucionaram o mundo científico. Nesse sentido, “podemos afirmar que toda descoberta é uma conquista cognitiva que implica invenção e criação” (Maldonato; Dell’orco, 2010, p. 6), a qual passa por estágios em que o indivíduo poderá visualizar outras formas de pensamento, em que considera outros caminhos e perspectivas, dando ênfase a outros resultados que fogem do inicialmente proposto.

Um momento de grande relevância, e que proporcionou uma das maiores descobertas, foi o de 1928, quando Fleming desenvolveu pesquisas isolando bactérias estafilococos, e diante de vários acontecimentos imprevistos e condições peculiares houve o crescimento do fungo *Penicillium*, que desencadeou

a descoberta da penicilina, cujo é o princípio ativo de grande relevância para o tratamento de infecções, logo, “apesar de todas essas felizes coincidências, se Fleming não tivesse a mente preparada, não teria valorizado o halo transparente em torno do fungo e descoberto a penicilina” (Rezende, 2009, p. 243).

Para evidenciar essas e outras descobertas dentro da natureza da Ciência, várias percepções são levantadas para desmistificar o conhecimento científico absoluto, as quais apresentam como objetivo principal dos cientistas o descobrimento de leis naturais verdadeiras, realizadas por grandes gênios e assim tendendo a apresentar atitudes negativas em relação à Ciência (Cedran *et al.*, 2017). Essas visões são apresentadas aos estudantes no contexto da educação básica, e elas, segundo Pompeu e Zimmermann (2009), são influenciadas ou podem até ser construídas tanto pela postura dos professores como pela abordagem em suas aulas, muitas vezes centrada na visão de Ciência como verdade absoluta, desconsiderando o enfoque histórico-epistemológico.

Neste contexto, vale ressaltar a importância de se apresentar o método científico para compreender a produção e o funcionamento do processo do conhecimento adquirido e os passos para se alcançar um determinado resultado. Nessa perspectiva, Cedran *et al.* (2017) escrevem que a Ciência, à medida que se estabeleceu institucionalmente e alcançou legitimidade social, tem se reproduzido, privilegiando, muitas vezes, as vias empiristas e positivistas, do qual, segundo os autores, classifica a Ciência sem qualquer questionamento acerca de seu caráter dinâmico e complexo.

Para Bachelard (1996), o conhecimento é construído em cima do conhecimento empírico já construído no aluno e que não se trata de adquirir uma cultura experimental, mas de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. É nesse sentido que é reiterada a importância de se aprender com o erro, com base nele, o que é de fato exposto em muitos experimentos. Nesse caso, é mais cômodo para alguns pesquisadores aceitar o erro do que duvidar da teoria. Essa afirmativa já era uma crítica observada por Bachelard (1996) pela maneira de como os cientistas, segundo ele, sentiram-se acomodados a padrões e normas já estabelecidas, apresentando a Ciência apenas com os resultados apresentados, sem referências aos mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento do pensamento e, dessa forma, sendo apresentada uma Ciência morta, como se ela fosse a descrição de uma realidade determinista que não depende de nossa razão.

Dentro dessa perspectiva, apresentam-se as concepções epistemológicas como fator que promove o despertar do pensamento do aluno e, assim, auxiliando na sua formação científica, aceitando o erro como processo de aprendizagem e não tendo a Ciência como verdade absoluta. Logo, Bachelard (1996) defendia que, ao apresentar conceitos, todo o processo deve ser considerado, mesmo os impasses e os erros cometidos até a afirmação da teoria, para que, assim, os alunos possam se estabelecer na construção do conhecimento, e não somente apreciá-los somente como uma teoria já pronta, pois essa visão de educação transmitida fomenta nos estudantes comportamentos como a memorização, repetição acrítica de procedimentos e truques e a criação de relatórios de atividades experimentais em que os dados sempre corroboram as teorias (Cedran *et al.* 2017).

Para Cedran *et al.* (2017), a valorização do erro e o ensino das teorias a partir do exercício de sua superação pode ser, para o professor, uma forma de reorganização de sua prática, de modo a valorizar suas concepções. Logo, é nesta perspectiva que podemos ressaltar a importância do erro para a construção do conhecimento científico.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Um grande desafio a ser enfrentado pelas Unidades de Ensino de todo país é a adaptação dos currículos no novo modelo do ensino médio. Mediante a isso, é importante destacar o papel de atividades investigativas que auxiliem na prática pedagógica e no conhecimento dos educandos.

A proposta deste trabalho consiste em elaborar uma Sequência Didática (SD) voltada a estudar a Penicilina originária do fungo *Penicillium notatum* que marcou uma época da medicina e até hoje é considerada uma das maiores descobertas científicas, visto que muitas pessoas puderam ser tratadas e curadas com a utilização deste composto.

Esta SD que contempla a área das Ciências da Natureza abordará o conteúdo de Fungos, mais especificamente o tema Penicilina para uma turma do 2º ano do Ensino Médio. Para a construção da sequência, houve um levantamento bibliográfico em livros didáticos utilizados no Programa Nacional de Livro Didático (PNLD: 2021-2023).

Com o resultado da pesquisa, será possível criar um roteiro teórico a ser adotado na primeira atividade da SD e, dessa forma, ser possível avançar as etapas seguintes. Também será permitido o uso do *Smartphone*, de modo que os alunos consigam participar desta etapa sendo também um agente investigativo.

Os conhecimentos permitirão os estudantes investigar, discutir situações-problemas e analisar cada contexto conforme os conhecimentos adquiridos, principalmente no que diz respeito aos fungos, em especial à ação da Penicilina como princípio ativo para o tratamento de infecções.

Trata-se de uma abordagem dividida em três momentos e será realizada conforme as atividades descritas a seguir no Quadro 6.1:

Quadro 6.1: Descrição das atividades a serem aplicadas na SD.

Atividades	Pressupostos epistemológicos
Abordagem teórica sobre os fungos, em especial o <i>Penicillium notatum</i> e sua participação nas descobertas e evolução científica.	Chama-se teoria um vasto campo de conhecimento que descreve e explica um conjunto de fenômenos, fornece o conhecimento dos fundamentos reais de todas as teses lançadas e reduz os descobrimentos em determinado campo e as leis a um princípio unificador único (KOPNIN, 1978, p. 237).
Realização de experimento	Nesta atividade, a experimentação cumprirá o papel de alimentar o processo de significação do mundo, a qual busca o entendimento através de uma simulação da realidade. Propõe observar o erro que culminou na descoberta da penicilina.
Atividade de pesquisa e avaliação	Realização de avaliação formativa que procura olhar o aluno como aprendiz constante. Nesse momento, fundamentado em Fleck (2010), buscaremos seguir os três tipos de fatores sociais descritos por esse autor: (1) “o peso da educação” - os conhecimentos, em sua maior parte, são constituídos de aprendizados, e não de conhecimentos novos. No entanto, a cada passagem de conhecimentos no processo de aprendizagem, o conteúdo do saber se desloca imperceptivelmente; (2) “o peso da tradição” - os conhecimentos novos sempre são predeterminados pelos antigos; (3) “o efeito da sequência do processo de conhecimento” - aquilo que foi uma vez conceituado, restringe a margem das concepções decorrentes (FLECK, 2010).

Fonte: Os autores.

Atividade 1: Abordagem teórica

Duração da aula: 02h/aula de 50 minutos cada

Conteúdo da aula: Conceitos teóricos sobre os fungos, suas ações na natureza e sua utilização na indústria de alimentos e medicação com ênfase na Penicilina.

Objetivo: Entender a participação dos fungos nos processos naturais, seu relacionamento com o meio ambiente e sua importância como ser vivo para uma das maiores descobertas da medicina.

Estratégia metodológica e fundamentação: Durante a apresentação da aula, o professor poderá iniciar a abordagem com uma apresentação do vídeo “A vida secreta dos fungos: vilões ou mocinhos?” (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Wk1YwjoR_2w), tendo em vista apresentar uma visão geral sobre esses seres vivos e assim realizar uma abordagem complementar sobre a temática. Além dessa atividade despertar o interesse do aluno, buscaremos inserir os estudantes no campo epistemológico ao abordar, com base em Gil-Pérez *et al.* (2001), as características essenciais do trabalho científico: (i) O reconhecimento de que existe uma variedade de métodos empregados pelas diversas ciências, admitindo-se um pluralismo metodológico; (ii) A rejeição de uma visão empírico-indutivista, aceitando-se a dependência teórica da observação e enfatizando-se o papel das teorias na atividade científica e a natureza não linear do crescimento do conhecimento científico; (iii) O reconhecimento do papel das hipóteses na prática científica, sendo estas entendidas como tentativas de respostas a problemas formulados cientificamente, que devem ser submetidas a testes rigorosos, mas jamais serão estabelecidas de maneira absoluta. Deve-se compreender, assim, a natureza conjectural do conhecimento, evitando-se concepções epistemológicas absolutistas. Desse modo, apresentando que a teoria deve anteceder a realização da observação e experimentação.

Durante a aula, o professor poderá comentar com seus alunos sobre os primeiros registros que relatam a presença do fungo na natureza, bem como levantar um pequeno histórico de como estes seres vivos impactam o modo de vida das pessoas, seja de maneira benéfica ou maléfica, desde os tempos antigos até os atuais.

Esta abordagem é necessária para, de fato, incluir o conteúdo sobre a descoberta da Penicilina ocorrida acidentalmente pelo bacteriologista escocês Alexander Fleming, em 1928. Neste momento, os alunos receberão um material/apostila, montado pelo professor, contendo informações acerca da descoberta de Fleming e suas implicações sociais, culturais e na medicina. Com este

roteiro, os alunos poderão levantar questionamentos a serem respondidos e discutidos coletivamente com o professor. É importante destacar que essa atividade traz o aluno como participante ativo de sua aprendizagem e o permite ser além de espectador. Ao final da aula, em algum local da sala, será colocado, pelo professor, copos de plásticos contendo mingau de amido de milho para a realização do experimento da atividade 2. É importante não revelar ao aluno o motivo de os recipientes serem deixados neste local, ambos identificados, e proibidos de serem manuseados, para que assim possa ser levantada a curiosidade, ponto fundamental de discussão para o próximo encontro.

Recursos didáticos: Livro didático, aparelhos de multimídia, computador e *smartphone*.

Avaliação: A avaliação desta atividade será realizada após o cumprimento da segunda atividade da SD, já no terceiro encontro.

Atividade 2: Refletir e discutir o “erro” na Experimentação

Duração da aula: 02h/aula de 50 minutos cada

Conteúdo da aula: Conceitos práticos de crescimento de fungos em meio de cultura tendo como fonte de nutrientes o mingau de amido. Neste ponto, será abordado como o erro no experimento de Fleming provocou um avanço imensurável para a medicina, logo, enfatizando que: “o conhecimento humano é uma busca sem fim que leva a resultados provisórios, não à verdade” (Martins, 2007, p. 10). Nesse sentido, apresenta um conhecimento dinâmico que pode ser transformado a qualquer momento. O erro, portanto, é parte do processo de construção do conhecimento, defendido também por Bachelard (1996), que destaca o erro como tendo papel importante no progresso da ciência, por exigir um processo que pode impulsionar o cientista à precisão discursiva e social, subsidiando o desenvolvimento de técnicas e teorias.

Objetivo: Entender de que forma ocorre o crescimento de uma população fúngica em um meio de cultura e relacionar ao crescimento do fungo *Penicillium notatum* no meio de cultura de bactérias proposto por Fleming em 1928.

Estratégia metodológica e Fundamentação: Como proposto no final da atividade 1, será colocado em algum espaço da sala copos de café contendo mingau de amido, o qual servirá para análise em microscópio nesta parte da atividade.

Para a preparação da atividade será necessária a preparação com antecedência do mingau com o amido de milho e um copo de água, levando ao fogo até engrossar. Posteriormente, colocar em 2 copinhos de café até a metade de sua capacidade, ambos enumerados. Um dos copos deve estar coberto com papel filme após esfriar, e o outro ficará aberto, exposto totalmente aos efeitos do ambiente.

Ao chegar na sala, o professor poderá perguntar aos alunos o que eles observaram durante a semana em relação àquele meio de cultura que ficou exposto na sala. Espera-se que estes falem sobre a mudança no aspecto do mingau e no aparecimento de manchas na parte superior, que, por sua vez, é uma população de fungos que cresceu durante o tempo que o mingau ficou exposto ao ambiente.

Após a observação visual a olho nu, os alunos poderão realizá-la também através da microscopia óptica; assim, uma parte do mingau deverá ser colocada em placas petri e, com o auxílio de pinças, serem coletados pequenos micelos e colocados nas lâminas para observação através das lentes do microscópio. Para melhor visualização, deverá ser pingada uma gota de água em cima de cada cultura com o auxílio de uma pipeta, antes de ser levada ao microscópio. Nesta parte da atividade, espera-se que os alunos possam participar ativamente, inclusive nas montagens das lâminas. Não é necessário um espaço laboratorial, apenas se exige que haja um microscópio na escola.

Durante a realização da atividade, comparações com a descoberta da penicilina devem ser realizadas, sempre enfatizando ao aluno os efeitos que os fungos causam ou causaram em seus meios de cultura, seja ele um mingau, uma bactéria ou qualquer outro local do qual possam atuar como decompositores.

Recursos didáticos: Mingau de amido, microscópio óptico, placas de petri, lâminas, lamínulas, pinça, água, copinhos de café.

Avaliação: A avaliação se dará no envolvimento da turma na realização da atividade de experimentação e nas discussões das questões levantadas durante a prática proposta para visualização em microscopia óptica. Será do tipo formativa.

Atividade 3: A descoberta da penicilina como um marco histórico para a comunidade científica

Duração da aula: 02h/aula de 50 minutos cada

Conteúdo da aula: Pesquisa coletiva e formalização dos resultados das atividades anteriores.

Objetivo: Fortalecer o aprendizado sobre fungos, sua importância econômica e social, sobretudo, ao uso do fungo *Penicillium* para a produção de medicamentos antibióticos, além de favorecer uma discussão a respeito do papel da História e Filosofia da Ciência na formulação do conhecimento científico.

Estratégia metodológica e fundamentação: Nesta atividade, os estudantes poderão assumir o papel de pesquisador; assim, o professor irá propor que eles se dividam em grupos para realizar uma pesquisa bibliográfica no laboratório de informática da unidade escolar, tendo como objetivo levantar possíveis colocações de estudiosos e suas opiniões sobre a importância da experimentação e o papel do erro nas grandes descobertas científicas. Será dado um tempo de 40 minutos para o levantamento dos dados e, logo após, cada grupo montará um mapa mental utilizando recursos digitais como *Power Point*, em que serão apresentadas as principais concepções epistemológicas encontradas nas discussões. Assim, espera-se que, ao final do terceiro encontro, as discussões sobre o papel dos fungos, sobretudo o *Penicillium*, possa se apresentar não somente como um fato de grande relevância histórico/social, mas como algo que promova o envolvimento da ciência e os agentes nela incluso em situações que fomentam os rumos das discussões científicas e assim apresentar que a Ciência vive em constante transformação.

Recursos didáticos: Computador e Internet.

Avaliação: Observação sistemática, dando importância na construção do conhecimento científico do aluno mediante estudos e esquemas apresentados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que com o desenvolvimento deste trabalho possam existir discussões mais elaboradas a respeito do erro nas descobertas científicas e seus impactos na sociedade. Para tanto, espera-se que a SD apresentada permita que os educadores/educandos possam entender que a ciência é algo mutável e nem sempre é esclarecida apenas no contexto apresentado nos livros didáticos. Para isso, é de suma importância promover discussões teóricas que envolvam atividades práticas de simulação experimental, de modo a aproximar o aluno da realidade da construção científica em diferentes épocas.

Consideramos que a SD, apresentada neste capítulo, busca evidenciar as contribuições e importância da história e filosofia da ciência, com intuito de promover discussões sobre a descoberta da Penicilina por Alexander Fleming por meio do crescimento da cultura de um fungo micro-organismo.

O entendimento de que é importante a realização de práticas experimentais no ensino das Ciências é praticamente unânime entre professores. Desse modo, espera-se como resultado da aplicação da SD promover a educação científica através da contextualização e avaliação dos conceitos vinculados ao Reino Fungi, contribuindo para uma formação de estudantes mais conscientes, críticos e cidadãos, uma abordagem teórica sobre os fungos, em especial o *Penicillium notatum*, e sua participação nas descobertas e evolução científica, além de potencializar a empatia e a relevância da HFC para o ensino de fungos na educação básica e as discussões acerca da construção da Ciência.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. **A Formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BIZZO, N. **Metodologia de ensino de biologia e estágio supervisionado**. São Paulo: Ática, 2012.

CEDRAN, D. P.; LINO, A.; NEVES, M. C. D.; KIOURANIS, N. M. M. A natureza da Ciência e o erro: reflexões sobre o conto “Ótima é a Água” por alunos de Ensino Médio. **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v.12, n. 1, p. 43-56, 2017.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 10, n. 10, p. 43-49, nov. 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em: 11 de mar. 2022.

IZAIAS, R. D.; MELO, M.; PINTO, M. F. Análise da experimentação em livros didáticos produzidos em diferentes contextos. **Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, v. 8, n. 1, 2015. Acesso em: 10 de mar. de 2022.

KRASILCHIK, M. **Práticas de ensino de biologia**. São Paulo: Edusp, 2008.

KUHN, T. S. **The Structure of Scientific Revolutions**. London: University of Chicago Press, 1970.

MALDONATO, M.; DELL’ORCO, S. Criatividade, pesquisa e inovação: o caminho surpreendente da descoberta. **B. Téc. Senac: a Revista de Educação Profissional e Tecnológica**. Rio de Janeiro, v. 36, n. 1, jan.-abr. 2010

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia, **Revista do Núcleo de Educação a Distância da Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 355- 381, 2016.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PRAIA, J. F.; CARRELHAS, A. F.; PÉREZ-GIL, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciências, **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002.

REZENDE, J. M. À sombra do plátano: crônicas de história da medicina [online]. São Paulo: Editora Unifesp, 2009. Fleming, o acaso e a observação. pp. 241-243. ISBN 978-85-61673-63-5. Available from SciELO Books.

SILVA, V. G. **A importância da experimentação no ensino de Química e Ciências**. 2016. 42 f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru, 2016.

ZAPPE, J. A.; SAUERWEIN, I. P. S. Os pressupostos da educação pela pesquisa e o ensino de fungos: o relato de uma experiência didática, **Revista eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 476-490, 2018.



7 A QUEM PERTENCE A RELAÇÃO PERÍODO-LUMINOSIDADE? UTILIZAÇÃO DE JÚRI SIMULADO COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA DE DEBATE SOBRE A CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA

Bárbara de Almeida Silvério¹
Marina do Nascimento Santos²
Camila Maria Sitko³

INTRODUÇÃO

Existem diversos tipos de discurso sobre a legitimação da desigualdade de gênero. A mitologia é talvez o mais antigo. Na Grécia, por exemplo, os mitos contavam que, devido à curiosidade própria de seu sexo, Pandora tinha aberto a caixa de todos os males do mundo e, em consequência, as mulheres foram consideradas responsáveis por haver desencadeado todo tipo de desgraça. Já na tradição judaico-cristã, no relato da expulsão de Eva do Paraíso, Eva é a “Pandora”, pois por sua culpa fomos desterrados do Paraíso. A filosofia tem servido, em muitos casos, ao longo de sua história, para justificar a desigualdade entre os sexos. Porém, ainda que a Filosofia tenha um caráter ideológico, pode também possuir um potencial emancipatório que se encontra em sua força crítica.

Apesar da discriminação sofrida pelas mulheres no caminho da filosofia, é notável que ao longo da história da filosofia, certas mulheres aparecem como

-
- 1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 - 2 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 - 3 Professora no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

criaturas humanas que procuraram pela sabedoria e trilharam os passos da Ciência. Assim, neste capítulo, será realizada a proposta didática de um júri simulado, utilizando o episódio histórico do caso de Henrietta Leavitt.

Aqui abordaremos a invisibilidade de uma mulher quanto aos seus estudos. Henrietta Leavitt foi uma das calculadoras do Observatório de Harvard e foi responsável pelo estabelecimento da Relação Período-Luminosidade de estrelas variáveis, porém, muitas vezes esta relação foi atribuída a Harlow Shapley, diretor do Observatório. Tendo em vista esta contestação de prioridade, buscamos apresentar, para discentes de Ensino Superior, especificamente das Licenciaturas em Ciências Naturais, Biologia e Física, a construção histórica de um fato científico através da utilização de um júri simulado.

UM BREVE HISTÓRICO DE HENRIETTA LEAVITT E A RELAÇÃO PERÍODO-LUMINOSIDADE

Henrietta Swan Leavitt nasceu em 4 de julho de 1868, em Lancaster – Estados Unidos, estudou na Radcliffe College, uma das primeiras instituições de Ensino Superior para mulheres. Foi contratada para trabalhar no Observatório da Universidade de Harvard em 1895, sob direção do astrônomo de Edward Pickering (1846-1919). Nesse local, trabalhou como calculadora, catalogando e classificando estrelas, principalmente estrelas variáveis. Faleceu, vítima de uma longa jornada contra o câncer, em 12 de dezembro de 1921, em Cambridge – Estados Unidos.

Na Astronomia, até aquele momento, observava-se tal variabilidade estelar através de placas fotográficas, comparando-se o tamanho de determinada estrela com outras fixas próximas a ela. Esse tamanho se refere à magnitude aparente, ou à luminosidade da estrela. As estrelas variáveis, como o nome sugere, são aquelas que possuem brilho, ou luminosidade, que varia ao longo do tempo, como, por exemplo, as novas e supernovas. A observação de estrelas novas no céu “contribuiu para o debate sobre os modelos cosmológicos durante a Revolução Científica dos séculos XVI e XVII” (Machado, 2020, p. 9), pois, até então, defendia-se a perfeição e imutabilidade do universo. A detecção de supernovas tornou-se argumento contra a cosmologia tradicional e a favor do heliocentrismo de Copérnico.

Mas, diferentemente das novas e supernovas, outros tipos de estrelas também exibem um ciclo de alteração na intensidade luminosa, neste caso, não tão abrupta. Essas variações podem ser causadas por pulsações regulares, eclipses em sistemas binários, manchas na superfície da estrela em rotação, ou ainda, por processos que causam flutuações irregulares, como a liberação súbita de energia na superfície ou a ejeção de matéria que bloqueia a passagem de luz. Não há um padrão de variação, de forma que as estrelas podem variar seu brilho de modo bastante reduzido ou muito perceptível, e essa mudança pode se repetir no intervalo de alguns segundos ou em até mesmo séculos. A análise dessa variação de brilho permite deduzir diversos parâmetros das estrelas, como massa, raio, luminosidade e rotação; grupos de estrelas variáveis cefeidas⁴ permitem inclusive determinar distâncias no Universo (Machado, 2020).

Henrietta Leavitt catalogou milhares dessas estrelas. Um de seus trabalhos divulgados foi o “1777 Variáveis nas Nuvens de Magalhães”, de 1908, no qual ela apresentou dados como os das magnitudes mínimas e máximas, e localização de estrelas variáveis na Pequena e na Grande Nuvem de Magalhães. Ao final desse texto, Leavitt apresenta uma hipótese quanto aos períodos de variação das estrelas, afirmando que “as variáveis mais brilhantes possuem os períodos mais longos” (Leavitt, 1908, p.107).

Partindo dessa hipótese, ela produziu um segundo trabalho, intitulado “Período de 25 variáveis na Pequena Nuvem de Magalhães”, em 1912. Neste, Leavitt analisou mais a fundo esses períodos de variações de brilho, produziu gráficos de período *versus* magnitude e constatou que realmente existia uma relação logarítmica de que quanto maior fosse o brilho de uma estrela variável, maior seria o seu período de variação.

4 Estrelas variáveis cefeidas correspondem a um grupo estelar de estrelas pulsantes radiais e de periodicidade constante, ou seja, para qualquer lugar que se olhe da estrela, seu brilho varia da mesma forma e com a mesma regularidade sempre.

Figura 7.1: Gráficos de Luminosidade versus Período (Fig. 1) e Luminosidade versus logaritmo de Período (Fig. 2) de 25 estrelas variáveis na Pequena Nuvem de Magalhães.

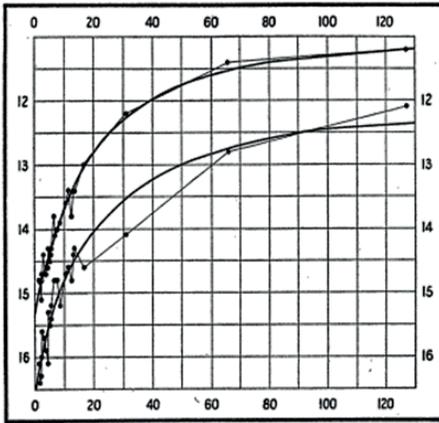


FIG. 1.

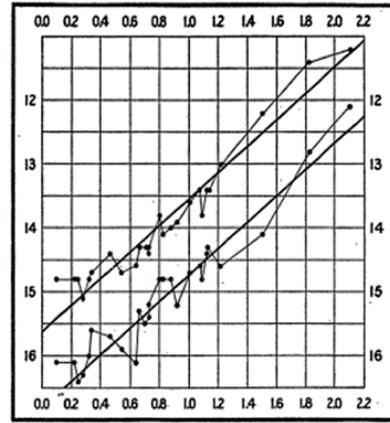


FIG. 2.

Fonte: Leavitt (1912).

A partir da relação período-luminosidade, primeiramente apresentada por Henrietta Leavitt, vários astrônomos escreveram sobre as relações entre período e outras características de estrelas variáveis, dentre elas, a luminosidade. Alguns dos nomes mais conhecidos na área foram Harlow Shapley (1885-1972), Edwin Hubble (1889-1953) e Henry Russell Norris (1877-1957). Shapley foi diretor do Observatório de Harvard entre os anos de 1921 e 1952, detinha-se nos estudos de distâncias no Universo, e dentre suas contribuições mais citadas está a “curva período-luminosidade”, um gráfico que, como o nome sugere, apresenta uma curva que relaciona período e luminosidade de estrelas variáveis, tal qual as figuras 1 e 2 de Leavitt (Figura 7.1 deste texto).

Em razão dos estudos empregados por ele e por conta da utilização desse tipo de gráfico, Harlow Shapley foi muito citado como referência acadêmica na área. Observando trabalhos de outros autores publicados entre as décadas de 1910 e 1950, e outros documentos que discutem a vida e trabalho de Henrietta Leavitt, nota-se divergência na prioridade da relação período-luminosidade entre Leavitt e Shapley⁵.

5 Todos esses documentos podem ser consultados na pasta do Google Drive, criada pelas autoras deste capítulo: <https://bit.ly/Sobre-Henrietta-Leavitt>.

COMO INTERPRETAR O PROBLEMA HISTÓRICO DE LEAVITT

Estudar um conceito a partir de uma reconstrução histórica permite observar a ciência como ela é feita, não apenas como algo pronto. Nesse sentido, Bruno Latour (2003) defende que para tentar entendermos a ciência, é necessário observá-la em construção, e não sua grandiosidade quando está “acabada”. Um exemplo dessa construção é o que se apresentou até aqui sobre a Relação Período-Luminosidade, a partir da qual é possível discutir qual pessoa teria maior relevância quanto a este conceito: Henrietta Leavitt, por ter sido a primeira a apresentar a relação, ou Harlow Shapley, por ter aprofundado os estudos na área e ter sido mais citado pelos pares acadêmicos.

O primeiro ponto que pode ser levantado em uma discussão como esta é a questão de gênero, pois discute-se a prioridade entre um homem e uma mulher. É comum se pensar que a ciência é desprovida de qualquer tipo de preconceito ou desigualdade, que a ciência é algo neutro. No entanto, as problemáticas sociais também a afetam, dado que, como apresentam as epistemologias feministas (Schienbinger, 2001; Dorlin, 2009), existe uma relação entre sistema de produção e patriarcado, por meio da divisão sexual do trabalho, que se refere à designação dos homens à esfera produtiva e das mulheres à esfera reprodutiva. Aos homens, ficaria destinada a força de trabalho com valor social agregado, como ciências, políticas, religião etc., e às mulheres, os afazeres domésticos, o serviço familiar. Ou seja, para a visão tradicional, ciência não é considerada “lugar de mulher”, mas um espaço apenas para homens. A ciência é produzida sob um privilégio epistemológico de um grupo dominante, que entrelaça saber e poder, e propaga uma ideia de que a produção científica não se relaciona ao mundo social e político; portanto a ciência dominante é a-subjetiva. Ela é pensada para e por homens e justamente por isso apresenta a maior relevância de situações feitas por homens e omite o que é feito por mulheres (Dorlin, 2009).

Londa Schienbinger (2001) apresenta a ideia de que mulheres elaboram a ciência de forma diferente dos homens, de forma mais persistente e atenta a detalhes. Para ela, essa forma de fazer ciência pode alterar o que cientistas estudam. Porém, para que uma mudança ocorra, é necessária uma alteração na ordem estrutural de cultura e métodos da ciência. A catalogação de estrelas

era um processo já realizado há muito tempo por diversas pessoas, muito antes de Henrietta Leavitt, mas apenas ela, no início do século XX, notou a relação existente entre o brilho de estrelas variáveis e seus períodos de variação.

Evelyn Fox Keller (1983) defende que mulheres, com as características associadas a elas, possuem métodos próprios distintos de pesquisa e por esse motivo chegam a conclusões diferenciadas. Isso não significa que mulheres, apenas por serem mulheres, possuem métodos próprios, mas que, por desenvolverem certos valores tradicionalmente associados ao feminino, chegam a caminhos diferentes. Em linhas gerais, mulheres seriam mais persistentes e pacientes, e conectam-se mais profundamente ao tema pesquisado, ao invés de tentar controlá-lo. Não existe um conjunto de qualidades explicitamente femininas que levam à criação de um novo método de fazer ciências: o que existe são mulheres olhando para questões de forma diferente através dos mesmos métodos já bem estabelecidos, mas que levam a resultados diferentes.

Bruno Latour (2003) alerta que o que entende-se como qualidade de uma determinada informação depende do contexto, do local, da oportunidade e do prestígio das pessoas que falam e do que elas dizem. Algo que para uma ciência “acabada” é fato incontestável, para a ciência em construção é frágil e até mesmo duvidoso; além disso, a ciência construída por uma mulher apresenta um recorte ainda mais específico.

Questões como eficiência de uma tarefa só podem ser solucionadas quando a tarefa está pronta, assim como a funcionalidade. Um objeto ou conceito, enquanto está em construção, não convence nenhum grupo que tenha interesse nele, mas, após pronto, após se tornar uma caixa preta⁶, transforma-se em algo interessante. É o que se observa na Relação Período-Luminosidade: enquanto era apenas uma “ideia” observada com um pequeno conjunto de estrelas, não era algo que “chamasse atenção”, mas a partir do momento que foi sendo utilizada para verificar informações de mais objetos no Universo, ganhou mais notoriedade e prestígio. Outra forma de interpretar a formação de caixa preta neste caso leva à questão de gênero em consideração. Enquanto uma mulher (Henrietta Leavitt) apresentou seus dados, a relação entre período

6 Caixa preta, para Bruno Latour (2004), corresponde ao conceito ou objeto que já se encontra bem estabelecido em seu meio de interesse. Uma caixa preta seria como um dogma, algo do que não se apresenta intenção de saber sobre sua construção e que atores estiveram presentes nela. Só é necessário saber como utilizar o conceito ou objeto ao qual corresponde.

e luminosidade de estrelas variáveis foi considerada “inacabada”, mas a partir do momento em que um homem (Harlow Shapley) apresentou dados e gráficos semelhantes, o conceito de Relação Período-Luminosidade se tornou uma caixa preta, um conceito de interesse.

Como forma de iniciar uma discussão nesses aspectos, que levem em consideração a construção da ciência enquanto parte social de grupos, e que entre estes grupos há mulheres que apresentam suas próprias visões de ciência e de como a ciência e os cientistas as veem, apresenta-se como proposta didática a utilização do júri simulado, estratégia de ensino que se permite tratar de um assunto polêmico ou que, perceptivelmente, divide opiniões, e pode gerar várias concepções de um mesmo tema, como forma de se explorar tal temática em sala de aula.

JÚRI SIMULADO

Pesquisadores do campo educacional têm defendido o uso de metodologias ativas (Araújo; Mazur, 2013; Bacich; Moran, 2017; Moran, 2015) como enfrentamento ao desafio de envolver os alunos nas atividades de sala de aula, tirando-os de suas posturas tradicionalmente passivas.

As atividades lúdicas podem ser uma maneira de despertar um interesse que é próprio do ser humano e que poderia permanecer latente caso só fossem utilizadas aulas expositivas (Oliveira; Soares, 2005). Essa pode ser também uma estratégia para diminuir o distanciamento entre professor e aluno; porém, a implementação dessa metodologia é complexa porque necessita do professor uma organização e visão que vão além dos métodos expositivos (Moran, 2015).

O júri simulado é uma estratégia de ensino a ser adotada quando se trata de um assunto polêmico ou que, perceptivelmente, divide opiniões. Isso porque permite que sejam discutidos vários pontos de um mesmo tema, auxiliando no processo de construção e desconstrução de conceitos. Além disso, a atividade instiga o senso crítico, a participação, a reflexão e convida outros professores a participarem.

Além disso, no que se refere ao Ensino de Ciências, as atividades de júri simulado têm muito potencial para propiciar aos estudantes a vivência da prática científica, no sentido de debater, posicionar-se e defender ideias, visto que a Ciência é construída por meio da argumentação. Essa habilidade também é

importante para o desenvolvimento da cidadania dos estudantes, pois a capacidade argumentativa é crucial para o exercício da cidadania nos espaços públicos de poder.

E uma recomendação que se observa na literatura é a inserção de questões sociocientíficas (QSC) na prática pedagógica como um meio para o desenvolvimento dessas práticas argumentativas em sala de aula (SADLER, 2004; BERNARDO, 2012). Para Ratcliffe e Grace (2003), as QSC são indagações que têm como base a Ciência e que, devido ao seu poder de formar opiniões baseadas no raciocínio e na ética, são capazes de causar um impacto potencialmente grande na sociedade.

As atividades argumentativas envolvendo debates sobre QSC podem trazer resultados satisfatórios como estratégias para a Educação Científica em disciplinas como Física, Química e Biologia. Assim, de acordo com Vieira (2011), o aluno poderá defender e oferecer justificativas para a explanação que ele não necessariamente concorda em prol do desenvolvimento da argumentação e do aumento da complexidade das alegações apresentadas.

Portanto, quanto às críticas sobre o uso de atividades que envolvam o lúdico para o ensino, que argumentam que o marcante para os estudantes é a atividade e não os conteúdos abordados, Oliveira e Soares (2005) defendem que a atividade é caminho para que o aluno volte ao conteúdo. Porém, pode-se ainda, a partir do conteúdo, retornar às atividades. Assim sendo, os autores afirmam que, na verdade, conteúdos e atividade, quando trabalhados conjuntamente, acabam por ser indissociáveis.

Para Anastasiou e Alves (2009), um júri simulado é uma simulação em que, a partir de um assunto divergente, são apresentados argumentos de defesa e de acusação a esse problema. Os alunos são reunidos em grupos e seus papéis previamente distribuídos dentro do caso trabalhado, e o grupo analisa e avalia os fatos reais de um problema de forma objetiva, através dos argumentos de defesa e acusação.

Os objetivos principais desse método são levar os alunos à reflexão filosófica e científica a respeito de temas que demandam uma análise teórica maior; além disso, estimular nos alunos a integração, o senso crítico, a capacidade argumentativa e a retórica (Mitre *et al.*, 2008).

As adaptações para a metodologia do júri simulado ficam a critério do professor, que é o responsável pela aplicação e andamento da metodologia em sala de aula. A proposta apresentada a seguir destina-se a alunos de graduação nas Licenciaturas em Ciências Naturais, Biologia e Física por conta do assunto a ser abordado fazer parte da Astronomia, uma das ciências estudadas na referida licenciatura.

Júri simulado: A quem pertence a descoberta da relação período-luminosidade?

1ª etapa: Esta primeira etapa consiste na exposição do que seria a metodologia, suas etapas de aplicação. Para iniciar a atividade, retomar com os alunos os estudos realizados anteriormente sobre a descoberta da relação período-luminosidade. Solicitar que consultem o material disponibilizado pelo professor e questionar sobre a relação período-luminosidade. Questionar se há certeza a respeito das conclusões a que Henrietta Leavitt chegou e informe-os de que participarão de um tribunal do júri que irá julgar de quem é a maior relevância sobre a relação, se ela, quem primeiro apresentou a ideia, ou se de outros astrônomos que melhoraram a ideia.

Explique aos alunos que um tribunal do júri geralmente é composto de:

Um juiz: responsável pelo andamento do júri, que faz as intervenções necessárias para que tudo ocorra da forma mais organizada possível. É ele quem determina a pena, caso o réu seja considerado culpado. O professor pode personificar a função de juiz;

Jurados: responsáveis por analisar os fatos expostos e, ao final, dar o veredito (“culpado?”; “inocente?”; “vencedor?”);

Advogados de defesa: defendem o acusado (réu) com base em argumentos coerentes, provas e apresentação de relatos de testemunhas;

Promotores: fazem a acusação, buscam condenar o réu por meio de argumentos coerentes, provas e apresentação de relatos de testemunhas;

Testemunhas: fornecem argumentos que podem reforçar a suposta inocência do acusado, ou sua responsabilidade; as testemunhas não podem apresentar falso testemunho, ou seja, não podem mentir nem para proteger o réu nem para culpá-lo.

2ª etapa: Organizar os alunos em dois grupos. Explicar que ambos irão realizar uma pesquisa em casa sobre a relação período-luminosidade. O professor pode sugerir fontes de pesquisa confiáveis aos alunos e os acompanhar no decorrer da atividade para orientá-los a coletar subsídios que sirvam de argumentos para o júri simulado. Um meio de começar a construir argumentos está na leitura dos documentos da pasta no Google Drive: <https://bit.ly/Sobre-Henrietta-Leavitt>. Nele encontram-se artigos originais de Henrietta Leavitt, Harlow Shapley e outros pesquisadores da época que estudaram as relações entre características de estrelas variáveis, resumos de todos estes artigos, resumos de livros que abordam a biografia de Leavitt, cartas sobre sua obra, artigos que discutem a questão de gênero na ciência e as diferentes formas de se fazer ciência.

3ª etapa: O professor verifica as anotações dos alunos e questiona se eles se consideram preparados para enfrentar o tribunal. Se for possível, pode-se solicitar a alguns alunos que filmem o julgamento com a câmera do telefone celular e depois editem a filmagem, destacando as partes principais.

4ª etapa: Definir a função dos alunos no júri simulado e enfatizar que o juiz deve pedir ordem para que não ocorra desorganização no tribunal. Destaque também que todas as intervenções devem seguir a ordem de fala, e todos devem se tratar com respeito.

Dando continuidade, o professor/juiz apresenta o caso e passa a fala aos alunos/advogados escolhidos pelo grupo, para que façam suas considerações iniciais.

Solicitar aos grupos que tenham em mãos os subsídios referentes a cada uma das teorias, uma em defesa da prioridade de Henrietta Leavitt sobre a descoberta da relação período-luminosidade e outra contrária a ela, e determinar 10 minutos para cada exposição. Ao final desse tempo, os jurados devem decidir qual grupo defendeu melhor seu ponto de vista. O professor pode fazer intervenções para o bom andamento da atividade se for necessário.

Ao final da atividade, o professor abre para uma discussão sobre a importância de uma ciência coletiva, que não omita as mulheres na produção do conhecimento científico, e que não traga um único ou única cientista como construtor da ciência, pois essa ideia é ingênua acerca de como realmente funciona o trabalho científico. É importante frisar que não existe um vencedor

na prioridade de período-luminosidade, pois muitos contribuíram para esse estudo e, portanto, não há vencedor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Lenoir Pessati. Estratégias de ensinagem. *In: Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula*. 5. ed. Unlville, 2009.

ARAÚJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem em física. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.

BACICH, Lilian; MORAN, José. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. 1 ed. Porto Alegre: Penso, 2017.

BERNARDO, JRR. The pre-service physics teacher and the challenge of the socio-scientific issues-based approach. *In: E-Book from The European Science Education Research Association Conference-Esera*. 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria Nacional de Educação Básica. **PCN+** - Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEF, 2004.

DORLIN, Elsa. **Séxo, género y sexualidades**. Introducción a la teoría feminista. 1 ed. Buenos Aires: Nueva Visión, 2009. 128 p.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros mundo afora. São Paulo: Editora Unesp, 2000, p.438.

LEAVITT, Henrietta Swan. **1777 variables in the Magallanic Clouds**. Cambridge, 1908.

LEAVITT, Henrietta Swan; PICKERING, Edward. **Circular 173**: Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud. Harvard Observatory - Cambridge, 1912.

KELLER, Evelyn Fox. **A feeling for the organism**: the life and work of Barbara McClintock. 235 p. San Francisco: Freeman, 1983.

MACHADO, Daniel Iria. Estrelas variáveis no contexto educacional: uma proposta envolvendo a observação de cefeidas clássicas no ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, [S.L.], n. 28, p. 7-25, 31 jan. 2020.

MITRE, Sandra Minardi *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência & Saúde Coletiva**, 13 (Sup 2), p. 2133-2144, 2008.

OLIVEIRA A. S.; SOARES M. H. S. B. Júri químico: uma atividade lúdica para discutir conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, 2005.

RATCLIFFE, Mary; GRACE, Marcus. **Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues**. UK: McGraw-Hill Education, 2003.

SADLER, Troy D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. **Journal of research in science teaching**, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.

SCHIENBINGER, Londa. **O feminismo mudou a ciência?** Bauru: EDUSC, 2001, 384p.

VIEIRA, Rodrigo Drumond. **Discurso em salas de aula de ciências: uma estrutura de análise baseada na teoria da atividade, sociolinguística e linguística textual**. Orientadora: Silvania Sousa do Nascimento. 2011. 139 f. 2011. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.



8 UMA PROPOSTA DIDÁTICA-HISTÓRICA-FILOSÓFICA PARA O ESTUDO DA TEORIA ATÔMICA DE BOHR

*Luciene Costa Santos¹
Jacqueline Soares Carvalho²
Lucas Felipe Reis de Sousa³
Alessandro Tomaz Barbosa⁴*

INTRODUÇÃO

Os livros didáticos (LD) ainda são um instrumento pedagógico muito utilizado para mediar o processo de ensino e aprendizagem na Educação Básica. A discussão e implementação do LD no Brasil iniciou-se em meados da década de 1930. Ao término da ditadura militar, teve suas ações vinculadas ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), instituído pelo Ministério da Educação (MEC) em 1985 com objetivo de “subsidiar a prática pedagógica dos docentes, através da distribuição de livros didáticos para a rede de educação pública de nível básico brasileira” (Bizzo, 2012, p.11).

Em 2017, foram unificadas as ações de aquisição e distribuição de livros didáticos e literários, anteriormente contempladas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e pelo Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE), transformando-se em Programa Nacional do Livro e do Material

-
- 1 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Tocantins
 - 2 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Tocantins
 - 3 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Tocantins
 - 4 Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Tocantins

Didático – PNLD, ampliando o escopo com a inclusão de materiais de apoio à prática educativa para além das obras didáticas e literárias: obras pedagógicas, softwares e jogos educacionais, materiais de reforço e correção de fluxo, materiais de formação e materiais destinados à gestão escolar.

O LD orienta as atividades que o professor irá executar ao longo do ano letivo, entretanto, faz-se necessário que o docente utilize outras fontes que complemente o processo de aprendizagem. O fato de muitos professores tomarem o conhecimento dos livros didáticos como imprescindíveis impede muitas vezes o aprofundamento de temas importantes (Tfouni; Camargo; Tfouni, 1987).

Mas é necessário que os livros didáticos estejam em consonância com as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino dos objetos de conhecimentos das áreas, apresentando o objetivo de estudo de forma contextualizada, interdisciplinar e considerando o contexto histórico e filosófico.

Matthews (1995) destaca que a forma como se apresenta a História da Ciência no ensino de Química isola o fato científico do contexto em que se originou. Nessa linha, é preciso que o docente aproxime o conhecimento científico obtido no passado com os atuais, levando os estudantes a participarem ativamente do processo por meio de debates e análises. Dessa forma, é fundamental o ensino das ciências por meio da História e Filosofia da Ciência (HFC).

Conhecer o contexto em que foram produzidas as ideias científicas é algo que deve fazer parte da abordagem do professor, promovendo a compreensão da evolução de conceitos e mecanismos de modificação conceitual dos estudantes de maneira significativa.

Com base nisso, definimos nossa questão de pesquisa da seguinte maneira: Como a teoria atômica de Bohr tem sido abordada nos livros didáticos da 1ª série do Ensino Médio sob o olhar da HFC? Para tanto, objetivamos elaborar uma proposta didática que proporcione uma leitura histórica e filosófica sobre a teoria atômica de Bohr nos livros didáticos de Química. Apresentaremos na próxima seção os encaminhamentos metodológicos percorridos para o desenvolvimento e constituição da pesquisa.

A TEORIA ATÔMICA DE BOHR SOB A ÓTICA DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

A história da ciência enfatiza a necessidade de se tentar compreender a ciência da forma que ela é produzida, como ela tem evoluído com tantas descobertas e quais foram as contribuições dos cientistas na construção do conhecimento. É relevante destacar que a história da ciência passa por período de transformações, que se torna favorável para novas teorias.

A história não se apresenta simplesmente aos olhos do espectador; ela tem que ser fabricada. Fontes e materiais têm que ser selecionados; perguntas devem ser construídas; decisões sobre a relevância das contribuições de fatores internos e externos para a mudança científica devem ser tomadas. Todas essas questões, por sua vez, sofrem influência das visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas do historiador. Num grau ainda maior, sofrem influência da teoria da ciência, ou da filosofia da ciência, em que o historiador acredita (Matthews, 1995, p.174).

O filósofo Imre Lakatos defende a utilização da história que procura uma reconstrução racional do passado e apresenta as ideias, os fenômenos e as teorias que contribuíram na construção das teorias atualmente aceitas pela comunidade científica.

No livro “A crítica e o desenvolvimento do conhecimento” (Lakatos; Musgrave, 1979) há uma seção em que Lakatos acompanha como se desenvolve o programa de pesquisa de Bohr que se intitula: “Bohr: um programa de pesquisa que progride sobre fundamentos inconsistentes”.

Bohr, em 1913, pode até não ter pensado na possibilidade da rotação do elétron. Mesmo sem a rotação do elétron, ele já não tinha mãos a medir. Contudo, o historiador, ao descrever retrospectivamente o programa bohriano, deveria incluir a rotação do elétron, visto que a rotação do elétron se ajusta naturalmente à ideia geral original do programa. Bohr podia ter-lhe feito referência em 1913. Porque não o fez, é um problema interessante que merece ser indicado numa nota de pé de página (Lakatos, 1978, p. 41).

Nesse sentido, tendo em vista a teoria atômica de Bohr, Lakatos esclarece que o problema básico de Bohr era o enigma de como os átomos de Rutherford, minúsculos sistemas planetários com elétrons que descrevem órbitas em torno de um núcleo positivo, podem permanecer estáveis. De acordo com a bem corroborada teoria de Maxwell-Lorentz do eletromagnetismo, eles deviam desintegrar-se. No entanto, salienta que a teoria de Rutherford também era bem corroborada.

O progresso da ciência pouco se teria atrasado se nos faltassem os louváveis ensaios e erros do engenhoso mestre-escola suíço: a linha principal especulativa da ciência, levada adiante pelas ousadas especulações de Planck, Rutherford, Einstein e Bohr, teria produzido dedutivamente os resultados de Balmer, como enunciados testes de sua teoria sem o chamado ‘pioneirismo’ de Balmer (Lakatos, 1979, p. 181).

A história da ciência tenta compreender os novos fatos, como eles contribuem para a manutenção da atualidade. Kuhn (1997) valida que, além de serem construções humanas, as ciências são também e, conseqüentemente, construções sociais e históricas. Disso resulta uma nova compreensão acerca dos processos científicos.

Quando esses “novos” fatos que estavam “ali”, mas que não tinham sido “vistos”, são “descobertos”, eles obrigam a que se proceda a uma reorganização das cadeias e relações causais explicativas presentes nas narrativas históricas. Tais descobertas dependem do uso de perspectivas teóricas novas e distintas daquelas outras empregadas até então (Videira, 2007, p.121).

Segundo Lakatos (1979), a maior parte das teorias sobre o desenvolvimento do conhecimento é acerca de um conhecimento não articulado: que um experimento seja crucial ou não, que uma hipótese é muito provável à luz de uma evidência disponível ou não, que a mudança de uma problemática seja progressiva ou não, são temas que não dependem, em absoluto, das crenças, da personalidade ou autoridade do científico. Esses fatores subjetivos não despertam interesse para a história interna.

Um dos problemas mais interessantes da história externa consiste em especificar as condições psicológicas e também sociais que são necessárias

(embora naturalmente nunca suficientes) para o progresso científico; porém, mesmo na formulação deste problema externo, é preciso a presença de alguma teoria metodológica ou definição da ciência. “Os próprios problemas do historiador são determinados pela sua metodologia” (Lakatos, 1978, p. 104), e mesmo os que adotam a metodologia dos programas de investigação científica não podem explicar a aceitação ou rejeição de uma teoria sem apresentarem hipóteses psicológicas adicionais.

Ao analisar a diferença metodológica entre a incompatibilidade do programa de Prout e a do programa de Bohr, Lakatos afirma que Prout declarou guerra à química analítica de seu tempo e que a heurística positiva de seu programa se destinava a derrubá-la ou a substituí-la. Já o programa de Bohr não tinha intenção semelhante; sua heurística positiva (os átomos análogos a sistemas planetários e o ‘princípio da correspondência’, utilizado, posteriormente, na solução de alguns problemas com modelos mais sofisticados), embora bem-sucedida, deixara sem solução a incompatibilidade com a teoria de Maxwell – Lorentz. Em nota de rodapé, Lakatos afirma que, nesta época, Bohr sustentava que a teoria de Maxwell e Lorentz teria de ser ‘finalmente’ substituída, devido aos indicativos da teoria de Einstein.

A disciplina História e Filosofia da Ciência vem auxiliando na construção do conhecimento da história produzida pelos cientistas. A Ciência, segundo Kuhn (1997), é construída por meio de pesquisas fortemente baseadas em uma ou mais investigações científicas passadas. Assim, a Ciência é construída sobre paradigmas que são um conjunto de conhecimentos científicos aceitos pela comunidade científica que proporcionam, por um tempo, problemas e também suas soluções.

Apresentaremos no tópico seguinte desta seção a teoria atômica proposta por Bohr e as contribuições dos estudos de diferentes pesquisadores.

Niels Henry David Bohr (1885-1962)

Os estudos das teorias atômicas começaram com as constatações de Leucipo e Demócrito; depois John Dalton estabeleceu a primeira teoria conhecida como a teoria atômica de Dalton; posteriormente, vieram as teorias atômicas de John Thomson, Rutherford e Bohr, entre outros. Contudo, neste capítulo, nos ateremos apenas às reflexões sobre a teoria atômica estabelecida por Niels Bohr.

A teoria atômica de Rutherford foi muito criticada pela Física clássica, pois se os elétrons giravam ao redor do núcleo, eles deveriam perder energia e acabariam por cair no núcleo. Isso, evidentemente, não ocorria, pois o átomo é uma estrutura estável (Basso, 2004).

Niels Bohr, no mestrado e doutorado, desenvolveu estudos sobre o comportamento do elétron. Mas em seus estudos no doutorado ficou convencido que era necessária uma ruptura na física clássica e o estabelecimento de uma nova física. Após ser recusado por Thomson para trabalhar no laboratório de Cavendish, Bohr foi trabalhar com Rutherford nas pesquisas utilizando as partículas alfa, observando as variações da energia das partículas (Lopes, 2009).

Segundo Lopes (2009), Bohr publicou “sobre a constituição de átomos e moléculas”, no qual apresentou três artigos baseados na teoria atômica de Rutherford. Bohr desenvolveu os seus trabalhos em Copenhague e tinha uma relação de amizade e comunicação com Rutherford, realizando leituras e contribuindo com os seus trabalhos.

Para compreendermos a teoria atômica de Bohr, é necessário abordar os estudos que foram a base para a fundamentação da sua teoria. Inicialmente, devemos compreender a natureza ondulatória da luz. A onda pode ser caracterizada por meio de frequência, amplitude e comprimento. A frequência de uma é o número de oscilações por unidade de tempo, medida em hertz (Hz). O comprimento da onda é a distância entre duas cristas ou vales, podendo ser representada por λ . Vale ressaltar que a crista são os pontos mais altos e o vale são os pontos mais baixos em uma onda. A amplitude de uma onda é altura acima da linha central.

A luz tem características ondulatórias que provêm das oscilações dos campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si que se propaga no vácuo com a velocidade constante de c . A luz visível, as ondas de rádio, os raios X, micro-ondas e radiação gama são radiações eletromagnéticas (Borges, 2009).

Para constituição da teoria atômica de Bohr foi levado em consideração a natureza ondulatória da luz para explicar alguns aspectos. Porém existiam três fenômenos que não poderiam ser explicados somente pela natureza ondulatória, a saber: emissão de luz dos objetos quentes, emissão de elétrons por uma superfície metálica onde incide a luz (efeito fotoelétrico) e emissão de luz por átomos de gás excitado.

No final do século XIX, muitos cientistas estudavam o fenômeno da emissão de radiação por um corpo aquecido, tentando entender a relação entre a temperatura, a intensidade e o comprimento de onda da radiação emitida por esse corpo. Como as leis da física clássica conhecidas na época não proporcionavam explicações adequadas para tais observações, Max Planck, em 1900, tentando explicar essas emissões, formulou uma hipótese ousada para a época, admitido que a transmissão de energia entre os corpos ocorre através da troca de pacotes ou quanta de energia entre eles e que as radiações se constituíam de quanta de energia. Portanto, a energia é transferida de maneira descontínua, ou seja, quantizada. A energia estabelecida por Planck de um quantum é dada pelo produto de uma constante h , conhecida como constante de Planck, cujo valor é $6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, pela frequência da radiação. A luz, na visão de Albert Einstein, não apresenta apenas características de frequência e comprimento de onda, mas também propriedades corpusculares. Ele admitiu que a energia radiante está quantizada em pacotes de energia, chamados de fótons. Esses fótons, ao colidirem com os elétrons do metal, transferiram toda a sua energia para esses elétrons, que eram ejetados da placa metálica com determinada energia. Esse fenômeno foi chamado de efeito fotoelétrico (Borges, 2009).

Em 1913, Bohr, empregando os conceitos da física clássica e a hipótese de Planck, explicou as linhas observadas no espectro de emissão do átomo de hidrogênio e formulou os seguintes postulados (quadro 8.1).

Quadro 8.1: Teoria atômica de Bohr.

Postulados da teoria atômica de Bohr
1º) Os elétrons descrevem, ao redor do núcleo, órbitas circulares, com energia fixa e definida. Tais órbitas chamam-se órbitas estacionárias.
2º) Os elétrons movimentam-se nas órbitas circulares estacionárias e, nesse movimento, não emitem energia espontaneamente.
3º) Quando um elétron absorve energia suficiente do exterior, ele salta para outra órbita (nível) mais energético.

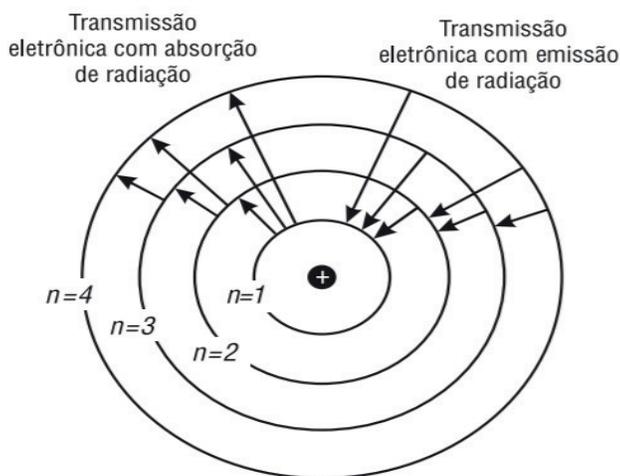
Fonte: Os autores.

Com base em seus postulados, Bohr estabeleceu a seguinte teoria atômica: os elétrons circulam nas órbitas ao redor do núcleo e cada órbita possui sua energia definida; um elétron em uma determinada órbita pode circular, pois tem energia específica e irá mantê-la se não trocar de órbita; para mudar

de órbita (nível de energia), o elétron deverá absorver ou emitir energia na forma de fóton; quando um elétron absorve uma determinada quantidade de energia do exterior (luz, calor ou eletricidade), ele salta para uma órbita (nível) mais energético (estado excitado); o elétron, excitado em uma órbita de maior energia, devolve essa energia na forma de radiação eletromagnética (luz ou calor) e salta novamente, retornando à sua órbita original; as órbitas estacionárias foram chamadas de camadas ou níveis de energia; e para os elementos químicos conhecidos, temos sete camadas, representadas pelas letras, K, L, M, N, O, P, Q, que correspondem aos níveis de energia $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, (Azevedo, 2010).

Quanto maior o valor de n mais a energia do elétron, maior é o afastamento em relação ao núcleo (Figura 8.1).

Figura 8.1: Modelo atômico de Bohr.



Fonte: Adaptado de Oliveira e Fernandes (2006).

A teoria atômica de Bohr possibilitou uma significativa mudança na forma de estabelecer a estrutura atômica e respondeu algumas indagações não solucionada por outros pesquisadores. Apresentaremos, na seção seguinte, como está sendo abordada a teoria atômica de Bohr sob o olhar da HFC nos livros didáticos de Química na 1ª série do Ensino Médio.

ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa possui uma abordagem qualitativa. Em conformidade com as considerações de Oliveira (2016), uma pesquisa qualitativa é “[...] um processo de reflexão e análise da realidade, através da utilização de métodos e técnicas para a compreensão detalhada do objeto de estudo no seu contexto históricos e/ou segundo sua estruturação” (Oliveira, 2016, p. 37).

O presente capítulo, além da introdução, dos encaminhamentos metodológicos e do capítulo teórico em que é exposto a teoria atômica de Bohr sob a ótica da História e Filosofia da Ciência, a seguir apresentamos como é retratada a HFC nos Livros Didáticos (PNLD, 2018), uma proposta de sequência didática para o ensino de teoria atômica de Bohr e, por fim, as considerações finais da pesquisa.

Nos Livros Didáticos do Programa Nacional do Livro Didático e do Material Didático (PNLD, 2018), analisamos os livros didáticos de Química escolhidos pelas unidades escolares com vigência em 2018, 2019 e 2020, a saber: Química – Editora Ática; Química – Editora Scipione; Ser Protagonista Química – Editora SM; Vivá Química – Editora Positivo; Química – Editora Moderna e Química Cidadã – Editora AJS.

A proposta da sequência didática para o ensino da teoria atômica de Bohr com a abordagem da HFC possui quatro momentos de atividades e devem ser desenvolvidas com os estudantes em três aulas de cinquenta minutos.

A ABORDAGEM DA HFC NOS LIVROS DIDÁTICOS (PNLD, 2018)

O LD ainda é, atualmente, um dos materiais didáticos mais utilizados por professores no ensino médio para o desenvolvimento do ensino de Química. Esse material busca nortear os trabalhos dos professores em relação aos objetos de conhecimentos orientados pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que devem ser estudados na educação básica.

O Programa Nacional do Livro Didático e do Material Didático (PNLD) foi desenvolvido pelo Ministério da Educação (MEC) para avaliar e disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias de prática educativa, de forma sistemática, regular e gratuita, para que as escolas públicas da educação

básica das redes federal, estaduais, municipais e distrital. Os livros vigentes nas escolas foram escolhidos pelo PNLD para serem utilizados nos anos de 2018, 2019 e 2020. Para a disciplina de Química foram aprovados os livros didáticos descritos no quadro 8.2.

Quadro 8.2: Livros didáticos aprovados pelo PNLD – 2018.

Livro	Título	Editora	Autores	Volume
1	Química	Editores Ática	Martha Reis	1
2	Química	Editores Scipione	Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado	1
3	Ser Protagonista – Química	SM	Julio Cezar Foschini Lisboa, <i>et al.</i>	1
4	Vivá - Química	Editores Positivo	Vera Lúcia Duarte de Novais e Murilo Tissoni Antunes	1
5	Química	Moderna	Carlos Alberto Mattoso Piscato, Luis Fernando Pereira, Emiliano Chemello e Patrícia Barrientos Proti	1
6	Química Cidadã	AJS	Wildson Santos e Gerson Mól (coordenadores)	1

Fonte: Os autores.

Para Quintanilha *et al.* (2008) e Niaz (2008), os livros didáticos apresentam as teorias atômicas de forma modificada e com recortes em suas histórias, deixando de evidenciar aspectos importantes no processo de construção da teoria e os fatores que contribuíram para a sua construção. Uma parte significativa dos livros analisados pelos autores apresentam uma história linear, descontextualizada, e não evidenciam os motivos que proporcionaram o estabelecimento de outras teorias. A contextualização da HFC nos livros didáticos possibilita a compreensão da ciência como um resultado do trabalho intenso e gradativo de diferentes gerações de pesquisadores, que estudaram e contribuíram para o estabelecimento das teorias atômicas.

Apresentaremos, na seção seguinte, os resultados das análises dos livros didáticos de Química da 1ª série do Ensino Médio sob a olhar da abordagem da HFC na teoria atômica de Bohr.

A ABORDAGEM DA HFC NOS LIVROS DIDÁTICOS (PNLD, 2018)

Para elaborar uma proposta didática que proporcionasse uma leitura histórica e filosófica sobre a teoria atômica de Bohr nos livros didáticos de Química, objetivo central deste capítulo, realizamos uma análise da teoria atômica de Niels Bohr em seis livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018, em que foram analisados alguns critérios, os quais são fundamentais para compreender a teoria por uma visão histórica, filosófica e não linear, a saber: contexto histórico e filosófico; biografia; imagens e descrição das experiências; aspecto coletivo da ciência; e consideração da natureza ondulatória da luz, da teoria de Max Planck para compreender as contribuições para a estabelecimento da teoria atômica de Bohr.

Quadro 8.3: Análise da Teoria de Atômica de Bohr nos livros didáticos.

Livro	Contexto histórico e filosófico	Biografia	Imagens e descrição das experiências	Aspecto coletivo da Ciência	Natureza ondulatória da luz e a teoria de Max Planck
1	Apresenta o contexto histórico e filosófico para compreender a teoria.	Apresenta a biografia do autor.	Apresenta imagens que representam os estudos e o modelo atômico.	Apresenta a teoria como um aspecto coletivo.	Considera o estudo sobre a natureza da luz e a teoria de Max Planck.
2	Apresenta o contexto histórico e filosófico para compreender a teoria.	Apresenta a biografia do autor de forma superficial.	Apresenta imagens que representam os estudos e o modelo atômico.	Apresenta a teoria como um aspecto coletivo.	Considera o estudo da natureza ondulatória da luz, o espectro eletromagnético e a teoria de Max Planck.
3	Não apresenta o contexto histórico e filosófico.	A biografia do autor não é apresentada.	Apresenta para explicar o modelo atômico.	Apresenta apenas o Rutherford como colaborador da teoria.	Não considera os estudos da natureza ondulatória da luz. Apenas cita energia quantizada, mas não mostra a sua explicação e quem estudou.

4	Não apresenta o contexto histórico e filosófico.	A biografia do autor não é apresentada.	Apresenta imagem que caracteriza o modelo.	Não apresenta a teoria como uma construção coletiva.	Não considera a natureza ondulatória da luz e apenas cita que precisa utilizar a compreensão da física quântica.
5	Apresenta o contexto histórico e filosófico.	Apresenta a biografia do autor de forma superficial.	Apresenta imagem que caracteriza o modelo atômico.	Apresenta a teoria como um aspecto coletivo.	Não considera a natureza ondulatória da luz, apenas parte da teoria de Max Planck para explicar a teoria.
6	Apresenta o contexto histórico e filosófico.	Apresenta a biografia de forma superficial.	Apresenta imagem que caracteriza os estudos e o modelo atômico.	Apresenta a teoria como um aspecto coletivo.	Considera a natureza ondulatória da luz e relata superficialmente a teoria quântica.

Fonte: Autores.

O livro *Química*, da Editora Ática, apresenta a teoria atômica com a explicação de alguns estudos que precederam a determinação da teoria com os tópicos “Investigação da natureza da luz”, “A teoria de Max Planck”, “Espectros dos elementos” e o “O modelo atômico de Bohr”. Pela descrição dos tópicos, percebemos que são considerados os estudos e cientistas, o contexto histórico e filosófico, a biografia do autor, a utilização de imagens para caracterizar os estudos e o modelo, e aborda o aspecto coletivo da ciência, sendo a teoria atômica de Bohr abordada de forma contextualizada e descritiva pelo livro.

O livro *Química*, da Editora Scipione, apresenta a teoria atômica de Bohr com a explicação de alguns tópicos que são relevantes para a compreensão do modelo, como “Os antecedentes do modelo de Bohr”, “A luz emitida pelas substâncias e a radiação eletromagnética”, “A natureza ondulatória da luz e o espectro eletromagnético” e “Interação entre radiação e matéria, os espectros atômicos e o modelo de Bohr”. Por meio desses tópicos, os autores descrevem os estudos que foram a base para o estabelecimento da teoria atômica, apresentam um contexto histórico e filosófico, apresentam imagens que caracterizam os estudos e modelo atômico de Bohr e abordam a teoria como uma construção coletiva. A teoria atômica de Bohr apresentada é descritiva e contextualizada.

O livro *Ser Protagonista – Química*, da Editora SM, apresenta a teoria atômica de Bohr com o tópico “O modelo atômico de Rutherford-Bohr”,

mas não mostra o que não foi explicado na teoria atômica de Rutherford que impulsionou os estudos para o estabelecimento da teoria atômica de Bohr. A apresentação da teoria atômica de Bohr é feita de forma direta e superficial, iniciando com os princípios sem explicar quais estudos e cientistas contribuíram para a determinação dessa teoria, não apresenta um contexto histórico e filosófico, não apresenta a biografia do autor e considera apenas Rutherford como colaborador para a constituição da teoria.

O livro *Vivá – Química*, da Editora Positivo, apresenta a teoria atômica de Bohr como um complemento da teoria de Rutherford com o tópico “A questão não respondida por Rutherford e o modelo de Rutherford – Bohr”, justificando o que não foi explicado na teoria de Rutherford. A apresentação desta teoria é de forma superficial, não apresenta o contexto histórico e filosófico, não mostra a biografia de Bohr, apresenta a imagem apenas do modelo atômico, não mostra as contribuições de outros cientistas que contribuíram para a explicação da teoria e apenas cita a física quântica, mas não a utiliza para explicar as suas contribuições na determinação da teoria atômica de Bohr.

O livro *Química* da Editora Moderna aborda a teoria atômica de Bohr utilizando o tópico “O modelo atômico de Bohr”, que ressalta as limitações da teoria de Rutherford, apresenta a teoria de Max Planck para justificar os seus postulados, mostra o contexto histórico e filosófico, a biografia do autor e aborda a teoria como uma construção coletiva.

O livro *Química Cidadã*, da Editora AJS, expõe a teoria atômica de Bohr com o tópico “Modelo atômico de Bohr”, em que aborda os fenômenos não explicados pelo modelo atômico de Rutherford, utilizando a natureza ondulatória da luz e de modo superficial a modelo quântico, apresenta um contexto histórico e filosófico, as imagens que evidenciam os estudos e o modelo atômico.

Conhecendo os LD, elaboramos uma proposta de sequência didática, sob o olhar da HFC, que amplia os conhecimentos da construção histórica e filosófica da teoria atômica de Bohr, que será apresentado no tópico seguinte.

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TEORIA ATÔMICA DE BOHR

No processo de ensino e aprendizagem, o professor pode fazer o papel de mediador, viabilizando de forma significativa o exercício do sujeito sobre o objeto, interiorizando conceitos científicos.

Por ser um conteúdo que envolve conceitos abstratos, os estudantes apresentam pouco interesse pelo estudo de teoria atômica, cabendo ao docente buscar mecanismos metodológicos que despertem nos estudantes a curiosidade para a aprendizagem. Nesse contexto, trabalhar na perspectiva da zona de desenvolvimento proximal (ZDP) pode favorecer no primeiro contato do sujeito com o assunto. ZDP é “[...] constituída por funções já consolidadas pelo sujeito, que lhe permitem realizar tarefas com autonomia, e o nível de desenvolvimento potencial, caracterizado pelas funções que estariam em estágio embrionário e não amadurecidos” (Vygotsky, 1991, p. 97).

Para Zabala (1998, p. 20-21), “as sequências de atividades de ensino/aprendizagem, ou sequências didáticas, são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática”. Portanto, uma sequência didática deve ser uma ferramenta de trabalho do professor de química, que o auxilia no desenvolvimento do conteúdo a ser ministrado e possibilita o ensino e aprendizagem de forma ativa e investigativa.

Neste capítulo, apresentamos uma proposta de sequência didática para o ensino da teoria atômica de Bohr na 1ª série do Ensino Médio.

A proposta objetiva auxiliar os estudantes a compreenderem sobre a necessidade de utilizar o modelo para retratar o que não se enxerga. Por meio da proposta, é possível discutir a relevância do trabalho científico, a função das hipóteses e a importância do trabalho em equipe.

Para a realização da sequência didática, será necessário um quantitativo de três aulas de cinquenta minutos cada, sendo que a apresentação do vídeo e a peça teatral não estão inclusos nessas aulas.

1º Momento

No primeiro momento será realizada leitura e discussão dos livros didáticos sobre a teoria atômica de Bohr, analisando os pontos conforme destacado no quadro 3, observando a necessidade de os livros didáticos contextualizarem

episódios importantes no contexto histórico e filosófico, apresentando a teoria e pesquisadores que contribuíram para o seu desenvolvimento. Nessa perspectiva, a sequência didática apresenta mecanismos metodológicos que acrescentem a abordagem da HFC na teoria de Bohr, como forma de buscar superar as lacunas dessa abordagem nos livros didáticos.

2º Momento

No segundo momento, para propiciar uma compreensão da natureza da ciência com reflexões filosóficas, será trabalhado com os alunos o artigo intitulado “Sobre a natureza da ciência: Asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência” (Peduzzi; Raicik, 2020). Será discutido entre os grupos o desenvolvimento das teorias científicas, destacando o contexto em que cada modelo foi pensado, os recursos que os cientistas tinham disponíveis, fortalecendo o conhecimento que constitui a matéria, mesmo sem vê-la.

3º Momento

No terceiro momento acontecerá uma atividade para entendimento da teoria atômica de Bohr sob o olhar da HFC. Para a realização desta atividade, serão necessárias duas caixas pequenas. Uma das caixas estará lacrada e identificada na sua parte externa com o número um e será colocado um objeto (mola espiral e pulseira neon) que possibilite o grupo levantar hipóteses quanto ao modelo do átomo em questão. Na outra caixa, que estará identificada com o número dois, serão adicionados recortes da teoria atômica de Bohr sob o olhar da HFC, que favorecerão na compreensão da teoria atômica de Bohr.

Para a realização da atividade, serão formados dois grupos na sala, sendo o grupo A e o grupo B. Ao movimentar a caixa de número um, os grupos irão levantar suas hipóteses, podendo o docente propor algumas sugestões por meio de questionamentos como: Qual o possível formato do objeto? Qual sua massa aproximadamente? Já a caixa de número dois, cada grupo irá retirar cinco recortes do contexto com a abordagem da HFC.

Antes de iniciar a atividade, o docente irá explicar algumas regras que os grupos devem saber para o manuseio da caixa um e da caixa dois. Lembrando que a atividade tem início com a caixa um. Regras: 1) não é permitido tirar o lacre da caixa identificada com o número um; 2) o grupo que estiver esperando a vez para manusear a caixa de número um deve permanecer em silêncio para

não atrapalhar no raciocínio do outro grupo; 3) o manuseio da caixa um acontecerá em duas rodadas, em que cada rodada o grupo terá um tempo de até sete minutos; e 4) cada grupo retirará cinco recortes do contexto da teoria atômica de Bohr sob o olhar da HFC.

4º Momento

No quarto momento o grupo A desenvolverá uma atividade que será uma produção de vídeo que abordará a biografia de Bohr e os estudos no laboratório de Cavendish. O grupo B produzirá uma peça teatral que apresentará a história da ciência no contexto que foi pensado o modelo. Para a preparação do material pelos grupos, será estipulado um tempo de quinze dias, contando do dia em que a proposta foi lançada na sala de aula. Os grupos irão apresentar seus trabalhos na sala de aula para os demais colegas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo apresentamos a teoria atômica de Bohr sob o olhar da História e Filosofia da Ciência (HFC), mostrando a construção da ciência realizada por pesquisadores diferentes, caracterizando como construção humana e não linear. A proposta da sequência didática objetiva ampliar e estudar a teoria atômica de Bohr sob a abordagem da HFC e possibilitará aos estudantes compreenderem o trabalho dos pesquisadores, rompendo a visão que é passada pelos livros didáticos e até mesmo entre os estudantes, que colocam os cientistas como um “gênio”, “um ser iluminado”.

Por meio da sequência didática será possível esclarecer aos estudantes que os modelos fornecem algumas propriedades e características, sendo apenas representações da realidade e destacar a história da ciência nesse processo de desenvolvimento do modelo de Bohr.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. C. **Evolução do modelo atômico**. Portal de estudos em Química, 19/12/2010. Disponível em: [Evolução Atômica \(profpc.com.br\)](http://Evolução Atômica (profpc.com.br)). Acesso em: 10 nov. 2021.

BASSO, A. C. **O átomo de Bohr no nível médio: uma análise sob o referencial Lakatosiano.** Dissertação de mestre em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2004.

BIZZO, N. **Ciências fácil ou difícil?** 2. ed. São Paulo: Ática, 2007. 144p.

BORGES, P. D. **Apostila de física.** Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-SC, 2009.

CISCATO, C. A. M., et al. **Química.** Vol 1. São Paulo: Moderna, 2016.

COLAÇO, L. R. **Limitando a variação da constante de estrutura fina com dados cosmológicos.** Dissertação de mestrado em Física. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 08/2016.

FONSECA, M. R. M. da. **Química: ensino médio.** 2 ed. São Paulo: Ática, 2016.

KUHN, T. **A Estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1997.

LAKATOS, I. **História da Ciência e suas reconstruções racionais e outros ensaios.** Edições 70, Tradução de Emília Picado Tavares Marinho Mendes, 1978.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. *In:* Lakatos, I. & Musgrave, A. (orgs.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento.** São Paulo: Cultrix, 1979.

LAKATOS, I., **La metodología de los programas de investigación científica.** Editora Alianza, 1983.

LISBOA, J. C. F. et al. **Ser protagonista.** Vol 1. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3, p. 164-214, 1995.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio.** 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

NOVAIS, V. L. D. de.; ANTUNES, M. T. **Vivá: Química.** Vol.1. Curitiba: Positivo, 2016.

OLIVEIRA, Ó. A.; FERNANDES, J. D. G. **Arquitetura atômica e molecular**. Natal: Editora da UFRN, 2006.

PEDUZZI, L.O.Q.; RAICIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: Asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências – IENCI**, v.25, n. 2, p. 19-55, 2020.

SANTOS, W. L. P. dos.; MÓL, G. **Química Cidadã**. Vol. 1. 3 ed. São Paulo: Editora AJS, 2016.

TFOUNI, L. V; CAMARGO, D. A. F. de; TFOUNI, E. A teoria de Piaget e os exercícios dos livros didáticos de química. **Química Nova**, v. 10, n. 2, 1987.

VIDEIRA, A. A. P. **Historiografia e história da ciência**. Escritos (Fundação Casa de Rui Barbosa), Rio de Janeiro, v. 1, p. 111-158, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.



9 A NATUREZA DA LUZ NO ENSINO MÉDIO: REFLEXÕES E DIÁLOGOS HISTÓRICOS, SOCIOLÓGICOS E EPISTEMOLÓGICOS DA CIÊNCIA

Ana Caroline dos Santos Oliveira¹

Brendon Barbosa da Silva²

Carla Andreza Correa Reuter³

Camila Maria Sitko⁴

INTRODUÇÃO

As crescentes discussões que permeiam o ensino e a aprendizagem dos conhecimentos *sobre* a Ciência desde os anos iniciais do Ensino Fundamental à Universidade tem se apresentado como um objetivo precípua de muitos formadores, educadores e acadêmicos. Alguns estudiosos da área elucidam que o estudo de aspectos da natureza da Ciência é de grande importância no processo do letramento científico de crianças e adolescentes em favor de elementos do conteúdo em específico e do raciocínio científico (Forato *et al.*, 2008; Lederman, 2007). Esses autores relacionam o estudo da natureza da Ciência como um estudo epistemológico, tratando-se da forma de conhecer os valores e crenças inerentes ao conhecimento científico, assim como seu desenvolvimento.

1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

2 Mestrando no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Tocantins.

3 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

4 Professora no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Os aspectos históricos que circundam a natureza da Ciência têm sido amplamente considerados como pertinentes ao propósito de formação científica básica no âmbito escolar; no entanto, há que se compreender que o processo de transposição didática que esses saberes científicos/acadêmicos passam para transformarem-se em um saber escolar pode acarretar várias distorções a respeito de um conhecimento científico específico (Brockington; Pietrocola, 2016). Para além disso, educadores demonstram algumas dificuldades frente ao seu despreparo em lidar e compreender algumas narrativas históricas distorcidas nesse percurso do científico ao escolar (Forato; Pietrocola; Martins, 2010).

Martins (2006), em seus escritos a respeito do estudo de episódios históricos, enfatiza a importância de se compreender que há campos sociais, econômicos e políticos na Ciência, bem como há interrelação entre Ciência, tecnologia e sociedade (CTS). A partir de então, tudo percorre por um desenvolvimento histórico, cultural de um contexto humano, o qual sofre influências e influencia aspectos da sociedade como um todo. Nesse sentido, enfatiza-se que todo esse processo de estudo e compreensão dos conhecimentos físicos deve perpassar por professores e estudantes em seus processos de construção de conhecimentos e na formação de saberes científicos.

Ao passo que se compreende a importância do estudo da História e Filosofia da Ciência (HFC), Longhini e Nardi (2009) apontam que a História da Ciência é uma fonte rica de informações sobre temas e episódios científicos, pois subsidia conhecimentos acerca do desenvolvimento no decorrer dos tempos, os impasses e as dificuldades encontradas por estudiosos em diferentes épocas, os quais explicam fenômenos relacionados ao mesmo episódio, como a natureza da luz e seus imbricamentos ao longo dos anos.

Fonseca *et al.* (2017) corroboram com os escritos de Martins (2006) ao enfatizarem que há uma escassez quanto a materiais didáticos que tragam esses episódios científicos na completude de seus aparatos históricos, sociais, filosóficos e epistemológicos. Os autores abordam ainda em seus estudos acerca dos livros didáticos, os quais apresentam conhecimentos “prontos e acabados”, ou elaborados sem menção aos problemas que lhes deram origem, mencionando que

os livros científicos didáticos enfatizam os resultados aos quais a ciência chegou – as teorias e conceitos que aceitamos, as técnicas de análise que utilizamos – mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da ciência. De que modo as teorias e os conceitos se desenvolvem? Como os cientistas trabalham? Quais as idéias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado? (MARTINS, 2006, p. xxi).

Compreende-se, nesse aspecto, que a Ciência é demonstrada de forma dissociada de seus reais processos e imbricamentos, tornando-se os livros didáticos meros propagadores de visões deformadas da Ciência, com características de a-problemática e a-histórica, numa ideia de crescimento linear do conhecimento científico (Gil-Pérez, 2001).

No tocante a essa questão que envolve aspectos históricos da Ciência, aborda-se aqui particularidades que circundam a HFC e suas lacunas no âmbito educacional, bem como possíveis apontamentos, os quais pretende-se aprofundar mais à frente. O presente texto apresenta uma proposta didática, voltada para o terceiro ano do Ensino Médio, na disciplina de Física, a qual pauta-se em referências históricas da natureza da Luz no século XVII.

Assim, o objetivo deste capítulo é, por meio da proposição de uma sequência didática, fomentar reflexões e discussões no que tange aos aspectos didáticos referentes à História da Ciência no ensino de Física para o Ensino Médio, lançando o olhar para um episódio pontual, como a Natureza da Luz no século XVII e seus imbricamentos sociais, políticos e epistemológicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Prólogo

A luz sempre foi objeto de interesse e discussão do homem, desde que este notou que a noite era ocasionada pela ausência da luz do Sol. Homero, filósofo do século IX a.C., acreditava que raios luminosos saiam do olho e iam de encontro aos objetos observados. Pitágoras, que viveu na Grécia por volta dos anos de 580 a 500 a.C., presumiu que os olhos captavam raios luminosos de objetos que emitiam luz, como chamas, astros etc. No século IX d.C., o cientista árabe Ibn al-Haitham (963 – 1039) descartou a ideia de que a óptica estava submetida ao que os olhos veem (Ferreira, 2019).

Com a invenção dos instrumentos ópticos entre os séculos XVI e XVII, surgiu o debate sobre a natureza da Luz, de modo que o físico Inglês Isaac Newton (1642-1727), ao estudar a dispersão da luz branca, concluiu que a luz solar era formada por cores distintas, sendo essa constituída por corpúsculos que formavam raios retilíneos (Bassalo, 1986).

Ao passo que Newton realizava experimentos para reafirmar sua teoria, Christian Huygens (1629–1695) pesquisava sobre a característica ondulatória da luz. Ele tinha como principal fundamento a semelhança da luz com as ondas sonoras, explicando o formato de ondas e sua velocidade reduzida na água. Sendo assim, dois grandes nomes da Ciência batalharam fervorosamente durante o século XVII: Newton com a teoria corpuscular da luz, e Huygens com a teoria ondulatória da luz (De Oliveira; Martins; Silva, 2020).

Teoria Ondulatória da Luz

Durante todo o século XVIII existiam diferentes concepções que buscavam explicar a natureza da luz. A teoria corpuscular da luz, formulada a partir dos estudos do físico inglês Isaac Newton no campo da óptica, até mais da metade do século, era majoritariamente aceita dentro da comunidade científica, principalmente por pesquisadores pertencentes à região da Grã-Bretanha. Contudo, no final do século XVIII, haviam surgido diversos problemas inerentes à teoria corpuscular da luz, em que a óptica newtoniana e os modelos desenvolvidos a partir dela não conseguiam explicar diversos fenômenos ópticos, como, por exemplo, difração, dupla refração e polarização da luz (De Oliveira; Martins; Da Silva, 2020).

A partir da percepção de lacunas na teoria corpuscular da luz, no início do século XIX, os trabalhos do físico, egiptólogo e médico britânico Thomas Young (1773-1820), e do engenheiro civil e físico francês Augustin Fresnel (1788-1827) a respeito da difração e interferência alavancaram a discussão da natureza ondulatória da luz (Young, 1802).

Para Young, a natureza da luz poderia ser entendida pela analogia do som e do papel em éter ubíquo. Segundo Moura e Boss (2015), o modelo do papel ubíquo de Young considerava ser formado de partículas éter luminoso que se repeliam entre si, mas eram atraídas pelas matérias dos corpos, em que os menos densos possuíam menos éter e os mais densos ficava circundados por uma atmosfera etérea. Para Young, no limiar, ao meio de dois corpos com

densidades distintas, não ocorreria uma mudança brusca de densidade de éter; ao invés disso, haveria uma mudança gradativa, tornando o corpo mais denso envolto de uma atmosfera etérea (Moura; Boss, 2015).

Em seu principal trabalho intitulado *On the Theory of Light and Colours*, publicado na *Philosophical Transactions* de 1802, Thomas Young apresentou em defesa da teoria ondulatória da luz a discussão sobre o fenômeno da difração, na qual, segundo ele, a luz sairia do seu curso retilíneo, desviando de obstáculos, principalmente de corpos mais densos (Young, 1802).

Para comprovar tal teoria, o físico inglês propôs o experimento da dupla fenda, que consistia na emissão de fontes luminosas em direção a uma barreira (anteparo), com a presença de duas fendas verticais com espessura de um fio de cabelo e de um detector que captava a chegada de cada onda que atravessasse as fendas. A partir desse experimento, foi possível perceber a formação de uma sequência alternada de padrão de interferência, o qual ele denominou de franjas claras e escuras formadas pela difração da luz (Darrigol, 2012).

É destacado por Bassalo (1989) que, com a formulação do experimento da dupla fenda, Thomas Young pôde calcular o comprimento de ondas presentes nas cores do espectro visíveis, com valores médios por ordem de 0,000057. Ele também percebeu que cores diferentes eram constituídas por ondas de tamanhos distintos, além de apresentar o princípio da interferência como Lei.

Com a publicação dos resultados dos experimentos, Young teve muita dificuldade em relação à aceitação de seus dados no meio científico, em vista de que suas ideias sobre a teoria ondulatória da luz tinham como maior concorrente a teoria corpuscular newtoniana, ocasionando diversas discordâncias por parte dos apoiadores de Newton (Beléndez *et al.*, 2015).

Fresnel, ao combinar o princípio da difração de Thomas Young e princípio do cientista holandês Christiaan Huygens (que afirmava que cada ponto pertencente a uma frente de onda poderia ser julgado uma fonte secundária de *wavelets* esféricos⁵), conseguiu explicar matematicamente uma série de experimentos que realizou a respeito da difração da luz em obstáculos, extremidades finas de objetos e aberturas em anteparos. A combinação feita por Fresnel ficou conhecida como princípio de Huygens – Fresnel. Tal combinação contribuiu,

5 **Huygens Wavelet:** Em meados do século XVIII, o físico holandês Christiaan Huygens sugeriu que os pontos de ondas de luz pudessem ser considerados como fonte individual de iluminação, a qual produz ondas esféricas em que se unem para formar uma frente de ondas avançadas.

posteriormente, para aceitação da teoria ondulatória da luz pela maior parte da comunidade científica (Beléndez *et al.*, 2015).

Teoria Corpuscular da Luz

Influenciado pela concepção formulada pelos gregos sobre a natureza da luz, Newton desenvolveu um modelo baseado em seus estudos de mecânica e óptica, que explicasse a natureza da luz, conhecido hoje como a Teoria Corpuscular da Luz. Segundo seu modelo, a luz é constituída de um fluxo de partículas microscópicas da qual partem de fontes luminosas. De imediato, as considerações de Newton sobre a natureza da luz foram de encontro com os modelos mecânicos e deterministas em que se tornaria possível determinar diversas grandezas simultaneamente, de modo que, através do modelo corpuscular da luz desenvolvido por ele, seria possível explicar fenômenos físico já conhecidos na época, como refração e reflexão (Ferreira, 2019).

Segundo Dos Anjos (2019), o principal argumento usado por Newton para a sustentação da teoria corpuscular da luz se dava de acordo com a natureza óptica geométrica de refração e reflexão da luz, visto que esta só poderia ser observada tratando-se da luz como partículas, pois somente corpúsculos obedecem a uma trajetória retilínea, fato esse poderia ser observado caso a luz se comportasse como onda.

Entre os diversos experimentos que Newton realizou para sustentar suas argumentações, um deles consistia em dispor um feixe de luz em dois prismas, postos em uma determinada angulação, na qual a segmentação da luz deveria prolongar-se por uma direção ao passar pelo primeiro prisma e se reconstituir ao passar pelo segundo prisma, fazendo assim se recompor como luz branca. A partir da percepção verídica de seus experimentos, Newton concluiu a veracidade da natureza da luz como partículas microscópicas que viajavam em direções retilíneas (Dos Anjos, 2019).

Ainda que houvesse uma popularidade muito grande dentre a comunidade científica em relação à teoria desenvolvida por Newton no século XVII, diversos pesquisadores conhecidos da época não concordavam com seus achados. O cientista inglês Robert Hooke (1635-1703), por exemplo, durante muito tempo travou diversas discussões a respeito o tema da natureza da luz, o que, por consequência, influenciou outros cientistas a estudarem o assunto. Após cem anos de experiências que não mostravam eficácia da teoria de Newton

para explicar fenômenos como a difração, interferência e polarização da luz, a teoria corpuscular da luz foi perdendo forças, até serem invalidadas, principalmente com a chegada dos achados de Huygens, Thomas Young e Augustin Fresnel no início do século XVIII (Cantor, 1983).

Com as descobertas ocorridas no início do século XVIII, por meados de 1860, o físico James Clerk Maxwell (1831-1879) propôs que luz seria formada por dois campos, um elétrico e um magnético, que se alternam perpendicularmente entre si na direção da propagação da radiação. Já no início do século XX, o físico teórico alemão Max Planck (1858-1947) afirmou que a energia não se disseminava de forma contínua e que a energia expressa pelos corpos aquecidos seria constituída de diminutos “pacotes”, os quais ele denominou de *quantum*. Com essas constatações, outro físico teórico nascido na Alemanha, Albert Einstein (1879-1955), ganhou o Nobel em 1921 por conseguir explicar o efeito fotoelétrico, que corresponde à capacidade que possibilita o salto de elétrons de determinados metais por meio da incidência de luz ultravioleta, fenômeno esse que não poderia ser explicado pela teoria ondulatória da luz. Desse modo, Einstein esclareceu a dualidade onda-partícula da luz, que é aceita até os dias atuais (Ferreira, 2019).

METODOLOGIA E TEORIA PEDAGÓGICA

Definição do conceito de sequência didática e sua perspectiva pedagógica

O desenvolvimento de sequências didáticas como um processo que envolve pesquisa e desenvolvimento de conceitos e tópicos específicos visa à construção do ensino e da aprendizagem de um determinado tema a ser trabalhado. A elaboração de propostas desse cunho tende a levar em conta proporcionalmente o conhecimento a ser ensinado e as visões iniciais de quem aprende (Méheut; Psillos, 2004).

De acordo com Méheut e Psillos (2004), as sequências didáticas configuram-se como uma atividade de pesquisa de intervenção e um produto educacional, o qual contempla unidades curriculares e atividades de ensino e aprendizagem. Os autores ainda elucidam que o processo de transposição didática a que se pretende a respeito da História da Ciência requer uma busca de recursos que englobam documentos históricos, assim como trabalhos

especializados produzidos e embasados por conceitos históricos, sociológicos e epistemológicos.

A proposta didática que será apresentada a seguir abarca aspectos históricos e concepções científicas presentes em um dado momento histórico das teorias ondulatória e corpuscular acerca da natureza da luz, apontando questões internas e externas que implicaram em ambas as teorias.

Nesta proposta didática, utilizaremos um recorte temporal relacionado à Teoria Corpuscular, o qual delimitou-se a tratar a respeito da Natureza da Luz no século XVII, por compreendermos os imbricamentos sociais, políticos, científicos à época, os quais fundamentam o principal objetivo deste trabalho, visando um olhar específico em questões que permeiam a História da Ciência no ensino de Física.

A construção da narrativa histórica, baseada em textos científicos históricos, a partir da adequação discursiva ao nível escolar dos estudantes, que, neste caso, compreende-se por estudantes da 3ª série do Ensino Médio. O propósito da narrativa será apresentar uma percepção, de forma ampla, dos episódios históricos abordados na construção do conhecimento físico em pauta, do ponto de vista conceitual, assim como contextualizar reflexões a respeito da natureza do conhecimento científico exposto. Há a intenção de que a proposta seja essencialmente dialógica na perspectiva histórica e social dessa construção científica, e há o intuito de se incluir a HFC no ensino de Física, proporcionando o contato com fontes primárias e seus imbricamentos históricos, incitando a curiosidade e o pensamento crítico dos estudantes.

Nessa perspectiva, a abordagem pedagógica a qual esta sequência didática se ancora, remete aos estudos de Vygotsky (1934/2008), o qual defende o princípio de que “a natureza do próprio desenvolvimento se transforma, do biológico para o sócio-histórico” (p. 63), num processo em que a cultura é parte essencial da constituição da natureza humana, o que permite compreender o homem como um ser determinado por sua história, pelas condições socioculturais e econômicas.

Encontra-se na teoria vygotskyana o princípio de que a apropriação da cultura humana ocorre por meio de relações interpessoais dentro da sociedade a qual o indivíduo pertence, e essa apropriação se dá por intermédio da educação e do ensino com a mediação de adultos e/ou pares mais experientes, aqui

representados pelos docentes. Logo, como atestam as proposições de Vygotsky (1934/2008), fatores sociais, culturais, históricos e institucionais podem influenciar processos de aprendizagem e desenvolvimento.

Dessa forma, a proposta de sequência didática que será apresentada (quadro 9.1) resulta da adaptação de uma produção acadêmica já realizada em forma de tese de doutorado (Forato, 2009), assim, para além de realizar um resgate histórico, este trabalho também se fundamenta em uma produção científica ampla, na qual apresenta aspectos sociais, culturais e históricos, os quais podem ser desenvolvidos com estudantes do Ensino Médio. Tal produção mostrou contemplar a proposta deste trabalho, quando se insere no episódio histórico alvo deste estudo e na perspectiva de narrativas históricas acessíveis ao nível escolar no qual a sequência poderá ser aplicada.

A adaptação realizada para esta proposta didática diferencia-se da sequência didática originalmente apresentada por Forato (2009), especificamente no que se refere a propor um recorte histórico diferente: Aqui, apresentamos como enfoque as teorias acerca da luz mais presentes nos debates do século XVII, isto é, a Teoria Ondulatória e a Teoria Corpuscular. A autora supracitada, por outro lado, tem como enfoque a luz na Antiguidade Grega.

Por outro lado, em relação à sequência didática apresentada pela autora, manteve-se algumas estratégias de ensino, tais como a apresentação de slides, a proposição de leituras de textos para os alunos e a síntese de episódios históricos. Porém, algumas estratégias de ensino são específicas à proposta deste trabalho, não sendo evidenciadas na sequência didática de Forato (2009), tais como o uso de nuvens de palavras, o uso de grupos de debate e as demonstrações em prisma, com DVDs; fita isolante e vela.

Quadro 9.1: A proposta de sequência didática e seus desdobramentos.

Atividade	Momentos	Aulas
1. Mapeamento de conhecimentos prévios com nuvens de palavras	Software Mentimeter exemplo de palavras: luz, onda, prisma etc.	1 (50min)
2. Revisão de fenômenos ópticos: reflexão, refração e dispersão	Demonstrar a dispersão da luz branca em um prisma; apoio com imagens em slides	2 (1h40)
3. Luz no século XVII: onda ou corpúsculo?	Apresentação em slides: teorias de Newton e Huygens	
	Demonstração com lanternas e bolas de gude	
	Leitura do texto 1 ⁶ : “Fim do século XVII: corpúsculo ou pulsos do éter?”	
	Responder às questões do texto 4	
4. Sistematização	Diálogos sobre as questões e síntese do episódio	1 (50min)
5. Debate	Leitura do texto 2 e 3 ⁷ : “Os pulsos no éter de Huygens”; “A teoria corpuscular de Newton”	2 (1h40)
	Preparação em grupo para o debate	
	Debate entre os dois grandes grupos	
Total	5 aulas	

Fonte: Adaptado de Forato (2009).

O tópico seguinte deste capítulo detalha os momentos que compõem a proposta desta sequência didática. Serão estabelecidos os objetivos de cada atividade, assim como o conteúdo, os recursos e a dinâmica da atividade.

Descrição das atividades propostas

Momento 1 - Mapeamento de conhecimentos prévios com nuvens de palavras

Objetivo: Realizar um mapeamento acerca das ideias e conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da natureza da luz com o uso do software

6 Disponível em: <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/1616> (Páginas 80-83).

7 Disponível em: <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/1616> (Textos 5 e 6, páginas 84-88).

Mentimeter⁸, o qual pode ser utilizado de forma presencial ou on-line com a turma. Busca-se, com este primeiro momento, entender o pensamento e ideias concebidas pelos estudantes, dialogar e fazê-los refletir por meio de momentos explicativos e com a ajuda do professor para o estabelecimento da ligação com a história da Ciência e seus imbricamentos.

Conteúdo: Aspectos gerais da natureza da luz

Recursos de Ensino: Software Mentimeter; notebook; celulares.

Dinâmica de atividade: Os estudantes receberão o link da página do Mentimeter com o código de acesso e ao entrarem haverá uma pergunta: ex: Defina em três palavras o que você considera ser: Luz - Ondas de luz - Primas. Após a exposição da nuvem de palavras formada pelos estudantes, o(a) professor(a) guiará a discussão pinçando palavras e conceitos que os alunos tenham destacado sobre o assunto, criando um diálogo interativo e reflexivo acerca de impressões ainda de senso comum, guiando-os a conceitos desenvolvidos no trabalho científico desenvolvido na teoria da luz.

Momento 2 - Revisão de fenômenos ópticos

Objetivo: Retomar alguns conceitos que envolvam os fenômenos ópticos, para que se possa fundamentar as discussões posteriores a respeito das teorias ondulatória e corpuscular, com o intuito de que os alunos componham seus argumentos para defender ou refutar as hipóteses apresentadas.

Conteúdo: Reflexão, refração e dispersão da luz

Recursos de Ensino: Prisma óptico; Notebook; Power Point.

Dinâmica de atividade: Será realizada uma aula expositiva dialogada, na qual será demonstrada a dispersão da luz branca em um prisma. Além disso, a explicação ocorrerá com o apoio de imagens que serão apresentadas em slides.

Momento 3 - Luz no século XVII: Onda ou corpúsculo?

Objetivo: Apresentar as teorias de Newton e Huygens a partir da narrativa dos debates em torno da natureza corpuscular ou ondulatória da luz ocorridos durante o século XVII e de demonstrações práticas.

Conteúdo: Teorias de Newton e Huygens

8 Link de acesso ao software Mentimeter: <https://www.mentimeter.com/pt-BR>

Recursos de Ensino: Lanterna; bolas de gude; notebook; Power Point - Texto sobre o episódio histórico em torno das teorias acerca da luz.

Dinâmica de atividade: Por meio de apresentação em slides, serão apresentadas as teorias de Newton e de Huygens, situando as polêmicas acerca da natureza da luz discutidas durante o século XVII. Em seguida, serão feitas demonstrações práticas para exemplificar aspectos relacionados à natureza ondulatória e corpuscular da luz.

Experimento⁹:

Materiais necessários: 2 DVDs; 1 tesoura; 1 fita isolante; 1 vela.

Passo a passo:

- 1 – Realizar um corte no canto do DVD para separar as duas partes;
- 2 – Retirar toda a tinta refletiva do DVD com a fita isolante até ficar somente a parte roxa do DVD;
- 3 – Tampar completamente o meio do DVD com a fita isolante;
- 4 – Apagar a luz do ambiente e utilizar a vela como primeira fonte de luz;
- 5 – Aproximar o DVD da vela acesa, colocando-o frente à vela. Com isso, será possível observar as ondas e as partículas da luz.

Momento 4 - Sistematização

Objetivo: Sistematizar os conteúdos anteriormente discutidos acerca de fenômenos ópticos como a reflexão, a refração e dispersão, além de retomar e dialogar sobre os principais aspectos em torno do episódio histórico da natureza da luz no século XVII.

Conteúdo: Fenômenos ópticos e teorias de Newton e Huygens.

Recursos de Ensino: Texto sobre o episódio histórico em torno das teorias acerca da luz.

Dinâmica de atividade: Será feito um diálogo com os alunos acerca dos conteúdos anteriormente apresentados, de modo a sistematizá-los, preparando os alunos para os debates que serão realizados no momento seguinte.

9 Acesse: https://www.youtube.com/watch?v=THofsS3su_E.

Momento 5 - Debate

Objetivo: Fomentar o diálogo acerca da natureza corpuscular e ondulatória da luz entre os alunos, a partir de leituras sobre o tema e da realização de um debate simulado.

Conteúdo: Teorias de Newton e Huygens

Recursos de Ensino: Texto sobre as teorias de Newton e Huygens.

Dinâmica de atividade: Em um primeiro momento, será proposto que os alunos façam a leitura de dois textos (5 e 6, quadro 01) sobre o conteúdo. Em seguida, os alunos serão divididos em dois grupos, os quais deverão se preparar para que, em seguida, seja realizado um debate, em formato de debate simulado, acerca da natureza ondulatória e corpuscular da luz. O professor, ao final, deverá sintetizar o conhecimento ali debatido e explicar que há uma concepção dual acerca das teorias, e que a luz pode ser tanto onda como partícula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo teve por objetivo apresentar uma proposta didática fundamentada em referências históricas acerca da natureza da luz no século XVII. Nesse sentido, foi apresentada uma proposta didática acerca dos debates a respeito da teoria da luz, contemplando aspectos sociais e epistemológicos, principalmente inerentes ao século XVII. Tal proposta envolveu o uso do software Mentimeter, além de demonstrações experimentais e do apoio de slides, sendo finalizada com um debate simulado, o qual pode ser uma estratégia favorável para engajar os estudantes em debates acerca de temas científicos.

A transposição didática é importante para que o conhecimento científico se torne mais acessível aos alunos, porém, é preciso ter cautela para que esta transposição não deturpe o conhecimento científico, de modo a omitir aspectos sociais e históricos diretamente relacionados à Ciência. Nesse sentido, o ensino de Ciências, de maneira geral, pode encontrar na narrativa de episódios científicos históricos uma importante estratégia educativa, uma vez que tais narrativas corroboram para a percepção e compreensão dos aspectos supracitados.

Deste modo, ressalta-se também a necessidade de mais materiais didáticos voltados para a discussão de episódios científicos, destacando os aspectos

sociais, filosóficos, epistemológicos, políticos, econômicos e históricos inerentes ao desenvolvimento da Ciência. Um ensino de Ciências que não omita tais aspectos contribui para que os alunos não desenvolvam uma visão deformada do trabalho científico, como se este fosse exclusivamente neutro e objetivo (Gil-Pérez, 2001).

A compreensão dos aspectos sociais, históricos e epistemológicos acerca da Ciência e, conseqüentemente, a percepção de que esta não é neutra e nem sempre objetiva contribui para uma visão crítica e participativa acerca da Ciência na sociedade. Portanto, aponta-se para a necessidade de que mais pesquisas e trabalhos sejam realizados no sentido de relacionar tais aspectos do conhecimento científico ao conhecimento escolar.

REFERÊNCIAS

BASSALO, J. M. F. A crônica da óptica clássica (parte III: 1801-1905). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 37-58, 1989.

BASSALO, J. M. F. A crônica da óptica clássica (parte I: 800 a.C.-1665 d.C.). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p. 138-59, 1986.

BELÉNDEZ, A. Thomas Young y la naturaleza ondulatoria de la luz. **Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante (RUA)**, edit. OpenMind, Espanha, 2015.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2016.

CANTOR, G. N. **Optics after Newton** – theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840. Manchester: Manchester University Press, 1983.

DARRIGOL, O. **The history of optics**: from Greek antiquity to the nineteenth century. Oxford: University Press, 2012.344p.

DE OLIVEIRA, R. A.; MARTINS, André F. P.; SILVA, A. P. B. Temas de natureza da ciência a partir de episódios históricos: os debates sobre a natureza da luz na primeira metade do século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 197-218, 2020.

DOS ANJOS, E. **Dualidade onda-partícula da luz**: uma abordagem para o ensino médio. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Blumenau, 2019.

FERREIRA, F. S. **Natureza corpuscular e ondulatória da luz**: uma sequência de ensino investigativa para promover alfabetização científica. Dissertação de mestrado. Departamento de Física. Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda, RJ, 2019. 121p.

FONSECA, D. S. *et al.* Pressão atmosférica e natureza da ciência: uma sequência didática englobando fontes primárias. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 64-108, 2017.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. v. 2, 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, Roberto Andrade de. Alguns debates históricos sobre a natureza da luz: discutindo a natureza da ciência no ensino. *In*: MARTINS, Roberto de Andrade; LEWOWICZ, Lucia; FERREIRA, Juliana Mesquita H. *et al.* **Filosofia e história da ciência no Cone Sul**. Seleção de trabalho do 6º Encontro. – Campinas, 2010. E-book. p. 616-625. Disponível em: <http://www.afhic.com/wp-content/uploads/2017/11/05-de-Andrade-Martins-y-otros-Filosofia-e-Hist%C3%B3ria-da-Ci%C3%A2ncia-no-Cone-Sul-VI-Encontro.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

FORATO, T. M.; MOURA, B. A.; PRESTES, M. E. B. Bibliografia sobre a utilização da história e filosofia da ciência no ensino de ciências e biologia. **Boletim de História e Filosofia da Biologia**. v. 2, n. 3), 2008.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. Pp. 831-880. *In*: ABELL, Sandra K.; LEDERMAN, Norman (eds.). **Handbook of research on science education**. Routledge, 2007. p. 845-894.

MARTINS, R. A. Introdução: 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: Livraria da Física, 2006. p. xxi-xxxiv.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: objectives and tools for research in science education. **International Journal of Science Education**, London, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004.

MOURA, B. A.; BOSS, S. L. B. Thomas Young e o resgate da teoria ondulatória da luz: uma tradução comentada de sua Teoria Sobre Luz e Cores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 4203-1-4203-24, 2015.

GIL-PÉREZ, D. G. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, p. 125-153, 2001.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. Revisão técnica de José Cipolla Neto. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1934/2008.

YOUNG, T. The Bakerian Lecture: On the Theory of Light and Colours. **Philosophical Transactions**, v. 92, p. 12-48, 1802.



10 JOGO DA MEMÓRIA: A DESCOBERTA DO DNA – UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Celiane Reis Oliveira¹
Cleidiane Bispo Gomes²
Fernanda Cruz de Araújo³
Caio Maximino⁴

INTRODUÇÃO

A discussão de aspectos históricos e filosóficos é vista pelos estudiosos do campo da didática das ciências como um aspecto essencial no ensino de ciências (Mesquita *et al.*, 2017). Nesse sentido, se vê necessário por parte desses sujeitos um estudo contextualizado, crítico e filosófico sobre a ciência. A história e filosofia da ciência nos fazem refletir e perceber que a ciência de maneira alguma se constrói individualmente – pelo contrário, o processo de construção do conhecimento científico é complexo e, acima de tudo, envolve pessoas, seres biopsicossociais, influentes e influenciados por concepções e pela própria maneira de compreenderem o mundo que os cercam (Melo; Rocha, 2017).

Desse modo, o presente trabalho utiliza a concepção epistemológica dos relatos sobre a história do conhecimento científico para trabalhar uma proposta didática com destaque na participação da cientista Rosalind Franklin,

-
- 1 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Tocantins
 - 2 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Tocantins
 - 3 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade Federal do Tocantins
 - 4 Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

que contribuiu, juntamente com outros cientistas, na proposição do modelo de dupla hélice para a molécula de DNA e sua aceitação pela comunidade científica. É pensando no ensino do componente curricular de ciências que será abordada esta proposta de ensino.

A sugestão é uma opção a inserção de história mediante o aporte filosófico de uma abordagem relacional, caracterizada por Silva, Passos e Boas (2013) como uma abordagem que leva em consideração a época e o contexto em que se narra a história de um conceito científico e a relação entre este conceito e o problema a partir do qual surge a necessidade deste conceito na história da ciência. Nesse sentido, não é plausível simplesmente mencionar alguns detalhes históricos de um conceito; ele precisa ter sua gênese nas concepções filosófico-historiográficas de ciência. As recentes reformas educacionais no país apontam para a necessidade da contextualização histórico-social do conhecimento científico, o que implica em considerar a contribuição da História e Filosofia da Ciência nos currículos escolares.

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

A História e Filosofia das Ciências são algo de suma importância na área de conhecimento, por serem considerados elementos necessários para uma boa educação, não substituindo o ensino dos conteúdos da ciência (que, por si só, está relacionado a uma concepção inadequada do conhecimento científico), mas complementando esse ensino, em que pode promover uma compreensão da natureza da ciência e uma consciência crítica para seu dia a dia (Pontes *et al.*, 2019).

Para uma educação científica de maior qualidade torna-se necessária a implementação de procedimentos que subsidiem a contextualização da ciência, de modo a conduzir o estudante para interpretação de como são formulados os mecanismos da ciência. Nesse sentido, a História e a Filosofia da Ciência são utilizadas estrategicamente como ferramenta de estudo didático que facilita a compreensão dos conteúdos que compõem os currículos escolares e permite aos professores e alunos diferentes visões sobre a ciência, explicitando como os cientistas criaram teorias e conceitos, as influências que sofreram e os objetivos que os motivaram (Pontes *et al.*, 2019).

Assim, a História e a Filosofia da Ciência surgem como uma necessidade formativa do professor, na medida em que podem contribuir para evitar visões distorcidas sobre o fazer científico, permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da ciência, e proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula (Martins, 2007).

Segundo Ortiz e Silva (2016), apesar de existirem muitos argumentos favoráveis à inserção de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências, ainda há algumas dificuldades para a sua aplicação no contexto escolar. O Ensino de Ciências prevê que o indivíduo deva estar apto a discutir e utilizar-se dos conhecimentos científicos para a tomada de decisões de sua vida cotidiana, bem como para uma maior atuação nas decisões políticas que lhe afetam direta ou indiretamente. Assim, é necessário a utilização de uma ferramenta que proporcione aos estudantes mais do que memorizar fórmulas, leis e teorias, permitindo uma alfabetização científica que lhe possibilite construir um pensamento crítico-reflexivo (Hidalgo; Lorencini Jr., 2016).

UM RECORTE DO EPISÓDIO DA DESCOBERTA DA DUPLA HÉLICE DO DNA E A PARTICIPAÇÃO DE ROSALIND FRANKLIN

A estrutura da molécula de DNA – a dupla hélice – foi descoberta em 1953 e revolucionou a história da Biologia Moderna, pois o DNA é um composto orgânico que contém todas as informações genéticas do indivíduo. Assim, devido a sua grande importância para a Ciência, é relevante conhecer a história da sua descoberta (Ortiz, 2015).

Entre as décadas de 1930 e 1950, a molécula de DNA estava no centro de muitas pesquisas científicas; uma delas era realizada no Laboratório Cavendish, da Universidade de Cambridge, na Inglaterra, onde trabalhavam James Watson e Francis Crick, que buscavam compreender a função genética do ácido desoxirribonucleico (DNA) por meio dos conhecimentos disponíveis na literatura (Ortiz; Silva, 2016). Em paralelo, Linus Pauling, no California Institute of Technology, buscava determinar um modelo molecular para diversas moléculas – entre elas, o DNA. No King's College, em Londres, Maurice Wilkins e outros físicos trabalhavam com técnicas de cristalografia de raio-X

(difração de raio-X) com o intuito de desvendar a estrutura do DNA (Ortiz; Silva, 2016).

Em 1951, Rosalind Franklin passou a fazer parte do King's College e, em novembro do mesmo ano, apresentou um seminário mostrando os resultados de sua pesquisa. Na plateia estava James Watson, que voltou para Cambridge após o seminário e, junto com Crick, propôs e apresentou um modelo de tripla hélice para o DNA. No entanto, o modelo foi considerado equivocado e criticado pelos pesquisadores do King's College, e por isso Watson e Crick foram persuadidos pelo diretor do Laboratório Cavendish, Sir Lawrence Bragg, a deixar de trabalhar com o DNA (Ortiz; Silva, 2016).

Em maio de 1952, por meio de suas experiências com o DNA B (uma forma mais hidratada), Franklin teve evidência que indicava uma forma helicoidal para o DNA; essa evidência ficou conhecida como "Foto 51". Entretanto, a pesquisadora não deduziu a natureza helicoidal da molécula, pois ela iria apresentar uma estrutura quando tivesse em mãos os resultados precisos do DNA A (que seria uma forma menos hidratada do DNA) e B (Ortiz; Silva, 2016).

Em fevereiro de 1953, Linus Pauling e Robert Corey publicaram um artigo propondo uma possível estrutura para a molécula de DNA; entretanto, o artigo apresentava muitos erros químicos evidentes, o que ainda permitia a possibilidade de Watson propor uma estrutura. Assim, desobedecendo às ordens do seu chefe, Watson vai até Londres conversar com Maurice Wilkins do King's College. Na ocasião, Wilkins lhe mostrou a cópia da Foto 51 produzida por Rosalind Franklin. Após o encontro, Watson voltou a Cambridge e, juntamente com Crick, retomou as investigações a respeito do DNA, agora autorizada por seu chefe (Ortiz; Silva, 2016).

Após dois meses de trabalho, em 25 de abril de 1953, publicam um artigo em duas páginas da revista *Nature*, apresentando uma estrutura para o DNA. O estudo não chamou muita atenção da comunidade científica e só ganhou destaque em 1957, quando outros cientistas confirmaram que o DNA se autorreplica, como havia sido previsto por Watson e Crick (Ortiz, 2015).

É importante ressaltar que Wilkins foi convidado por Watson e Crick para fazer parte da publicação em 1953, mas recusou. Sua participação, entretanto, foi reconhecida pelo comitê do Prêmio Nobel de 1962. Não existem registros que confirmem que o mesmo convite tenha sido feito a Franklin, que

em nenhum momento teve sua contribuição reconhecida (Garcia; Sarmiento; Oliveira, 2021).

Em 1967, Watson publicou a sua versão a respeito da história construção do modelo do DNA, em que questiona Rosalind Franklin o porquê de ela não inferir a possível estrutura para o DNA diante da Foto 51. A partir da sua história, seguiram-se duas tradições historiográficas, sendo elas a “tradicional” e a “alternativa” (Ortiz, 2015).

A abordagem tradicional enfatiza que Rosalind Franklin deveria ser reconhecida por seu trabalho, como uma cientista que quase descobriu a estrutura do DNA, pois Watson teve acesso indevido à Foto 51 e obteve dados fundamentais produzidos por Franklin que contribuíram para a elucidação da sua proposta. Já a abordagem alternativa ressalta a importância de Franklin, mas destaca que os objetivos de Franklin e Watson/Crick eram diferentes e por isso a pesquisadora não propôs uma estrutura para o DNA (Ortiz; Silva, 2016). Como se pode observar, nenhuma das duas abordagens nega a importância de Franklin na construção do modelo da dupla hélice e enfatiza que os pesquisadores tinham objetivos de investigação diferentes, o que levou Franklin a não inferir seus resultados experimentais e a uma rápida divulgação (Garcia; Sarmiento; Oliveira, 2021).

A HISTÓRIA DA DESCOBERTA DA DUPLA HÉLICE NOS LIVROS DIDÁTICOS

Para muitos professores, o livro didático pode ser considerado a principal fonte de informação, além de ser a principal ferramenta de estudos para os alunos da educação básica em muitas escolas. No entanto, quando se fala em História das Ciências, os livros didáticos deixam a desejar, pois apresentam breves trechos, frisando datas, descobertas e destacando alguns pesquisadores em trabalhos isolados, sem enfatizar de fato a contribuição de outros cientistas (Guastelli, 2018).

Para Cristiano Guastelli (2018), diversos episódios da História das Ciências podem ser trabalhados em sala de aula – entre eles, o da descoberta da estrutura do DNA publicado na década de 1950, o que permite ao educando a construção crítica e reflexiva da natureza do conhecimento.

Guastelli (2018) traz ainda uma análise de 4 livros didáticos de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, os quais foram selecionados no Programa Nacional do Livro e do Material Didático – PNLD 2017 e foram usados pelas escolas até o ano de 2019. O autor observou como o episódio da descoberta da molécula do DNA foi abordado nesses livros, levando em consideração o seu contexto histórico. Silva, Passos e Boas (2013) ressaltam que não existe nada errado com os livros didáticos em relação ao episódio da dupla hélice do DNA; o que existe são omissões e falta de informação. Assim, pode-se perceber que os livros trazem Watson e Crick como descobridores da molécula do DNA, sem reconhecer a importância e contribuição de outros pesquisadores na elaboração da estrutura da dupla hélice.

PROPOSTA DIDÁTICA: JOGO DA MEMÓRIA

O livro didático é uma ferramenta pedagógica acessória importante no processo de ensino-aprendizagem para educação básica, já que proporciona proximidade do educando ao objeto de conhecimento do currículo. No entanto, no contexto epistemológico da História e Filosofia das Ciências, em específico sobre o evento histórico “a descoberta do DNA”, observa-se que alguns detalhes históricos são ocultados e/ou negligenciados. Nesse sentido, para diminuir esta lacuna, propõe-se dois momentos pedagógicos envolvendo a compreensão dos eventos históricos entre os recortes do livro didático e de artigos científicos, com momentos de discussão através de uma roda de conversa e na sequência a aplicação de um “jogo da memória - a descoberta do DNA”.

Materiais Utilizados

- Cartela de cartas (anexo I);
- Papelão, papel cartão e/ou papel vergê A4;
- Cola;
- Fita adesiva larga (fita durex);
- Tesoura.

Montagem do Jogo

- Impressão das cartelas de carta (anexo I), que se refere a um kit do jogo (o número de impressão dos kits será de acordo com a realidade do número de estudantes);
- Colar as cartelas em papelão (opção reciclável e econômica);
- Recorte individual das cartas;
- Impermeabilizar as cartas com a fita adesiva (fita durex).

OBS: As cartelas de cartas também podem ser impressas diretamente em papel “vergê” A4 ou papéis com gramaturas altas A4, excluindo assim a necessidade do papelão; o importante é que as cartas fiquem mais rígidas e menos flexíveis, para facilitar a dinâmica e durabilidade do jogo.

Sequência didática

1º Momento (tempo previsto de 5 a 10 min): exposição do tema e leitura atenciosa do episódio histórico do livro didático no componente curricular de ciências para turmas do 9º ano do Ensino Fundamental II.

2º Momento (tempo previsto de 10 a 15 min): Roda de conversa sobre o evento histórico, no qual o/a professor(a) fará questões disparadoras para gerar discussão sobre o objeto de conhecimento e instigar a participação de estudantes. Exemplo: Quem descobriu o DNA? Qual a importância do DNA para o mundo científico? Qual é a estrutura do DNA? Como a história o descreve? Nesse momento, o/a professor(a) conduzirá a discussão incentivando falas e impressões acerca dos detalhes ocorridos e demonstrados no recorte histórico do livro didático.

3º Momento (tempo previsto de 10 a 15 min): Ainda na roda de conversa, após cessar as discussões, o/a professor(a) promoverá uma apresentação do evento histórico na íntegra com utilização de cópias recortes de artigos, capítulos de livros, relatos etc. Após a exposição, é hora de permitir e incentivar a comparação dos detalhes entre as duas versões, possibilitando aos educandos suas próprias percepções das abordagens. Esse é um momento em que o/a professor(a) pode fazer questões disparadoras (sugestão).

4º Momento (tempo previsto de 15 a 20 min): Após a exposição e comparação das versões históricas da descoberta do DNA, agora é hora de reforçar os

detalhes deste evento com uma atividade lúdica “jogo da memória - a descoberta do DNA”.

Descrição do Jogo — O jogo da memória é composto por um kit de 32 cartas (anexo I) que formam pares entre si. O objetivo do jogo é formar pares que se complementam corretamente, como, por exemplo, Pergunta-Resposta, Imagem-Nome. As cartas são dispostas da seguinte forma: 03 cartas com imagens referentes ao evento histórico, que formam pares com outras 03 cartas, 13 cartas com questões e 13 cartas com as respectivas respostas (ver “jogo completo” ao final do capítulo).

Procedimentos

Quadro 10.1: Quadro organizacional de competição.

Competição grupos	Kits de jogo	Nº de componentes por grupo	Nº componentes por competição
A x B	1º KIT	3	6
C x D	2º KIT	3	6
E x F	3º KIT	3	6
G x H	4º KIT	3	6
I x J	5º KIT	3	6

Fonte: Os autores.

O/a professor(a) fará grupos na sala de aula de acordo com a quantidade de kits do jogo da memória que considerar necessário em relação ao número de educandos. Supondo que tenha um quantitativo de 30 estudantes, sugere-se 5 kits. Fazer 10 grupos com 3 alunos; a cada 2 grupos, um 1 kit do jogo, que competirão entre si (Quadro 10.1), ganhando a equipe que virar o maior número de pares corretos de cartas.

Para o início do jogo, utilizar o critério de par ou ímpar, lançar um dado etc., para a escolha da equipe que iniciará o jogo. Após a definição do grupo que irá iniciar, as cartas serão embaralhadas, colocadas com as faces das imagens e textos voltados para cima, de forma que os alunos as observem para memorizar sua posição, viram-se novamente as cartas com a face das imagens e

textos voltados para baixo, em uma mesa ou superfície plana, e inicia-se o jogo respeitando o sentido horário para cada membro da equipe participar.

Neste jogo, além de memorizar a posição, é preciso também agrupar as duplas corretamente; para isso, será observado se as cartas se complementam corretamente de acordo com os recortes dos eventos históricos no qual o professor(a) fará o papel de juiz. O aluno deve virar uma carta com a face da imagem voltada para cima e descobrir onde está o seu par; caso encontre, deve retirar o par de cartas do jogo. Caso não encontre o par, deve virar a carta com a face da imagem voltada para baixo e na mesma posição; outro aluno da equipe seguinte faz a jogada com as mesmas etapas descritas anteriormente, e assim sucessivamente, até que todas as cartas estejam com seus respectivos pares. Durante o momento de avaliar a equipe vencedora, os próprios alunos irão contar os pares, o grupo com maior número de pares vence a competição. É interessante fazer semifinais e finais entre os grupos ganhadores das primeiras competições (sugestão).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se, com esta proposta didática, que os professores possam trabalhar o episódio da descoberta da dupla hélice de uma forma lúdica e contextualizada, valorizando, assim, os estudos da História das Ciências para a formação de cidadãos críticos e a produção de conhecimentos científicos como construções coletivas. Dessa forma, o uso dos jogos didáticos pode ajudar a associar e organizar informações da história da ciência, bem como no reconhecimento da estrutura do DNA, nos personagens desse evento histórico e identificar suas contribuições, além de ampliar as estratégias da memorização.

Referências

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

GARCIA, G. S.; SARMENTO, A. F.; OLIVEIRA, R. R.; Do DNA às proteínas: uma sequência didática para o ensino de conceitos básicos de biologia molecular. **Revista Pesquisas e Práticas Educativas**. v. 2, p. 1-23, 2021.

GUSTAELLI, C. **A estrutura do DNA: algumas histórias contadas em livros didáticos**. 2018. 84f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica, São Paulo. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/22253>.

HIDALGO, M. R. LORENCINI Jr., Á. Reflexões sobre a inserção da história e filosofia da ciência no ensino de ciências. **História da Ciência e Ensino: Construindo interfaces**. Vol. 14, pp. 19-38, 2016.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**. v. 24, n. 1, pp. 112-131, 2007.

MELO, A. P.; ROCHA, D. C. Reflexões sobre a importância da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 192, 2017.

MESQUITA, N. A. S.; OLIVEIRA NETO, J. F.; OLIVEIRA, A. P.; MORAES, A. P. A dupla hélice do DNA: história revisitada à luz da epistemologia kuhniana. **Revista Conjectura: Filosofia e Educação**. v. 22, n. 3, pp. 598-616, 2017.

SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; BOAS, A.V.; A história da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo. **Revista Ciência e Educação**. v. 19, n. 3, pp. 599-616, 2013.

ORTIZ, E. **História da ciência no ensino de biologia: virtudes e dificuldades da contextualização histórica do episódio da dupla hélice do DNA**. 2015. 134f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual de Londrina, Londrina. Disponível em: http://bdt.d.ibict.br/vufind/Record/UEL_1f6f2a6a51bb7a13f65561d93845c554.

ORTIZ, E.; SILVA, M. R. 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. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**. v. 21, p. 106-123, 2016.

PONTES, G. K. S. N.; PEREIRA, J. G.; FREIRE, M. E. A.; ANDRADE, M. P. O papel da história e filosofia no ensino de ciência. *In*: IV CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Anais**. Campina Grande: Editora Realize, 2019. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA16_ID2269_17092019153449.pdf.



ANEXO I – CARTAS DO JOGO



Figura I

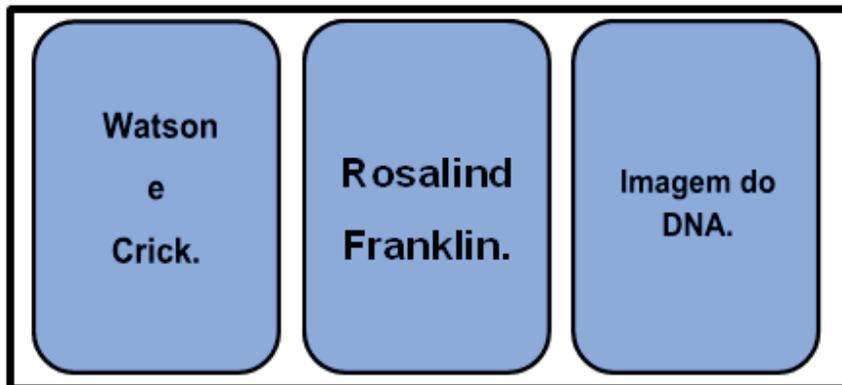


Figura II

Quem descobriu a estrutura do DNA segundo o livro didático? E em que ano foi essa descoberta?	Qual a função do DNA?	Qual era o objetivo de James Watson e Francis Crick?	Após o trabalho realizado com o modelo apresentado por Franklin, qual o seu objetivo, propõem uma estrutura para o DNA. Quanto à helicidade e ao tamanho e diâmetro?
O modelo de dupla hélice proposto por Watson e Crick, foi aceito ou recusado pela sociedade científica?	Como ficou conhecida a Foto que a partir de o experimento de Franklin evidenciava uma possível forma helicoidal para o DNA?	Como Franklin chegou a Foto 51?	Franklin teve a ideia da que indicava uma forma helicoidal para o DNA, e esta ideia não foi ou construída com o Foto 51 e foi a partir do DNA A ou DNA B?
Como Watson teve acesso a cópia da foto 51 produzida por Franklin?	Após dois meses do encontro de Watson com Maurice Wilkins, Watson e Crick propõem uma estrutura para o DNA. Como foi esta estrutura?	A abordagem historiográfica tradicional defende o quê?	A abordagem historiográfica alternativa defende o quê?
Qual era o objetivo de Rosalind Franklin?			

Figura III

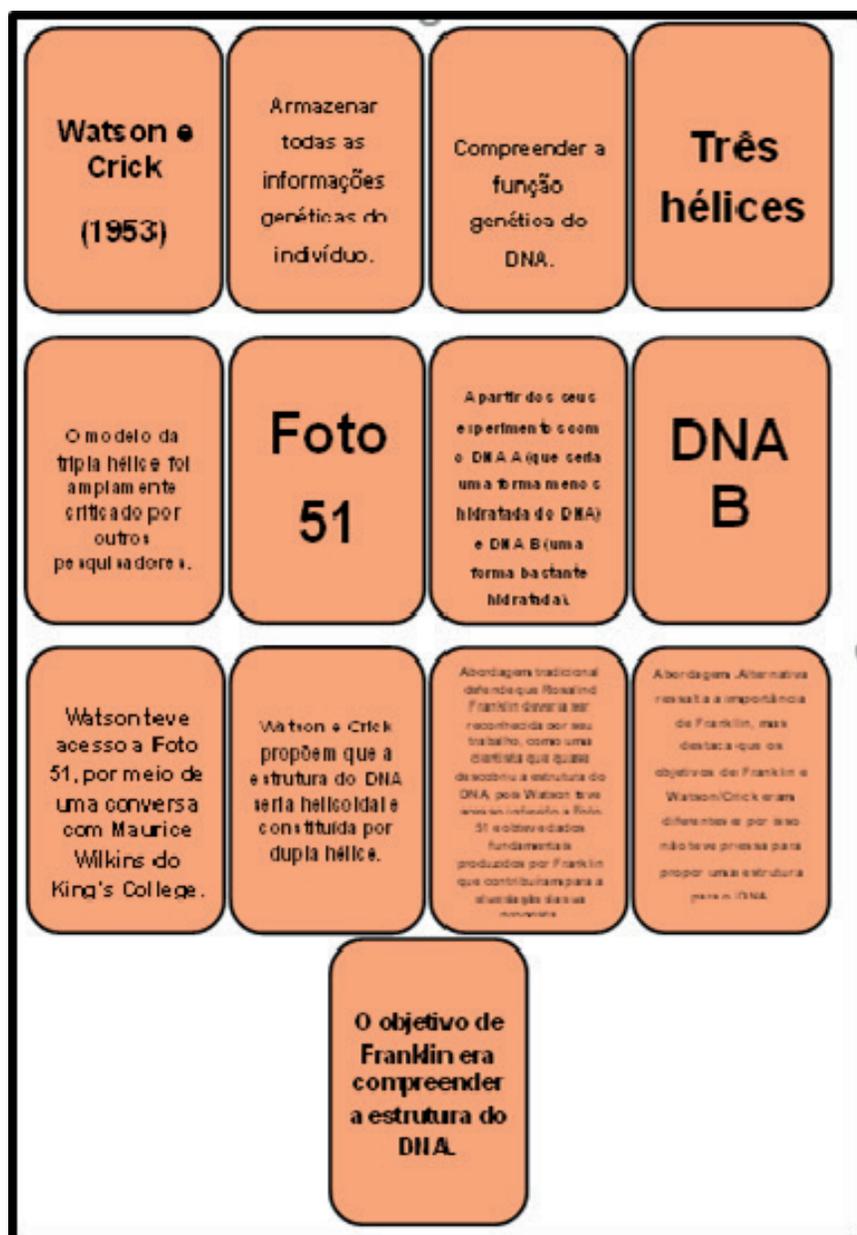


Figura IV

11 O PERIGO DESCONHECIDO: DIALOGANDO COM O CONTEXTO HISTÓRICO DO ACIDENTE COM CÉSIO-137 EM GOIÂNIA-GO, POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Daniel de Oliveira Santana¹

Elizete de Lima Queiroz²

Virgilinx Gustave³

Camila Maria Sitko⁴

11.1. INTRODUÇÃO

A partir do século XX, a radioatividade passou a possibilitar significativos avanços para a sociedade, desde a sua utilização na produção de energia elétrica, à sua utilização na medicina para o tratamento de doenças e fraturas. Porém, mesmo diante de tais benefícios, há alguns cuidados a serem seguidos para se trabalhar com uma fonte de energia radioativa.

Antes de darmos continuidade, é importante aqui conceituarmos o que é a radioatividade. Segundo o *United Nations Environment Programme* (UNEP), a radioatividade é a energia liberada por um átomo de forma espontânea. Tal liberação foi percebida inicialmente pelo físico francês Henri Becquerel (1852-1908) e posteriormente investigada mais detalhadamente pela física e química

1 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

2 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

3 Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

4 Professora no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

polonesa Marie Curie (1867-1934) e seu marido o físico francês Pierre Curie (1859-1906), sendo ambos os três laureados com o Nobel de Física, em 1903, por esses estudos a acerca da natureza da radioatividade (UNEP, 2016).

Ao longo dos estudos sobre esse fenômeno, percebeu-se que a radiação era capaz de ajudar no tratamento de doenças, porém, pouco se sabia sobre os riscos que a exposição a essa energia poderiam causar no organismo. Acerca disso, podemos citar como exemplo a própria estudiosa da radioatividade, Marie Curie (1867-1934), que veio a óbito devido a uma doença no sangue provocada pela exposição à radiação, o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), descobridor do raio X, falecido devido a um câncer, provocado pela quantidade satisfatória de radiação que seu corpo recebia durante o desenvolvimento de suas pesquisas, bem como Henri Becquerel (1852-1908), que teve sua pele queimada após colocar no bolso um frasco contendo Urânio (UNEP, 2016).

Além do mais, ao se falar em radiação, também podemos citar dois eventos catastróficos que envolveram o mau uso da energia nuclear, que foram as bombas nucleares lançadas no Japão, nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, durante a segunda guerra mundial, e o acidente nuclear de Chernobyl (sendo este segundo menos abordado nas escolas quando se comparado as bombas atômicas), resultado da explosão de um dos reatores de uma usina nuclear localizada nas proximidades da cidade de Pripyat, na Ucrânia (UNEP, 2016).

No que diz respeito ao desastre nuclear de Chernobyl, sua ocorrência se deu devido a um teste realizado no reator 4 da usina na madrugada, no dia 26 de abril de 1986. Segundo Souza *et al.* (2014), esse teste tinha o intuito de ver por quanto tempo ainda haveria a produção de energia elétrica após a interrupção do fluxo de vapor de água nas turbinas. Porém, o reator apresentou falhas que culminou no seu derretimento e na explosão do mesmo, o que liberou uma grande quantidade de materiais radioativos para a atmosfera durante dias, contaminando todo o local e regiões próximas.

Além desses grandes acontecimentos, existem outros eventos históricos de acidentes com radiação que marcaram o planeta como um todo, sendo aqui destacado o acidente com Césio-137 ocorrido na cidade de Goiânia, capital do estado do Goiás, Brasil, no ano de 1987. Este é considerado o maior acidente nuclear do Brasil, e também o maior acidente nuclear ocorrido fora de usinas nucleares da história mundial até então.

Desse modo, com este trabalho, pretende-se propor uma sequência didática que possa auxiliar o professor em sala de aula a discutir acerca do acidente com Césio-137 em Goiânia-GO com os seus alunos, de modo que os mesmos possam compreender aspectos da radiação, bem como os fatores que envolveram o acidente, além de possibilitar que os alunos conheçam um acontecimento histórico que marcou o mundo e que se localiza tão próximo de suas realidades.

11.2. ACIDENTE COM CÉSIO – 137 EM GOIÂNIA-GO

“Me apaixonei pelo brilho da morte”.
(Devair Alves Ferreira)

Em 13 de setembro de 1987, ocorreu, na cidade de Goiânia-GO, Brasil, o maior acidente radiológico da história, ocorrido fora de usinas nucleares. O responsável por tal acontecimento foi o manuseio inadequado do Césio-137, bem como a falta de conhecimento das pessoas a respeito desse elemento químico radioativo, uma vez que o mesmo foi encontrado por catadores em uma clínica de radioterapia abandonada no centro da cidade.

De acordo com a Agência Internacional de Energia Nuclear – AIEA (1988), o acidente iniciou quando duas pessoas entraram nas instalações de uma clínica desativada de radioterapia, e encontraram um aparelho utilizado em sessões de radioterapia que havia sido descuidadamente deixado para trás no ato da mudança de prédio. O equipamento tinha como fonte o elemento químico radioativo Césio-137. Com o intuito de conseguir algum valor financeiro com a sucata desse aparelho, as duas pessoas o transportaram para a casa de um deles, e posteriormente o violaram.

Ao violarem o aparelho, os dois catadores tiveram contato direto com o material radioativo (Césio-137), o qual, segundo Resquetti (2013), apresentava-se na forma de pó. Sendo esse material potencialmente solúvel em água, com grande capacidade de se dispersar no espaço, este apresentava grande potencialidade de contaminação e irradiação daquilo que estivesse à sua volta.

Segundo a AIEA (1988), o proprietário do ferro-velho onde o material foi depositado percebeu que a peça que continha Césio-137 emitia um brilho azul no escuro, deixando o homem, assim como as pessoas à sua volta, fascinado com tal fenômeno, sobre o qual não se sabia a explicação. Posteriormente,

esse material (Césio-137) foi distribuído para várias famílias, levando as pessoas a terem sintomas como diarreia, vômito, queda de cabelo, entre outros, devido à alta exposição à radiação. Com o passar dos dias e com o quadro de sintomas das pessoas se agravando, a esposa do dono do ferro-velho começou a desconfiar do material brilhante, de que possivelmente esse seria o responsável por tais acontecimentos.

No dia 28 de setembro Maria Gabriela acondicionou em um saco de fibra parte do material radioativo juntamente com um pedaço de chumbo que seria vendido. Com a ajuda de um funcionário levou o material, de ônibus coletivo, até o Centro de Vigilância Sanitária de Goiânia (RESQUETTI, 2013, p. 108).

É importante ressaltar que o trajeto de ida e volta até o local em que foi levado o material com Césio-137 foi realizado de ônibus, de modo que fosse contaminado e também irradiado um grande número de pessoas durante o percurso. Segundo Okuno (2018), ao chegarem na vigilância sanitária, Maria Gabriela e um dos funcionários do ferro velho de seu marido que a acompanhava foram atendidos, e devido ao grau de saúde que os mesmos apresentavam, foram encaminhados ao Centro de Informações de Doenças Tropicais que funcionava no Hospital de Doenças Tropicais. No local, as primeiras hipóteses levantadas eram de que as bolhas e queimaduras na pele das pessoas haviam sido causadas por radiação.

Segundo Resqueti (2013), essa desconfiança partiu de dois médicos que atendiam, além de Maria Gabriela e o trabalhador que a acompanhava, outras pessoas com os mesmos sintomas. A hipótese veio logo após um aviso da vigilância sanitária sobre o material que havia sido deixado no dia anterior no local, uma vez que esse até então era o suspeito por tais acontecimentos. Com a suspeita de contaminação radioativa, deu-se início ao processo de investigação, que resultou na confirmação da hipótese.

A Secretaria do Meio Ambiente, ao ser informada do ocorrido, solicitou a ajuda de um físico que estava de férias na cidade. Após uma avaliação com um medidor de radiação do escritório da NUCLEBRAS de Goiânia, o físico constatou que a área no entorno do Centro de Vigilância Sanitária

apresentava alta contaminação radioativa, concluindo que o material que lá se encontrava era uma potente fonte radioativa (RESQUETTI, 2013, p. 108).

Após a confirmação por parte do físico e das autoridades da ocorrência da contaminação por material radioativo, os próximos passos foram evacuar as áreas contaminadas, bem como o tratamento de pessoas irradiadas ou contaminadas. Segundo Rasquetti (2013), o início da triagem das pessoas que se situavam nas áreas contaminadas pela radiação ocorreu na noite do dia 29 de setembro no Estádio Olímpico de Goiânia, onde as pessoas ficaram em tendas de monitoramento para a avaliação do grau de contaminação que seus corpos se encontravam. A AIEA (1988) afirma que por meio da triagem realizada por especialistas vindos de São Paulo e Rio de Janeiro a Goiânia, foi possível identificar 20 pessoas que necessitavam de imediato de tratamento hospitalar, sendo 14 dessas encaminhadas ao Hospital Naval Marcílio Dias, no Rio de Janeiro, devido aos seus altos índices de contaminação, e as outras 6 tratadas em Goiânia, cidade de origem do acidente radioativo.

Dentre as que foram encaminhadas para o Hospital Marcílio Dias, estavam Maria Gabriela, esposa de Devair, dono do ferro velho, e a menina Leide das Neves (sobrinha de Devair e Maria Gabriela), sendo essas, as duas primeiras vítimas fatais da radiação. Primeiro, Maria Gabriela, no dia 23 de outubro, e poucas horas depois, ainda no mesmo dia, a menina Leide (RASQUETTI, 2013). Devido à desinformação e ao medo, o enterro de Leide e Maria Gabriela foi marcado por um protesto da população goiana no cemitério, com apedrejamento, pois não queriam que as mesmas fossem enterradas naquela localidade. É importante salientar que os caixões das vítimas foram fabricados com um espesso revestimento de chumbo e concreto de modo a impedir o escape da radiação para o meio externo.

No que diz respeito ao meio ambiente, a AIEA (1988) expõem que este foi severamente contaminado no acidente radiológico, sendo necessárias duas etapas para a descontaminação do mesmo, sendo a primeira relacionada ao controle de todas as fontes potencialmente contaminadas, e a segunda visando trazer à normalidade as condições de vida nesta região. Esta, por sua vez, levou mais tempo para se efetivar por completo.

Acerca disso, Rasquetti (2013) argumenta que várias ações foram necessárias, dentre elas a demolição de casas, remoção de solo e pavimentação, o que, ao final, gerou cerca de 3500 m³ de lixo radioativo, que foram depositados em tambores, containers, caixas metálicas, além de estruturas especiais recobertas com 20cm de cimento, e que foram mais tarde depositados em uma área localizada a 2,5 km da cidade de Abadia do Goiás.

Desse modo, podemos destacar que não pode ser deixado cair no esquecimento um acontecimento/acidente que trouxe para a população brasileira, mais precisamente na cidade de Goiânia-GO, o medo de algo que até então não era conhecido por grande parte da população da época e que até hoje, mais de 30 anos após o ocorrido, ainda apresenta marcas nos envolvidos, sejam elas psicológicas ou físicas.

11.3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Entendemos que o ensino de Ciências deve ser estudado como um todo, e, nesse sentido, é importante que seja estudada a História e Filosofia da Ciência (HFC) em sala de aula, pois, de acordo com Resquetti (2013, p. 36), a HFC “permite mostrar ao jovem que a Ciência é uma construção humana, caracterizada por leis, teorias e princípios elaborados pelo homem ao interpretar os fenômenos naturais.” Desse modo, a abordagem histórico-filosófica colabora para um entendimento mais amplo da atividade científica e da natureza da Ciência.

Com um ensino contextualizado dos conceitos sobre radioatividade, partindo de um problema social, no qual destacamos nesta sequência didática o *Acidente radioativo ocorrido na cidade de Goiânia-GO*, acreditamos que desta forma os alunos sintam-se mais próximos do fazer Ciências, compreendendo o meio em que os envolvem e ainda notarem que a Ciência está presente em seu dia a dia. Corroboramos assim com as ideias de Ricardo (2010), quando afirma que

Inovações metodológicas almejam ampliar os objetivos do ensino das Ciências entre o professor e os alunos, de modo a romper com as práticas tradicionais de ensino para além do mero acúmulo de informações ou transposições mecânicas de técnicas de resolução de exercícios (p. 37).

Uma educação inovadora é baseada no diálogo entre professor e alunos, propiciando ao aluno uma consciência crítica e própria. Nesse sentido, por meio do estudo da História e Filosofia da Ciência, é possível, por exemplo, entender que os “gênios” podem ser pessoas comuns que se dedicam aos estudos de alguma temática e/ou curiosidade, explorando assim, uma visão crítica sobre o empreendimento científico nos alunos.

Realçando a HFC no estudo da radioatividade, tema abordado a partir do recorte da história do ocorrido acidente radioativo em Goiânia-GO, buscamos elaborar uma sequência didática que facilite a aprendizagem dos alunos acerca da temática e de uma concepção crítica sobre Ciência.

Zabala (1998) declara que uma sequência didática ou de ensino é uma proposta metodológica definida por uma série de atividades estruturadas e planejadas.

Desse modo, aqui será proposta uma sequência didática organizada em três aulas, a qual será trabalhada com alunos dos anos finais do ensino fundamental, no componente curricular de Ciências. A seguir, serão apresentados os passos a serem desenvolvidos em cada uma das aulas aqui propostas.

11.3.1. Aula 01: Introdução à radioatividade

Será realizado um estudo da radioatividade de forma dialogada sobre o conceito de radioatividade, a (des)organização dos elementos radioativos na tabela periódica, os malefícios e benefícios da radioatividade

Para dar início a essa etapa, o professor deverá organizar as carteiras da sala de aula de modo a formar um círculo e posteriormente deixar visível aos estudantes uma tabela periódica que será usada durante o estudo do tema, essa tabela periódica pode ser apresentada tanto na forma de banner quanto projetada em datashow. Já realizada a organização do ambiente o professor poderá iniciar instigando os alunos com questões do tipo: *vocês já escutaram a palavra Radioatividade? Como vocês veem a Radioatividade?* Desse modo, o professor já poderá colher os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dessa temática.

Prosseguindo, o professor poderá apresentar aos alunos a tabela periódica, com destaque nos elementos radioativos para que possam observar suas posições na tabela quanto à sua organização. Além do mais, poderá dialogar com os alunos acerca do conceito de radioatividade, dos benefícios e dos malefícios da mesma, por meio do livro: **Radiação: efeitos e Fontes: O que é radiação? O**

que a radiação faz em nós? De onde vem a radiação?. Disponível em: <http://www.aben.com.br/Arquivos/544/544.pdf>.

Esta etapa demandará cerca de 01 (uma) hora.

11.3.2. Aula 02: Exposição da história do acidente radioativo em Goiânia-GO – O Brilho da Morte

Já com os conhecimentos teóricos em mente da aula anterior, nesta aula propõe-se que o professor organize o ambiente da sala de aula de forma que o deixe parecido com sala de vídeo, de modo com que os alunos se sintam confortáveis, no intuito de que estes não desviem sua atenção em relação aos vídeos que serão propostos nesta etapa da sequência didática. Sendo os mesmos presentes nos links abaixo:

Vídeo 1: <https://www.youtube.com/watch?v=n2VdKsqCt0g>

Vídeo 2: <https://www.youtube.com/watch?v=63UWTcXDdpA>

Após assistirem aos vídeos e reportagens, o professor deverá provocar nos alunos o desejo de exporem/falarem suas percepções e seus sentimentos em relação ao acidente Radiológico de Goiânia. Para tal atividade, o professor poderá usar as indagações a seguir:

- Quais as causas do acidente?
- Existe um culpado?
- Qual a percepção que vocês tiveram em relação à sociedade goiana diante do acidente?
- Como estão as vítimas do acidente com o céσιο-137?
- Quais as consequências sociais sofridas pelas vítimas?
- Existe consequência ambiental com o acidente radioativo de Goiânia?

Após o momento de conversa/debate, o professor pedirá aos alunos que leiam o texto-base indicado nesta etapa. Após a leitura, será solicitado que os alunos escrevam pequenos textos de sua autoria, no que tange a história e filosofia da radioatividade, abordando o acidente radiológico de Goiânia-GO e que contemple suas novas percepções sobre radioatividade.

Texto-base: O acidente radioativo de Goiânia – páginas 106-110.

11.3.3. Aula 03: Produção de vídeos

Propor uma produção de vídeos demonstrando os conhecimentos adquiridos após a intervenção sobre o tema radioatividade, com ênfase na abordagem histórica do acidente radioativo de Goiânia-GO. Os vídeos serão feitos no formato do aplicativo de mídia Tik tok (de até 5 minutos), e apresentados para comunidade escolar.

Os vídeos produzidos e estrelados pelos próprios alunos, deverão obedecer aos seguintes quesitos para elaboração:

- Conteúdo: Radioatividade;
- Contexto: Histórico e filosófico da Ciência;
- Acidente Radiológico de Goiânia-GO;
- Consequências (boas e ruins) da radioatividade.

O roteiro da gravação dos vídeos ficará a critério dos alunos. Porém, toda a produção deverá ser consultada e aprovada pelo professor, antes de ser divulgada. Após os vídeos estarem prontos, o professor deverá assisti-los e revisá-los, no intuito que não haja nenhum conteúdo impróprio nos mesmos, além de cuidar para que a imagem dos alunos não seja usada indevidamente.

Nesta etapa final, o professor organizará na escola um “Cine Ciências”, em que convidará a comunidade escolar a assistir aos vídeos produzidos pelos alunos.

Os vídeos serão exibidos em um telão, em que o ambiente estará organizado em forma de cinema.

O professor desenvolverá papel de apresentador do Cine Ciências, bem como, irá expor os objetivos e resultados alcançados por meio da sequência didática.

11.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o uso desta sequência didática, esperamos despertar nos alunos o interesse pelo ensino das Ciências, bem como sua capacidade de criticidade, a partir do ensino realizado em sala de aula. Que os alunos possam perceber que a radioatividade é um fenômeno natural e/ou artificial que foi estudado e desenvolvido para o uso dos seres humanos. Esperamos despertar a

curiosidade dos alunos a fim de que percebam que a Ciência é construída com as mais diversas contribuições sociais e/ou científicas.

Paulo Freire (1996) destaca que ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar possibilidades para a sua produção ou a sua construção. Assim, esta sequência didática busca, a partir de uma abordagem histórica da Ciência, trabalhar o conteúdo de radioatividade em sala de aula, de modo que possa possibilitar ao professor de Ciências caminhos para o ensino de Ciências de forma prazerosa e crítica, problematizando a realidade de nossa sociedade. Acreditamos que um ensino de qualidade seja capaz de estimular a criticidade dos alunos, e que estes sejam capazes de fazer a leitura de mundo, intervir na comunidade em que vivem e fazer dela um lugar cada vez melhor e consciente.

Portanto, com a proposta aqui apresentada, espera-se contribuir para uma intervenção no ensino e aprendizagem de Ciências dos alunos da educação básica, de modo que durante o desenvolvimento dessa atividade os alunos possam construir conhecimentos acerca da radioatividade, principalmente sobre acidente com Césio-137 na cidade de Goiânia-GO, para que assim possam se desenvolver tanto socialmente quanto cientificamente enquanto estudam um acontecimento histórico relacionado ao conteúdo que está sendo abordado.

REFERÊNCIAS

AIEA – AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **The radiological accident in Goiania**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1988.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

RESQUETTI, S.O. **Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio com enfoque na História e Filosofia da Ciência e no movimento CTS**. 2013. Tese (doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de física. In: CARVALHO, A. M. P., et al. **Ensino de física: coleção ideias em ação**. São Paulo: Centage Learning, p. 29-51, 2010.

SOUZA, D. C. B.; VICENTE, R.; ROSTELATO, M. E. C. M.; BORGES, J. F.; TIEZZI, R.; PELEIAS JUNIOR, F. S.; SOUZA, C. D. RODRIGUES, B. T.; BENEÇA, M. A. G.; SOUZA, A. S.; SILVA, T. H. Chernobyl - O estado da arte. *In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE RADIO*, 2014, Gramado - RS. **Anais [...]**. Gramado - RS: Centro de Convenções da FAURGS, 2014.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Radiação: efeitos e Fontes: O que é radiação? O que a radiação faz a nós? De onde vem a radiação?** 2016.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.



SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

Alessandro Tomaz Barbosa

Professor do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT); Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim/UFNT); Líder do Grupo de Pesquisa Decolonialidade e Educação Científica (GPDEC/UFNT). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7252-3009>. E-mail: alessandro.barbosa@ufnt.edu.br

Alexsandra Norberto Mendes

Licenciada em Matemática pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Arraias, Tocantins. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim/UFNT), Araguaína, Tocantins, Brasil. Professora na Secretaria da Educação do Estado do Tocantins (Seduc/To). Orcid: 0000-0003-2303-5196. E-mail: alexandra.mendes@ufnt.edu.br

Ana Caroline dos Santos Oliveira

Licenciada em Pedagogia pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). Especialista em Transtorno do Espectro Autista: intervenções multidisciplinares pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM/Unifesspa), Marabá – PA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7675-1156>. E-mail: anacaroline@unifesspa.edu.br

Bárbara de Almeida Silvério

Licenciada em Física pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro). Mestra em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). Doutoranda no Programa de

Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História da Ciência (PPGEFHC - UFBA/UEFS), Salvador, Bahia. Orcid: 0000-0002-3534-6808. E-mail: barbaradealmeida.s@gmail.com

Brendon Barbosa da Silva

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto Educacional de Santa Catarina/ Faculdade Guarai (IESC-FAG). Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim/UFNT) (PPGECIM) pela Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT) Araguaína- TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3850-7707>. E-mail: biobrendon@gmail.com

Calvino Pereira Da Silveira Júnior

Licenciado em Matemática pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física (Uninter) e em Educação Especial e Inclusiva (Uniasselvi). Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (PPGECM/Unifesspa) e Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática da Universidade Federal do Paraná (PPGECM/UFPR). Professor formador no programa de formação continuada em currículo e ensino de Matemática na Secretaria de Educação de Paragominas, Pará. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9465-482X> E-mail: calvinopsj@unifesspa.edu.br

Camila Maria Sitko

Professora de Física na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus Campo Mourão; Professora pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) e no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF - UTFPR); Líder do Grupo de Pesquisa Cefeidas. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4620-1388>. E-mail: camilasitko@utfpr.edu.br

Caio Maximino

Professor do curso de Psicologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). Professor do Programa de Pós-graduação em Neurociências e Comportamento (PPGNC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), e na Rede de Biotecnologia e Biodiversidade da Amazônia Legal (Rede Bionorte). Líder do Grupo de Pesquisas em Neurociências, Comportamento e Cognição. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3261-9196>. E-mail: cmaximino@unifesspa.edu.br

Carla Andreza Correa Reuter

Licenciada em Letras - Libras/Língua Portuguesa (UFPA) e em Pedagogia (Esmac). Especialista em Libras - Tradução e Interpretação (IBF). Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM/Unifesspa), Marabá - PA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2119-2219>. E-mail: andrezareuter@unifesspa.edu.br

Celiane Reis Oliveira

Licenciada em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Araguatins. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim/UFNT), Araguaína, Tocantins. Professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Araguatins. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1532-3553>. E-mail: celiane-bio90@gmail.com

Clarissa de Oliveira Pinheiro

Mestre em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM). Especialista em: Psicopedagogia e Supervisão Escolar pelo Centro Universitário Faveni; Matemática e Física pela Faculdade Futura; Educação a Distância: Gestão e Tutoria pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (Uniasselvi) Docente de Ensino Superior pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (Uniasselvi), Polo Azo/Mãe do Rio-PA (2019 até 2024). Licenciada em Pedagogia pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (Uniasselvi). Licenciada em

Matemática pela Universidade do Estado do Pará (Uepa). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7117-4495> E-mail: clarissa.pinhoeiro@unifesspa.edu.br

Cleidiane Bispo Gomes

Licenciada em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Tocantins (IFTO) campus Araguatins. Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim/UFNT). Professora da educação básica e Coordenadora de área de Ciências da Natureza no Colégio Estadual Osvaldo Franco (CEOF)- Araguatins, TO. Orcid: 000-0003-2909-332X E-mail: annyggomes@gmail.com

Daniel de Oliveira Santana

Licenciado em Ciências Naturais com habilitação em Física pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestre em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (PPGECM - Unifesspa). Doutorando no Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual de Campinas (PECIM - UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3745-7106>, E-mail: dellsantanado@gmail.com

Deive Barbosa Alves

Licenciado em Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia (2005). Mestrado em Educação pela Universidade Federal de Uberlândia (2012) e doutorado na linha de pesquisa Educação em Ciências e Matemática pela mesma Universidade (2017). Professor do colegiado de Matemática da Universidade Federal do Tocantins, campus Araguaína. Professor e pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGecim) e do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT, Campus de Araguaína - TO. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0850-7362>. E-mail: deivealves@ufnt.edu.br

Elizete de Lima Queiroz

Licenciatura Plena em Ciências Naturais com habilitação em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestra em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). Professora da Educação Básica - Química, Física, Biologia e Matemática na Escola Estadual Indígena Pëptýkre Parkatêjê (Seduc/PA) Marabá, Pará, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3288-6075> E-mail: elizete.queiroz@unifesspa.edu.br

Elzilene Aquino de Araújo

Licenciada em Ciências - Biologia e Química pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM, campus Coari. Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Federal do Norte de Tocantins (PPGecim/UFNT), campus Araguaína - TO. Professora titular na Secretária de Educação e desporto do Estado do Amazonas (Seduc -AM), Codajás, Amazonas, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2118-4737>, E-mail: elzilene.araujo@mail.uft.edu.br

Fernanda Araújo Alves

Licenciada em Biologia pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Federal do Norte de Tocantins (PPGecim/UFNT), campus Araguaína - TO. Orcid: 0000-0001-9566-7921. E-mail: fernandaaraujoalves@educ.to.gov.br

Hevellyn Tays Lima da Silva

Licenciada em Matemática pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Federal do Norte de Tocantins (PPGecim/UFNT), campus Araguaína - TO. Professora da rede estadual de Ensino; Colinas, Tocantins, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7600-9381>. E-mail: hevellyn.tays@uft.edu.br

Jacqueline Soares Carvalho

Licenciada em Química pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Federal do Norte de Tocantins (PPGecim/UFNT), campus Araguaína – TO. Professora da Educação Básica (SESI Araguaína). Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-9920-3024> E-mail: jacqueline_carvalho@mail.uft.edu.br

Jhonatam Dias Amorim

Licenciado em Biologia pela Universidade Federal Tocantins – UFT. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Norte do Tocantins (PPGecim/UFNT). Especialista em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática pelo Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO. Especialista em Gestão Pública pela Faculdade Batista de Minas Gerais – FBMG. Professor da Rede Estadual de Ensino do Tocantins, lotado na Escola Estadual Dom Cornélio Chizzini, Nazaré, Tocantins, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7586-4645>
E-mail: jhonathandias18@gmail.com

Jusciel Kvan Gomes de Souza

Licenciado em Matemática Universidade Federal do Tocantins. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Federal do Norte de Tocantins (PPGecim/UFNT), campus Araguaína - TO. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0774-3064>. E-mail: juscielkvan@uft.edu.br

Kelson Feitosa Silva

Licenciado em Matemática pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Norte do Tocantins (PPGecim/UFNT). Professor na Secretaria Municipal

de Educação de Araguaína (SEMED), Araguaína, Tocantins, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5331-8114>. E-mail: kelson.silva@ufnt.edu.br

Lucas Felipe Reis de Sousa. Licenciado em Química pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína, Tocantins. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática - (PPGecim/UFNT). Araguaína, Tocantins, Brasil. Professor na Secretaria Municipal de Educação de Santana do Araguaia-PA (SEMED). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4097-3419>. E-mail: lucasfelipe10@mail.uft.edu.br.

Luciana de Araújo Corrêa

Licenciada em Ciências - Biologia e Química pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Campus Coari-AM (2018). Mestra em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal Norte do Tocantins (PPGecim/UFNT) Campus Araguaína - TO (2023). Professora titular da Secretaria de Educação e Desporto do Estado do Amazonas (SEDUC-AM), Codajás, Amazonas, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3104-5351>, E-mail: luciana.correa@mail.uft.edu.br

Luciene Costa Santos

Licenciada em Matemática pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus de Arraias. Mestra em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal Norte do Tocantins (PPGecim/UFNT), Câmpus Araguaína. Especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal Goiano (IFGoiano), Câmpus Campos Belos. Especialista em Educação Matemática pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus Arraias. Professora na Secretaria de Educação do Estado do Tocantins (Seduc), Arraias, Tocantins, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8721-9069>. E-mail: lucienec@mail.uft.edu.br.

Luis Carlos dos Santos Moura Junior

Licenciado em Matemática pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Especialização em Educação Matemática pela Escola Superior Batista do Amazonas (Esbam). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Norte do Tocantins (PPGecim/UFNT). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3181-4360>. E-mail: luis.junior@ufnt.edu.br

Marina do Nascimento Santos

Formada em Ciências Naturais com habilitação em Biologia pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA); Especialização em Educação do Campo, Agricultura Familiar e Sustentabilidade na Amazônia pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Mestra em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). Professora da rede municipal e estadual do Pará. Orcid: <https://orcid.org/orcid-search/search?searchQuery=0000-0002-9742-2749>. E-mail: marinasantos2035@gmail.com

Núbia Dias Correia Dantas

Licenciada em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Tocantins - IFTO. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal Norte do Tocantins- UFNT. Professora da Rede Estadual de Ensino do Tocantins- SEDUC-TO, lotada no Colégio Estadual Girassol de Tempo Integral Ernesto Barros, Colinas do Tocantins, Tocantins, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7938-2328>. E-mail: nubia.cordant@gmail.com

Paulo Sergio Ribeiro dos Santos

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Especialista em Gestão Escolar pela Faculdade Dom Alberto. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Norte Tocantins (PPGecim/UFNT). Professor efetivo da rede

estadual de ensino do Tocantins (SEDUC-TO), lotado no Centro de Ensino Médio Félix Camoa, Porto Nacional, Tocantins, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8648-4928>. E-mail: paulosantos@professor.to.gov.br

Salustriano Menezes da Conceição

Graduado em Ciências - Matemática pela Universidade Federal do Tocantins- UFT, campus Tocantinópolis (2005). Mestre no Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa, Campus-Marabá. Professor efetivo da Seduc - PA trabalha na Escola Estadual Albertina Barreiros, na cidade de Itupiranga - PA, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4189-7163>. E-mail: salustianomenezes@gmail.com

Thalya Horryny de Oliveira Nery

Licenciada em Matemática pela Universidade Federal Norte do Tocantins (UFNT). Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal Norte do Tocantins (PPGecim/UFNT). Orcid: 0000-0002-6812-7708. E-mail: thalyahorryny@mail.uft.edu.br

Ujeffesson Marques Silva

Graduado em Educação do Campo com Habilitação em Matemática pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (2019). Especialista em Educação do Campo Agricultura Familiar e Currículo, pelo Instituto Federal do Pará (Campus Rural Marabá) - 2021. Mestre em Educação em Ciências e Matemática, pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM/Unifesspa), na linha de pesquisa “Epistemologia do conhecimento, do ensino e da aprendizagem em ciências e matemática” no programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM). Foi bolsista Capes através do Programa de Apoio à Pós-Graduação da Amazônia Legal. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8223-8447>. E-mail: ujeffesson@unifesspa.edu.br

Virgilinx Gustave

Licenciado em Educação na área de matemática e física pela Universidade Pública do Norte do Cabo-Haitiano (UPNCH). Professor do ensino médio e fundamental. Mestre em Educação em Ciências e Matemática na Unifesspa. Doutorando em Ensino e História Da ciência da Terra no Instituto da Geociencia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0613-7863>. E-mail: virgilinx@gmail.com



Impresso na Prime Graph
em papel offset 75 g/m²
fonte utilizada adobe caslon pro
julho / 2024

Esta obra, construída como produto final das disciplinas de Epistemologia da Ciência (UFNT) e História e Filosofia da Ciência (UNIFESSPA), realizada através da cooperação da Recima (Rede de Educação Científica e Matemática), tem como objetivo disponibilizar sequências didáticas com temas científicos, a partir de abordagens históricas e filosóficas, para uso em sala de aula, para diferentes níveis de ensino, as quais também são adaptáveis a cada contexto educacional. Ao se recorrer à literatura concernente à área, principalmente a brasileira, nota-se que são ainda incipientes trabalhos que apresentem de forma prática proposições de atividades na área de Ciências e Matemática, que tragam a abordagem histórica e filosófica na sala de aula. Desse modo, esse livro enche-se de importância ao apresentar um mosaico de propostas práticas que podem tornar-se um ponto de partida para o trabalho do professor da Educação Básica.



RECIMA
Rede de Educação Científica e Matemática



ISBN 978-65-5563-474-7



9 786555 634747