

Conteúdos históricos, filosóficos e pedagógicos nas provas do Enade 2017 dos cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química

Historical, philosophical, and pedagogical contents in the ENADE 2017 tests of the degree courses in biology, physics, mathematics, and chemistry

Ivy Judensnaider | Universidade Paulista

ivynaider.unicamp@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3670-9495>

Sílvia Fernanda de Mendonça Figueirôa | Faculdade de Educação/Unicamp

silviamf@unicamp.br

<https://orcid.org/0000-0003-0791-2232>

RESUMO A análise das provas do Enade 2017 dos cursos de licenciatura em ciências e matemática permitiu uma reflexão sobre quais temas e abordagens da história e filosofia da ciência (HFC) são importantes na formação docente, do ponto de vista do Inep. Após a seleção e análise dos itens envolvendo conteúdos de HFC, encontramos evidências de que a avaliação desses conteúdos foi fragmentada, dificultando o diálogo entre os eixos científico, pedagógico e histórico-filosófico. Assim, concluímos que a inclusão de conteúdos de HFC em cursos de licenciatura ainda carece de métodos e estratégias capazes de produzir uma educação científica na qual a produção do saber seja percebida como uma prática cultural.

Palavras-chave história da ciência – formação de professores – abordagem contextualizada – ensino de ciências.

ABSTRACT *The analysis of the ENADE 2017 tests of the degree in science and mathematics courses allowed a reflection on which themes and approaches of the history and philosophy of science (HFC) are essential in teacher training from the point of view of INEP. After selecting and analyzing the items*

involving HFC content, we found evidence that the evaluation of these contents needed to be more cohesive, hindering the dialogue between the scientific, pedagogical, and historical-philosophical axes. Thus, we conclude that the inclusion of HFC content in undergraduate courses still lacks methods and strategies capable of producing a scientific education in which the production of knowledge is perceived as a cultural practice.

Keywords *history of science – teacher training – contextual approach – science education.*

Introdução

A inclusão de conteúdos históricos e filosóficos das ciências na formação de docentes de ciências e matemática é preconizada pelo quadro institucional brasileiro em várias instâncias. Com base na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1996, a reforma do ensino médio, por exemplo, adotou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (1998) que sugeriam fortemente a inserção de história e filosofia da ciência (HFC) nos conteúdos programáticos das disciplinas científicas. Por sua vez, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química também explicitaram a importância do entendimento do processo histórico da produção do conhecimento (Brasil, 2001a; 2001b; 2001c; 2001d) como requisito importante da formação docente: sugeriu-se, em especial, que os futuros docentes fossem capazes de compreender o desenvolvimento científico como um processo dinâmico e contínuo e fruto de condições históricas, culturais e sociais.

Este trabalho partiu da premissa de que os itens propostos nas provas do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade) poderiam ser indicadores dos conteúdos considerados importantes pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep) do Ministério da Educação (MEC) para a formação de docentes nos cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química.¹ As provas do Enade, por meio das quais os cursos de bacharelado, licenciatura e tecnológicos de nível superior são avaliados trienalmente, fazem parte de um conjunto de avaliações que se propõe a mensurar a qualidade dos serviços prestados pelas Instituições de Ensino Superior (IES) e medir o desempenho dos alunos. Neste processo avaliativo, o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes) soma os resultados das Comissões Próprias de Avaliação (CPA), organizadas e coordenadas pelas próprias IES, das avaliações externas do Inep, da avaliação que alunos e coordenadores fazem de várias dimensões do curso realizado, e da avaliação do desempenho dos alunos formandos na prova do Enade.

Desde 2004, a prova do Enade tem sido o principal instrumento do MEC na avaliação dos cursos de nível superior. Em 2017, as provas do Enade dos cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química foram realizadas por, aproximadamente, 33 mil alunos: 14 mil alunos de biologia, 3 mil de física, 11 mil de matemática, e 5 mil de química, resultando no comparecimento de cerca de 80% dos inscritos. Aos alunos, foi solicitada a resolução de 40 itens, sendo 10 de formação geral (comuns a todos os cursos que realizaram o exame naquele ano), 25 de formação específica e 5 de formação pedagógica (comuns a todos os alunos de

1 As provas aplicadas em 2017 estão disponíveis em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enade/provas-e-gabaritos>; acesso em: 27 maio 2022. O Banco de Microdados utilizado para a coleta e a análise estatística das respostas e das informações dos alunos não está mais disponível para consulta pública. Em função da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Lei n. 13.709/2018, os dados do Enade, atualmente, estão fragmentados em vários e diferentes arquivos.

cursos de licenciatura, definidos a partir da portaria para o curso de pedagogia (Brasil, 2017). A pergunta que esta pesquisa propôs responder foi: de que forma os conteúdos filosóficos e históricos das ciências foram avaliados nas provas de licenciatura em biologia, física, matemática e química do Enade de 2017? Como possível resposta ao problema proposto, partimos da hipótese de que a formulação dos itens apresentados evidenciaria dificuldades no necessário diálogo entre conteúdos filosóficos, históricos, científicos e pedagógicos.

Por meio de pesquisa documental, analisamos as provas do Enade de 2017 para os cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química, e selecionamos sete itens que tinham como objeto fenômenos/teores históricos. O conteúdo e o formato dos itens foram analisados e, posteriormente, foi avaliado o desempenho dos alunos em termos das alternativas propostas em cada item.

Os itens envolvendo conteúdos históricos e filosóficos das ciências nas provas do Enade de 2017 para os cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química

Para que pudéssemos selecionar os itens objeto da nossa análise, fez-se necessário que definíssemos os critérios para a escolha das questões que envolvessem conteúdos históricos e filosóficos das ciências. A extensa literatura a respeito da natureza da ciência e do trabalho científico (dentre outros, Acevedo-Díaz; Garcia-Carmona, 2015; Allchin, 2014; Forato; Bagdonas; Testoni, 2017; Forato; Pietrocola; Martins, 2011; Lederman, 2013; Martins, 2006; Matthews, 1989; 1995; 2012; Moura, 2014; Peduzzi, 2008; Peduzzi, Raicik, 2020; Gil Pérez et al., 2001; Vasconcelos; Forato, 2018) conduziu-nos à seleção dos itens apresentados a seguir, a partir das seguintes linhas: todos eles ofereceram oportunidades para discutir questões associadas à relevância do contexto histórico e social na geração do conhecimento científico; à natureza mutável e dinâmica do desenvolvimento científico; à importância do pluralismo metodológico para a construção do conhecimento; às relações entre os processos de abstração, observação e experimentação na geração do conhecimento; e ao papel desempenhado pela imaginação, pelas crenças pessoais e pela intuição no fazer científico. Adotamos duas siglas (de compreensão quase intuitiva por parte do leitor) para identificar os itens: aqueles nomeados com a sigla DES são os que envolvem episódios históricos do desenvolvimento das ciências; os itens identificados com a sigla EXP são os que fazem referência a questões do papel da experimentação na construção do conhecimento. Os itens selecionados – e que são objeto do nosso texto – estão apresentados a seguir:

1. Item de múltipla escolha DES01, extraído da prova de licenciatura em física: o item envolve episódio histórico envolvendo Luigi Galvani e Alexandre Volta acerca da eletricidade animal, entre a segunda metade do século XVIII e a primeira metade do século XIX;
2. Item de múltipla escolha DES02, extraído da prova de licenciatura em física: o item aborda a história da formulação dos conceitos de calor, e a utilização da HFC como instrumento para a reformulação conceitual, em especial para a desconstrução de concepções relativas ao senso comum dos alunos;
3. Item de múltipla escolha DES03, extraído da prova de licenciatura em física: o item faz referência ao desenvolvimento histórico dos modelos atômicos a partir dos trabalhos

de John Dalton (1766-1844), Joseph John Thomson (1856-1940), Ernest Rutherford (1871-1937) e Niels Bohr (1885-1962);

4. Item dissertativo DES04, extraído da prova de licenciatura em química: o item aborda o modelo atômico de Joseph John Thomson (1856-1940) e a utilização de analogias como recurso pedagógico no processo ensino-aprendizagem;
5. Item de múltipla escolha DES05, extraído da prova de licenciatura em matemática: o item aborda práticas pedagógicas para o ensino de equações de segundo grau;
6. Item dissertativo EXP01, extraído da prova de licenciatura em física: o item faz referência à importância da experimentação no ensino de ciências;
7. Item de múltipla escolha EXP02, extraído da prova de licenciatura em biologia: o item reflete sobre a natureza do trabalho científico, em particular quanto ao papel da experimentação na construção do conhecimento.

Junto à análise do enunciado e das alternativas, também realizamos testes estatísticos do tipo qui-quadrado de aderência com o auxílio do *software* IBM® SPSS Statistics Versão 23. Essa técnica estatística, amplamente empregada em pesquisas nas mais diversas áreas, permite que se comparem frequências esperadas e observadas de dado fenômeno entre dois ou mais grupos. Os valores esperados são os que surgiriam caso não houvesse relação entre as variáveis; nessa situação, o fenômeno surgiria em proporções iguais em todos os grupos. Por sua vez, os valores observados são aqueles que, efetivamente, surgem nos grupos.² O teste foi utilizado para identificar a existência de diferenças significantes na prevalência entre as categorias (i.e., as alternativas propostas) em uma única variável (i.e., o item). Em outras palavras, o teste permitiu que determinássemos se uma maior frequência em determinada categoria era ou não estatisticamente significativa. Assim, no teste qui-quadrado de aderência, a hipótese nula foi a de que as categorias para cada item seriam escolhidas com probabilidades iguais, para um nível de significância de 0,05. No caso de se obter um valor de significância menor que 0,05, a decisão foi a de rejeitar a hipótese nula, confirmando a existência de diferenças estatisticamente significantes nas frequências das categorias e na prevalência de uma delas (Greasley, 2008; Field, 2009). O Quadro 1 resume os resultados dos testes.

Quadro 1: Teste qui-quadrado de aderência das distribuições de frequência às alternativas apresentadas em cada item

Item	Estatística
DES01	$\chi^2(4) = 376,416$; p valor < 0,05
DES02	$\chi^2(4) = 1209,039$; p valor < 0,05
DES03	$\chi^2(4) = 644,206$; p valor < 0,05
DES05	$\chi^2(4) = 2819,860$; p valor < 0,05
EXP02	$\chi^2(4) = 760,997$; p valor < 0,05

Fonte: as autoras, a partir do Banco de Microdados do Inep (2021).

2 Mais detalhes sobre este e outros procedimentos estatísticos empregados neste artigo podem ser encontrados em Ellis (2010).

A análise dos dados apresentados no Quadro 1 permite concluir que, em relação aos itens de múltipla escolha (excetuando-se, assim, os itens DES04 e EXP01), os testes qui-quadrado de aderência mostraram a existência de diferenças significantes entre as escolhas realizadas pelos alunos e a prevalência de uma alternativa sobre as demais. A seguir, apresentamos cada item, a análise de seu enunciado e de suas alternativas, e os resultados relativos à frequência de respostas dadas pelos alunos. É importante notar que as tabelas de frequência de respostas contêm as porcentagens obtidas para cada uma das alternativas, sendo que os valores observados são aqueles que, efetivamente, surgem na distribuição. Caso não houvesse qualquer fator que explicasse uma frequência maior de determinada alternativa, os valores esperados seriam aqueles em que as alternativas fossem escolhidas em proporções semelhantes, ou seja, 20% cada. No caso de existir uma alternativa predominante (e, do ponto de vista estatístico, significativa), pode-se concluir que não houve uma distribuição aleatória na escolha das alternativas.

O item DES01

O item DES01 abordou os desenvolvimentos relativos à teoria da eletricidade animal. O recorte feito tratou do episódio histórico envolvendo Luigi Galvani e Alessandro Volta que, por meio de uma carta, comentou os resultados obtidos pelo colega. Com base neste episódio, o item sugeriu alternativas que aludem aos conceitos de "ruptura", "consenso" e "erros" na construção do conhecimento. A seguir, apresentamos o item DES01.

DES01

Na segunda metade do século XVIII, Luigi Galvani (1737-1798) desenvolveu a ideia de eletricidade animal, inspirado por seus feitos com rãs. Para o físico e químico Alessandro Volta (1745-1827), no entanto, a contração das pernas das rãs nos experimentos de Galvani era apenas a manifestação da eletricidade comum. Segundo Volta, a eletricidade não era animal e, sim, metálica. Volta, em 1798, escreveu uma carta anônima a Aldini (sobrinho de Galvani), da qual extraiu-se o trecho a seguir. [...] Agora, portanto, que está [demonstrado], agora que tudo está não apenas provado, mas exibido diante dos olhos por meio dos experimentos acima citados com placas metálicas e mesmo não metálicas, que se tornam fortemente eletrificados e que transmitem sinais claros ao eletrômetro através de mero contato mútuo – o que você dirá, meu caro Aldini, e o que dirá o próprio Galvani? [...] Eu concludo, portanto, que está demonstrada sua eletricidade externa.

MARTINS, R. A. Alessandro Volta e a descoberta da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. *Acta Scientiarum*, v. 21, n. 4, p. 823-835, 1999. (adaptado)

Com base nesse contexto, avalie as afirmações a seguir.

I. Os fatos demonstram que, no estabelecimento de certas ideias em ciência, há modelos que disputam a primazia e, após objeções, discussões, rupturas, consenso, alguns são totalmente (ou parcialmente) abandonados em favor de outros que se impõem como gerais.

II. A eletricidade animal de Galvani pode ser interpretada como um equívoco conceitual, visto que o fenômeno das contrações das pernas das rãs, em seus experimentos, foi explicado como efeito provocado por um fluido proveniente do próprio animal.

III. A carta de Volta constitui um possível recurso metodológico no ensino de Ciências, para demonstrar a evolução do conceito de eletricidade.

É correto o que se afirma em

- a) I, apenas.
- b) III, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

Alternativa correta: E.

(Brasil, 2018b)

O episódio histórico envolvendo Galvani é frequentemente citado como parte de uma narrativa na qual ele teria, de forma involuntária, contribuído para a invenção da pilha de Volta (Raicik, 2019); nesses termos, e como em outros momentos da HFC, o erro de um cientista teria colaborado para que outro acertasse. No entanto, o episódio oferece outras oportunidades de reflexão (e talvez mais relevantes) para além do acaso de um experimento fazendo surgir uma suposta “verdade”.

Galvani estava particularmente interessado no estudo do movimento muscular que acontecia independentemente da vontade humana.³ Nem sempre os resultados alcançados foram os esperados, mas isso não quer dizer que Galvani agia às cegas. Ao contrário, ele era extremamente rigoroso quando da realização dos seus experimentos, em particular quanto ao controle das condições experimentais. Ainda, as variadas experimentações que realizava tinham como base constructos teóricos, ou seja, não aconteciam à toa. Essas variações eram fruto de escolhas técnicas apoiadas em hipóteses estabelecidas, e não um mero exercício de tentativa e erro (Raicik, 2019).

Embora o episódio histórico envolvendo Galvani tenha sido adequadamente selecionado (já que ele permite uma série de discussões importantes no campo da construção do conhecimento, em especial quanto à necessidade prévia de abstração e de elaboração teórica antes da experiência), os formuladores do item parecem ter considerado irrelevante ressaltar que o conhecimento científico não se constrói por meio de um processo linear. Tal abordagem revela-se, no mínimo, curiosa, já que a elaboração do conceito de eletricidade, justamente o objeto do item, percorreu um trajeto bem pouco linear. Assim, ao usar o termo “evolução” na terceira afirmativa, o item pode ter induzido a erros os alunos mais familiarizados com o conceito de descontinuidade do processo histórico: para esses, o termo “evolução” seria inadequado, ficando eliminada a alternativa que considerava correta todas as afirmativas. Finalmente, deve-se assinalar que os objetivos do item poderiam ter incluído a discussão do papel da mulher na construção da ciência: Lucia, esposa de Galvani por vinte anos, colaborou intensamente com seu marido, fato pouco mencionado e que resulta da invisibilidade das mulheres que participaram do processo de desenvolvimento científico, sozinhas ou em parceria com outros pesquisadores

3 Como explica Russo (2004, p. 310): “Ao final do século XVII, o fracasso das teorias mecanicistas aplicadas ao estudo do ser vivo se tornava cada vez mais evidente, principalmente no que diz respeito às explicações fisiológicas e patológicas das estruturas nervosas e musculares. Por outro lado, as discussões filosóficas do século XVIII relativas ao conhecimento humano e aos limites de nossa experiência sensível exigiam cada vez mais um estudo aprofundado sobre a fisiologia dos sentidos e a sensibilidade. Neste contexto, a teoria da *irritabilidade* e *sensibilidade* de [Albrecht von] Haller se apresenta como uma possibilidade de repensar a fisiologia das estruturas nervosas para além das explicações mecanicistas e animistas já conhecidas no século XVIII.”

(Raicik, 2019). A seguir, na Tabela 1, apresentamos a distribuição de valores observados (V_{obs}) e esperados (V_{esp}) das respostas dadas ao item.

Tabela 1: Frequência de respostas ao item DES01 (gabarito = E) da prova de licenciatura em física do Enade de 2017

	V_{obs}	%	V_{esp}	%
Alternativa A	556	0,20	562	0,20
Alternativa B	417	0,15	562	0,20
Alternativa C	522	0,19	562	0,20
Alternativa D	366	0,13	562	0,20
Alternativa E	950	0,34	562	0,20
Total	2811			

Fonte: as autoras, a partir do Banco de Microdados do Inep (2021).

A alternativa correta foi a categoria mais apontada pelos licenciandos, não tendo surgido distrator (i.e., qualquer resposta que não a correta) mais forte que o gabarito. Ainda, deve-se observar que, do ponto de vista dos conteúdos científicos, o item envolveu os desenvolvimentos do conceito de eletricidade; e, em relação aos conteúdos históricos e filosóficos, o item permitiu a reflexão sobre o papel da abstração e da empiria na construção do conhecimento no século XVIII. Entretanto, não há em DES01 clareza quanto às formas de inclusão desse evento histórico no ambiente escolar: aliás, o uso da carta de Volta como um instrumento interessante para a discussão desse “recorte” em sala de aula foi considerado incorreto por 39% dos alunos (proporção de alunos que escolheram as alternativas A e C, superior aos que escolheram a alternativa correta, segundo o gabarito).

O item DES02

O item DES02 propôs a reflexão sobre as narrativas históricas associadas ao desenvolvimento teórico do conceito de calor, ao longo de três séculos. Com base neste recorte, as alternativas fizeram referências às concepções espontâneas de calor e à importância da inclusão de conteúdos históricos e filosóficos das ciências para o processo de reformulação conceitual. A seguir, apresentamos o item DES02 e, na Tabela 2, as frequências de respostas dadas pelos alunos.

DES02 (Física)

Alguns estudantes apresentam uma concepção de calor que remete a conceitos de cientistas que, por volta do século XIX, o denominavam calórico. Em sala de aula, detectam-se essas concepções a partir de frases associadas à sensação térmica, “estou com muito calor”, o que expressa a ideia de que o corpo possui calor. Esse tipo de concepção, denominado concepção espontânea, constitui um obstáculo frequente para o ensino dessa grandeza física.

Considerando as estratégias para o ensino do conceito de calor em uma aula de Física, avalie as afirmações a seguir.

I. As concepções espontâneas acerca do calor atribuem a essa grandeza física uma ideia de substância ou fluido aos corpos, o que justifica a crença de que tal substância ou fluido seja a causa do aumento ou da diminuição da temperatura dos corpos.

II. A professora pode buscar na História e na epistemologia da ciência elementos que fundamentem a abordagem das concepções espontâneas acerca do calor.

III. Na elaboração dessas estratégias, é importante considerar as concepções espontâneas, e a partir delas, desencadear o processo de ensino-aprendizagem com a reformulação conceitual.

É correto o que se afirma em

- a) II, apenas.
- b) III, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) I e III, apenas.
- e) I, II e III.

Alternativa correta: E.

(Brasil, 2018b)

Do ponto de vista científico, o item envolveu a discussão sobre o conceito de calor, associou os desenvolvimentos teóricos sobre o calor a concepções inadequadas dos alunos que, nos dias de hoje, funcionariam como obstáculos epistemológicos para a compreensão dessa grandeza física; ainda, fez alusão entre a distância da experiência empírica e a explicação teórica sobre fenômenos do mundo natural. Em relação à abordagem pedagógica, o item faz referência às possibilidades de uso desse “recorte” para discussões epistemológicas, mas não sinaliza a estratégia a ser usada pelos docentes em sala de aula. A seguir, apresentamos os resultados referentes ao desempenho dos alunos no item.

Tabela 2: Frequência de respostas ao item DES02 (gabarito = E) da prova de licenciatura em física do Enade 2017

	V _{obs}	%	V _{esp}	%
Alternativa A	177	0,06	562	0,20
Alternativa B	559	0,20	562	0,20
Alternativa C	228	0,08	562	0,20
Alternativa D	641	0,23	562	0,20
Alternativa E	1205	0,43	562	0,20
Total	2810			

Fonte: as autoras, a partir do Banco de Microdados do Inep (2021).

A Tabela 2 nos mostra que não houve um distrator mais forte do que a alternativa correspondente ao gabarito. Também é digno de nota que 43% dos alunos (os que escolheram as alternativas B e D) tenham avaliado como incorreta a assertiva que afirma que “a professora pode buscar na História e na epistemologia da ciência elementos que fundamentem a abordagem das concepções espontâneas acerca do calor”, a mesma proporção de alunos que acertou o item.

O item DES03

O item DES03 abordou as etapas de desenvolvimento do modelo atômico ao longo de 24 séculos, comparando – e colocando para dialogar – as perspectivas dos filósofos pré-socráticos, de John Dalton (1766-1844), de Joseph John Thomson (1856-1940) e de Ernest Rutherford (1871-1937). Entretanto, o desenvolvimento teórico do modelo atômico não ocorreu de forma tão simples quanto o item parece supor.

Para os pré-socráticos, a noção de átomo respondia a uma questão que, para eles, era essencial: qual era a matéria primordial do mundo? Como explicar a não continuidade da matéria, uma forte convicção dos filósofos do período? (Peduzzi, 2008) A resposta estava na concepção do átomo como responsável por explicar as características das coisas: eram os átomos os responsáveis pela dureza, pelo formato, pelo aroma e pelo sabor de cada objeto; ainda, havia um espaço onde não havia qualquer matéria, o que permitia que os seres e os objetos se movessem, sofrendo, assim, alterações (Peduzzi, 2008). No entanto, essa não foi a perspectiva dos pesquisadores que, a partir do século XIX, procuraram entender a constituição da matéria e a combinação entre elementos.

Dalton estava preocupado em estudar as proporções numéricas que caracterizavam compostos, não havendo qualquer continuidade entre o pensamento pré-socrático e as pesquisas por ele desenvolvidas (Peduzzi, 2008). No contexto do século XIX, e em meio ao debate sobre a (des)continuidade da matéria, Dalton considerava de suma importância ser possível representar a constituição do átomo (Vasconcelos; Forato, 2018). Por sua vez, Thompson estava interessado na natureza dos raios catódicos, e seus experimentos levaram-no à descoberta do elétron. No seu modelo, “os elétrons negativos circulavam em anéis coplanares dentro de uma esfera preenchida uniformemente com uma carga positiva” (Vasconcelos; Forato, 2018, p. 860), assemelhando-se a um “pudim de passas”, e por conta disso, foi agraciado com o Nobel de Física em 1906.

O físico japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950), em 1904, elaborou um modelo distinto do de Thomson, dessa vez assemelhado a um planeta rodeado de anéis. Nagaoka, no entanto, teve que lidar com o mesmo problema com o qual Thompson já havia se deparado: a dificuldade de explicar a instabilidade do átomo. Os modelos de ambos, caso funcionassem de acordo com as leis da física clássica, levariam ao “colapso do átomo” (Vasconcelos; Forato, 2018). Por sua vez, Rutherford (1871-1937), que sempre se recusou a admitir que as investigações de Nagaoka haviam colaborado para as suas pesquisas, formulou um modelo semelhante ao sistema planetário, mas que ainda não resolvia o problema do colapso do átomo, caso aceitas as premissas da física clássica. Esta questão só foi resolvida por Niels Bohr (1885-1962), cujo modelo – aceito atualmente – partiu da suposição de que os elétrons emitiam energia, o que os mantinha afastados do núcleo do átomo, sendo que essa energia aumentava à medida que os elétrons se afastavam do núcleo.

A seguir, apresentamos o item DES03.

DES03 (Física)

O atomismo surgiu na Grécia antiga como uma tese metafísica, estabelecendo proposições sobre a natureza final da realidade material por meio de argumentos filosóficos. No século XVII, as versões do atomismo desenvolvidas pelos filósofos mecânicos compartilhavam a mesma característica. Em contraste, na ciência moderna, o modelo do átomo é subsidiado por modelos teóricos e resultados experimentais, não por argumentos filosóficos.

Considerando alguns modelos atômicos, avalie as afirmações a seguir.

I. A descoberta do elétron pelo físico J.J. Thomson contribuiu para se diminuir a crença na instabilidade do átomo e, conseqüentemente, para se construir um modelo atômico com a participação de elétrons.

II. O conceito de núcleo atômico, aceito atualmente, foi estabelecido pelo próprio físico J.J. Thomson, com seu modelo conhecido popularmente como “pudim de passas”.

III. A interpretação dos resultados dos experimentos de E. Rutherford levou à proposição de um modelo atômico incompatível com as leis da física clássica do final do século XIX.

IV. Os estudos de N. Bohr sobre espectros de emissão embasaram a proposição de um modelo para o átomo no qual elétrons e prótons se encontram uniformemente distribuídos em simetria esférica.

É correto apenas o que se afirma em

- a) I e III.
- b) I e IV.
- c) II e III.
- d) I, II e IV.
- e) II, III e IV.

Alternativa correta: A.

(Brasil, 2018b)

Embora, aparentemente, o item pareça ser um bom exemplo de inclusão de HFC na prova do Enade, é importante que façamos algumas ressalvas à elaboração do enunciado e das assertivas. O item envolve quase 24 séculos de desenvolvimento teórico sobre o modelo atômico, o que colabora para a construção de uma falsa ideia de continuidade nas pesquisas dos diversos pensadores, e acaba por atribuir ao processo de construção do conhecimento um caráter bastante simplista, reducionista e anacrônico (Forato; Bagdonas, Testoni, 2017; Forato; Pietrocola; Martins, 2011). Tal como formulado, o item faz desaparecer o caráter complexo do próprio desenvolvimento teórico do modelo atômico, inclusive ignorando os obstáculos, as dificuldades e os descaminhos presentes ao longo do processo de construção do conhecimento. Nesse sentido, a elaboração do item parece supor que, durante 2.400 anos, todos os pensadores e pesquisadores estiveram falando de um mesmo “átomo” e buscando respostas para uma única pergunta. Ainda, o item desconsidera que os pensadores elaboram perguntas a partir do contexto sócio-histórico em que vivem, sendo plausível imaginar que, dificilmente, as indagações que motivaram os desenvolvimentos do modelo atômico no período pré-socrático tenham sido as mesmas feitas no século XX (Vasconcelos; Forato, 2018).

Ainda, é importante mencionar que o item pergunta sobre os aspectos históricos do modelo de átomo, mas não abre espaço para uma reflexão a respeito da participação da experimentação, da abstração teórica e da quantificação matemática dos resultados empíricos na construção do conhecimento (Vasconcelos; Forato, 2018). Deve-se ressaltar, também, que não há no item menção a práticas ou estratégias para discutir esses conteúdos no ambiente escolar, e tampouco há esclarecimentos sobre quais contribuições o estudo desse imenso “recorte” poderia oferecer para a compreensão dos conteúdos científicos. Finalmente, o item deixa escapar a oportunidade de discutir a construção do conhecimento científico a partir de uma abordagem não eurocêntrica, ignorando o papel de Hantaro Nagaoka no processo de formulação do modelo atômico.

A seguir, apresentamos as frequências de respostas dadas pelos alunos no item. Como é possível verificar na Tabela 3, nenhum distrator mostrou ser mais forte do que a alternativa correta.

Tabela 3: Frequência de respostas ao item DES03 (gabarito = A) da prova de licenciatura em física do Enade de 2017

	V _{obs}	%	V _{esp}	%
Alternativa A	1070	0,38	563	0,20
Alternativa B	585	0,21	563	0,20
Alternativa C	390	0,14	563	0,20
Alternativa D	462	0,16	563	0,20
Alternativa E	308	0,11	563	0,20
Total	2815			

Fonte: as autoras, a partir do Banco de Microdados do Inep (2021).

O item DES04

A analogia do modelo de Thomson com o “pudim de passas” foi objeto do item DES04, de caráter dissertativo, extraído da prova de química. Assim, DES04 discutiu três aspectos fundamentais que envolvem o conteúdo de HFC no ensino, ou seja, o científico, o histórico/filosófico e o pedagógico. O item faz referência ao fato de Thomson ter concebido um modelo no qual “os elétrons negativos circulavam em anéis coplanares dentro de uma esfera preenchida uniformemente com uma carga positiva” (Vasconcelos; Forato, 2018, p. 860), algo semelhante a um “pudim de passas”, um prato de sobremesa típico da Inglaterra; neste modelo, elétrons com a mesma carga estariam espalhados no átomo e, por causa da repulsão entre eles, distribuir-se-iam de maneira uniforme na esfera. Assim, pode-se dizer que, considerando os eixos científico, histórico/filosófico e pedagógico, DES04 propôs discussões em todos eles. A seguir, apresentamos o item DES04.

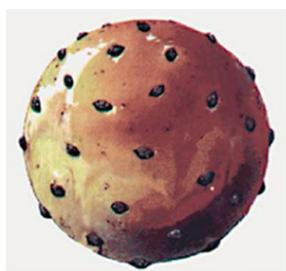
DES04 (Química)

A pesquisa desenvolvida por J. J. Thomson é uma das mais ricas na história da ciência. Ele pesquisou em diferentes áreas da física e da química, enfatizando que a chave para entender

valência e propriedades periódicas era valorizar as estruturas subatômicas em detrimento de observações macroscópicas. Uma de suas principais contribuições para a Ciência foi a apresentação de ideias sobre a constituição atômica da matéria a partir das relações com a carga elétrica. No entanto, Thomson é reconhecido, nos livros didáticos, fundamentalmente pela construção do modelo atômico, em que é apresentada a analogia do pudim de passas, conforme ilustrado na figura a seguir.

LOPES, C.V.M.; MARTINS, R.J.J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o pudim de passas nos livros texto. *Anais VII Enpec*, Florianópolis, 2009. (adaptado)

Modelo atômico de Thomson



HARTWIG, D.R.; SOUZA, E. E.; MOTA, R.N. *Química: Química Geral e Inorgânica*. São Paulo: Scipione, 1999 (adaptado).

HARTWIG, D.R.; SOUZA, E.E.; MOTA, R.N. *Química: química geral e inorgânica*. São Paulo: Scipione, 1999. (adaptado)

As analogias são modelos de ensino utilizados por professores e autores de livros didáticos e, na utilização da linguagem analógica como instrumento para ensino-aprendizagem de conceitos científicos, deve-se priorizar o movimento que vai da apresentação do conceito, por meio da aproximação analógica, desconstruindo a analogia na sequência. Nesse contexto, utilize o exemplo da analogia apresentado para redigir uma justificativa de natureza pedagógica para o uso e outra para o não uso de analogias na abordagem de modelos atômicos (valor: 10,0 pontos).

(Brasil, 2018d)

O item faz referência ao uso de analogia, um recurso didático que se baseia em comparações ou reflexões, em especial entre um objeto conhecido e, outro, desconhecido (Duarte, 2016). Esta conexão é particularmente útil quando estão sendo discutidos conceitos novos com os alunos, já que estes são colocados em contato com imagens que possibilitam identificar semelhanças e diferenças entre o objeto que está sendo investigado e o modelo análogo, já conhecido.

É recomendado que, depois da apropriação dos novos conceitos, a analogia seja desconstruída, já que sua utilização envolve alguns riscos: a) a analogia pode não fazer sentido para os alunos; b) ou a analogia pode remeter a uma representação simbólica que não corresponde ao conceito que se pretende discutir (Lopes; Martins, 2009). Os dois problemas ocorrem com a utilização da imagem do pudim de passas para a compreensão do modelo de Thomson. Em primeiro lugar, o “pudim de passas” não é um prato facilmente reconhecido pelos alunos, já que é um doce típico do Reino Unido, pouco consumido no Brasil (Lopes; Martins, 2009). Em

segundo, a analogia favorece a compreensão do modelo de Thomson de maneira incorreta, já que o pudim cravejado de passas remete a algo estático, bem diferente do modelo dinâmico que pretendia representar (Lopes; Martins, 2009).

Considerando um aproveitamento entre 0 e 100%, as notas obtidas no item DES04 podem ser visualizadas na Tabela 4. Como é possível observar, as médias alcançadas são baixas (no Brasil como um todo, 13,8% de desempenho) e o desvio padrão é elevado (mostrando uma significativa heterogeneidade no conjunto de alunos em termos de desempenho).⁴

Tabela 4: Estatísticas básicas das notas do item DES04 da prova de licenciatura em química do Enade de 2017

	Média	Desvio Padrão	Mínima	Mediana	Máxima
Brasil	13,8	21,4	0,0	0,0	100,0

Fonte: Brasil (2018d, p. 258), com modificações pelas autoras.

Ainda, é importante considerar que aproximadamente 25% dos alunos não responderam à questão, e que 45% dos estudantes não obtiveram pontuação maior do que zero nesse item. Além da nota zero, outro valor modal encontra-se no intervalo [20;30]. Em relação ao item, os avaliadores do Inep (Brasil, 2018d, p. 263), concluíram que “foi possível constatar que os graduandos de Licenciatura não tinham conhecimento sobre o tema ou que não conseguiram construir uma linha de raciocínio completa em suas respostas”.

O item DES05

O item DES05 fez uso de um trecho dos PCN para indagar a respeito de estratégias a serem utilizadas para a discussão do conteúdo referente à equação de segundo grau com os alunos. Nesse sentido, o trecho trata da resolução de problemas como ponto de partida para o trabalho em sala de aula, e utilização de recursos tais como a história da matemática e as tecnologias de comunicação. Como sugestões didáticas, o item propôs combinações entre várias estratégias (Brasil, 2018c), tais como:

1. definição do conceito;
2. apresentação de gráfico;
3. resolução de exercícios com calculadora ou com *software* apropriado;
4. uso de *software* para explorar aspectos gráficos e algébricos;
5. discussão de situações que exigem a resolução de equações de segundo grau;
6. realização de pesquisa sobre o tema ou sobre a história da fórmula.

4 As notas obtidas pelos alunos nesse item foram extremamente baixas (por ausência ou deficiência nas respostas). Conforme Brasil (2018d, p. 257), “a Mediana foi 0,0 nas duas modalidades de ensino da Licenciatura e em todas as regiões. Cumpre lembrar que para aquelas combinações de modalidade e região com Mediana zero, temos que pelo menos metade dos alunos obtiveram esta nota. A nota Mínima foi zero para todas as combinações de modalidade de ensino e região”.

A seguir, apresentamos DES05:

DES05 (Matemática)

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) indica-se a resolução de problemas como ponto de partida da atividade matemática e discutem-se caminhos para fazer matemática na sala de aula, destacando-se, entre outras, a importância da história da matemática e das tecnologias da comunicação. Desse modo, buscaram-se estudantes mais criativos e versáteis, capazes de entender o processo como um todo, dotados de autonomia e iniciativa para resolver problemas em equipe e para utilizar diferentes tecnologias e linguagens.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*. Brasília: MEC, 1998. (adaptado)

Considerando o trabalho em sala de aula com equações do segundo grau, escolha, entre as situações descritas nas opções a seguir, aquela na qual o professor adotou uma metodologia adequada, de acordo com a perspectiva mencionada no fragmento de texto dos PCN.

- a) o professor apresentou a definição, o gráfico e, em seguida, resolveu dois exemplos, aplicando a fórmula que resolve a equação do segundo grau, utilizando a calculadora.
- b) O professor explorou aspectos gráficos e algébricos com o uso de um *software* e, em seguida, propôs a resolução de exercícios com esse instrumento.
- c) O professor expôs situações cujos modelos matemáticos resultam em equações do segundo grau e, em seguida, propôs uma pesquisa sobre a sua resolução.
- d) o professor apresentou a história da fórmula que resolve a equação do segundo grau e, em seguida, utilizou a calculadora na resolução de exercícios com essa fórmula.
- e) O professor propôs uma pesquisa em grupo, na *internet*, sobre a história da fórmula que resolve a equação do segundo grau.

Alternativa correta: C.

(Brasil, 2018c)

As estratégias propostas combinam práticas que podem incentivar, ou não, a autonomia dos alunos e a compreensão de que o conhecimento tem origem em determinados contextos sociais e históricos. A grande dificuldade, no entanto, diz respeito ao fato de as alternativas combinarem práticas que estimulam a autonomia com outras que fazem o inverso. Assim, por exemplo, as estratégias de definir conceito, apresentar o gráfico e resolver exercício (sem que eles derivem de uma situação compreensível para o aluno) são práticas em que o aluno acaba por ser colocado em uma posição de extrema passividade, já que a ele só cabe “entender”, “memorizar” e “responder” o exercício. Em contrapartida, a exposição de situações possíveis de serem resolvidas com equações do segundo grau pode colaborar para que o aluno contextualize o conhecimento, tornando-se capaz, portanto, de refletir a respeito da aplicação desse saber em situações práticas, e de forma bastante autônoma.

Em relação ao uso da história da matemática como forma de facilitar a compreensão do conceito pelo aluno, cabe fazer uma ressalva. A utilização de episódios históricos pode contribuir, e muito, para uma educação científica contextualizada, na qual o conhecimento é apreendido como uma produção humana. No entanto, caso os episódios históricos sejam utilizados apenas para “ilustrar” o conteúdo científico, não há benefício algum na sua inclusão (Brandemberg,

2017). De fato, a depender da forma como os episódios históricos são incluídos no ensino (por exemplo, de forma linear, exaltando os grandes gênios etc.), há mais malefícios do que benefícios na adoção dessa prática.

A análise do item mostra que há uma prática recomendável em cada uma das alternativas. Assim, o gabarito da questão é a alternativa em que as duas propostas são recomendáveis, esquema que pode induzir o aluno a erro. Ainda, deve-se notar que a inclusão da história da ciência como estratégia de ensino é sugerida apenas em duas alternativas, e ambas incorretas.

A seguir, na Tabela 5 apresentamos as frequências de respostas dadas no item, sendo possível observar que não há distrator mais forte do que o gabarito.

Tabela 5: Frequência de respostas ao item DES05 (gabarito = C) da prova de licenciatura em matemática do Enade de 2017

	V _{obs}	%	V _{esp}	%
Alternativa A	671	0,06	2162,6	0,20
Alternativa B	2899	0,27	2162,6	0,20
Alternativa C	3756	0,35	2162,6	0,20
Alternativa D	1274	0,12	2162,6	0,20
Alternativa E	2213	0,20	2162,6	0,20
Total	10813			

Fonte: as autoras, a partir do Banco de Microdados do Inep (2021).

Os itens EXP01 e EXP02

Os itens EXP01 e EXP02 fazem referência ao papel da experimentação na construção do conhecimento científico, oferecendo oportunidades para a reflexão sobre duas abordagens distintas de ciência: a) a que considera a ciência como fruto de um determinado contexto social e cultural, e que não prescinde da formulação hipotética conduzindo o esforço experimental; e b) a que considera a ciência como resultado do contexto da descoberta em que, por meio da experimentação, é construído um conhecimento seguro e estável gerado por poucos e extraordinários indivíduos (Gil Pérez et al., 2001).

O item dissertativo EXP01 propôs que o aluno refletisse a respeito da importância da experimentação no ensino de física e propusesse atividades de experimentação em locais que não o laboratório de física. O item EXP01 está apresentado a seguir.

EXP01 (Física)

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, o manusear, o operar, o agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.

Brasil, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002. (adaptado)

Com relação ao que foi exposto, faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Apresente duas vantagens proporcionadas pela experimentação ao ensino da Física, destacando as respectivas implicações no processo de ensino-aprendizagem (valor: 5,0 pontos).

b) Apresente uma proposta que possibilite a prática experimental em um contexto em que não há laboratório de Física na escola (valor: 5,0 pontos).

(Brasil, 2018b)

É interessante notar que o item, tal como formulado, faz uma defesa acrítica do papel de uma metodologia experimental no ensino de ciências: ao sugerir que o aluno apresentasse vantagens proporcionadas pela experimentação, esqueceu-se de abrir a possibilidade para críticas a essa abordagem. Afinal, toda a evidência empírica necessita da interpretação do pesquisador que a constrói, justamente, a partir do esforço teórico que antecede a coleta experimental. Em outras palavras, a evidência não é válida *per se*, embora essa seja, em geral, a maneira como ela é percebida no processo de construção do conhecimento. Assim, nesses termos, o padrão de resposta sugerido pelo Inep menciona o uso de recursos alternativos ao laboratório, porém não discute os limites desse método. Em termos dos resultados obtidos pelos alunos, considerando um intervalo entre zero e 100% de desempenho, os avaliadores do Inep (Brasil, 2018b, p. 263) concluíram que o desempenho dos formandos desse curso de licenciatura no item deixou a desejar. Aproximadamente, 15% das respostas consideradas válidas receberam grau zero. Também é importante notar que 12% dos alunos não responderam ao item e que o segundo maior valor modal pertence ao intervalo [30;40], resultado obtido por 23% dos estudantes. As estatísticas básicas sobre o item encontram-se apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Estatísticas básicas das notas do item EXP01 da prova de licenciatura em física do Enade de 2017

	Média	Desvio Padrão	Mínima	Mediana	Máxima
Brasil	26,5	29,2	0,0	15,0	100,0

Fonte: Brasil (2018b, p. 257), com modificações pelas autoras.

A reflexão sobre a natureza do trabalho científico também foi o elemento principal do item extraído da prova de biologia, a partir de agora denominado de EXP02. O item solicitou que o aluno refletisse a respeito de práticas e avaliações em sala de aula que não promovessem uma ideia inadequada do trabalho científico. A seguir, apresentamos EXP02 e, na Tabela 7, as frequências de respostas dos alunos diante das alternativas apresentadas.

EXP02 (Biologia)

A literatura da área de ensino de Ciências frequentemente mostra a concepção deformada do trabalho científico, trazendo consequências negativas ao processo de ensino-aprendizagem dos conhecimentos biológicos. É comum, por exemplo, que docentes destaquem o papel “neutro” da observação e da experimentação, deixando de lado tanto o papel essencial das

hipóteses como norte da investigação científica, quanto a relevância dos conhecimentos (teorias) que orientam todo o processo investigativo. Um dos resultados desse tipo de concepção da ciência é a execução de aulas transmissivas, nas quais os conhecimentos são apresentados como acabados, sem apresentar as dificuldades encontradas ao longo do processo. Apesar do discurso que coloca a experimentação em evidência, de uma forma geral, o ensino de Ciências ainda é essencialmente livresco.

PÉREZ, G. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. (adaptado)

Uma estratégia para o planejamento de uma atividade de ensino na sala de aula que promova uma imagem não deformada do trabalho científico deve envolver:

- a) apresentação de uma problematização; levantamento das hipóteses discentes; explicação de um conceito inserido em um episódio histórico; avaliação da argumentação.
- b) apresentação de um fenômeno; investigação das concepções da turma; explicação de um conceito; avaliação para a comparação dos conhecimentos anteriores e posteriores.
- c) apresentação de um experimento; discussão dos resultados; explicação dos conceitos relacionados com o fenômeno em questão; solicitação de um relato de atividades.
- d) apresentação de uma situação cotidiana; investigação das hipóteses discentes; explicação dos conceitos relacionados à situação; avaliação dos conceitos assimilados.
- e) apresentação de um conceito; exposição do método científico; execução de um experimento; solicitação da explicação do fenômeno por meio de um relatório.

Alternativa correta: A.

(Brasil, 2018a)

Tabela 7: Frequência de respostas ao item EXP02 (gabarito = A) da prova de licenciatura em biologia do Enade de 2017

	V _{obs}	%	V _{esp}	%
Alternativa A	3732	0,27	2798,6	0,20
Alternativa B	2276	0,16	2798,6	0,20
Alternativa C	2204	0,16	2798,6	0,20
Alternativa D	3445	0,25	2798,6	0,20
Alternativa E	2336	0,17	2798,6	0,20
Total	13993			

Fonte: as autoras, a partir do Banco de Microdados do Inep (2021).

Os dados apresentados na Tabela 7 mostram que a alternativa D foi a segunda mais selecionada pelos alunos, e em uma proporção próxima à da escolha do gabarito. Assim, embora não possamos afirmar sobre a existência de um distrator mais forte do que o gabarito, devemos alertar para a elevada proporção de alunos que preferiram a alternativa D em detrimento do gabarito.

A análise da alternativa D, por sua vez, revela que o conteúdo dessa opção se assemelha, em muito, à alternativa do gabarito. De fato, ao compararmos as duas alternativas, vemos que:

1. na alternativa A, fala-se em explicação de um conceito inserido em um episódio histórico; na D, em explicação dos conceitos relacionados à situação;

2. na alternativa A, fala-se em avaliação da argumentação; na D, em avaliação dos conceitos assimilados.

Embora possamos identificar diferenças entre o que é proposto em cada alternativa, elas são sutis, havendo a possibilidade de, em função disso, terem induzido os alunos a erro.

Há diálogo entre conteúdos históricos, filosóficos e científicos?

Nossa hipótese foi a de que as formas como os conteúdos históricos e filosóficos das ciências haviam sido incluídos nas provas de licenciatura em biologia, física, matemática e química do Enade sinalizariam a sua importância na formação docente, mas, ao mesmo tempo, evidenciariam as dificuldades para o diálogo entre conteúdos filosóficos, históricos, científicos e pedagógicos.

De acordo com a reflexão por nós realizada, podemos afirmar que a inclusão de conteúdos relacionados à HFC foi realizada de forma a oferecer oportunidades para a reflexão a respeito da importância do contexto social, cultural e histórico na produção do conhecimento científico, do caráter dinâmico do processo de desenvolvimento da ciência, da importância do pluralismo metodológico e das relações existentes entre as várias formas de acessar a realidade e construir o conhecimento a respeito dela (por exemplo, as relações entre abstração, racionalidade, observação e experimentação no processo de construção do conhecimento científico e entre a imaginação, as crenças pessoais e a intuição no trabalho científico) (Judensnaider, 2022).

No entanto, apesar de a prova do Inep sinalizar a importância dos conteúdos filosóficos e históricos das ciências na formação docente dos futuros professores de ciências e matemática, ela também deixa visível o quanto difícil é o diálogo entre os conteúdos de HFC, os conteúdos científicos e as práticas pedagógicas. Em nossa avaliação, a perspectiva dos formuladores dos itens da prova assume que esses três eixos podem funcionar e se articular quase “naturalmente”, o que as pesquisas sobre a inclusão da HFC na educação científica não confirmam (Höttecke; Silva, 2011; Forato; Pietrocola; Martins, 2011; Moura; Silva, 2014; Damazio; Peduzzi (2017).

De acordo com Moura e Silva (2014), a inclusão de conteúdos históricos e filosóficos na educação científica precisa considerar a existência de três eixos: i) o eixo científico, que se refere aos conteúdos científicos propriamente ditos, e cuja discussão pretende ser realizada a partir dos episódios históricos selecionados; ii) o eixo metacientífico, que está associado aos níveis epistemológicos e filosóficos dos conteúdos científicos escolhidos; e iii) o eixo pedagógico, que diz respeito aos saberes didáticos que devem ser mobilizados para que os episódios sejam problematizados em sala de aula. Assim, a inclusão de conteúdos de HFC vai além da narrativa histórica (muitas vezes utilizada apenas para efeito de ilustração da aula), não podendo prescindir de escolhas bastante complexas em relação à transposição didática dos eventos históricos e em função das possíveis abordagens pedagógicas a serem utilizadas em sala de aula.

Para Damazio e Peduzzi (2017), esta inclusão deve considerar a existência de um forte vínculo entre as práticas pedagógicas utilizadas para a discussão de conteúdos históricos e filosóficos da ciência e a fundamentação educacional da pesquisa. Em suma, deve haver correspondência entre a discussão de conteúdos de HFC e as estratégias de ensino (Damazio; Peduzzi, 2017). Na mesma direção, Höttecke e Silva (2010) afirmam ser necessária uma discussão mais profunda quanto às formas de concretizar a inclusão da HFC no ensino. Afinal, os professores necessitam referências e instruções quanto aos procedimentos de inclusão desses conteúdos em meio a outros já rigorosamente previstos pelas diretrizes programáticas de suas disciplinas. Caso isso não ocorra, corre-se o perigo de se praticar o inverso do desejado, resultando numa inclusão que apenas pretende obedecer a certas formalidades (Höttecke; Silva, 2011).

As situações de ensino envolvem as concepções epistemológicas dos alunos e dos professores, bem como as concepções subjacentes aos materiais didáticos e às teorias de aprendizagem consideradas adequadas pelos docentes. Nesses termos, Forato, Pietrocola e Martins (2011) alertam para a importância das escolhas pedagógicas quando da abordagem histórica e filosófica da ciência: o ensino depende, afinal, de pressupostos epistemológicos assumidos pelos professores. Sugere-se, assim, que os episódios históricos sejam escolhidos em função da problematização que são capazes de ensejar, e que práticas pedagógicas sejam adotadas em função dos resultados que se pretende obter com a discussão desses episódios (Forato; Pietrocola; Martins, 2011; Moura; Silva, 2014). A título de exemplo: há controvérsias a respeito do quanto práticas construtivistas podem ser eficazes na discussão de determinados conteúdos científicos, filosóficos ou epistemológicos subjacentes aos episódios históricos. É o que conclui Mortimer, para quem são discutíveis os resultados possíveis de serem obtidos por meio de práticas construtivistas (Mortimer, 2016). Segundo Mortimer (2016), este fenômeno não ocorre de maneira tão natural quanto se supõe, ainda mais se considerarmos que novas ideias podem continuar convivendo com antigas, cada qual sendo mobilizada quando desejado. Ainda, é importante considerar que grande parte do conhecimento científico necessita, para a sua compreensão, de representações simbólicas, por sua vez dificilmente apreendidas por meio de experiências sensoriais ou de conflitos cognitivos.

A análise dos itens selecionados revela a existência de lacunas no necessário diálogo entre práticas pedagógicas, conteúdos científicos e conteúdos históricos e filosóficos, lacunas essas que podem ser associadas às seguintes situações:

1. em DES02, por exemplo, o item sugere que concepções espontâneas dos alunos sejam utilizadas como ponto de partida para a reformulação conceitual, mas não há qualquer menção a respeito dos limites das práticas construtivistas para a compreensão de conceitos científicos. Da mesma forma, em DES02 não há uma reflexão mais profunda sobre a participação do esforço teórico que antecede a experimentação, o que pode resultar numa concepção equivocada sobre a importância do processo de abstração na construção do conhecimento. No item dissertativo EXP01, o enunciado faz uma apologia ao método experimental, não propondo quaisquer discussões a respeito de restrições ou limites ao uso dessa abordagem para a construção do conhecimento;
2. em DES01, não há diferenciação entre os conceitos de desenvolvimento e evolução do conhecimento, o que pode contribuir para uma compreensão equivocada do próprio processo de construção do conhecimento. Da mesma forma, o enunciado de DES03 alude a uma história erroneamente linear; ainda, de forma anacrônica, leva o aluno a considerar o conceito pré-socrático de átomo similar aos conceitos de átomo desenvolvidos no século XIX;
3. em DES05, não há qualquer referência a respeito de como utilizar a HFC para estudar equações de segundo grau; aliás, vale ressaltar que o uso de conteúdos históricos e filosóficos comparece como prática didática apenas nas alternativas incorretas. Da mesma forma, o item EXP02 não esclarece quais os objetivos na utilização de episódios históricos para desconstruir uma visão não adequada da ciência; cabe lembrar que, a depender de como o episódio histórico é utilizado, há mais prejuízos do que benefícios na inclusão da HFC no ensino de ciências e matemática;

4. algumas oportunidades nos parecem terem sido desperdiçadas. Por exemplo, a discussão sobre o caráter eurocêntrico da ciência passou despercebida no item DES03, já que a participação do físico japonês Hantaro Nagaoka sequer é mencionada; em DES01, ao ignorar a colaboração de Lúcia nas pesquisas do marido, Galvani, deixou-se passar a oportunidade de discutir o papel da mulher no processo de construção do conhecimento.

Considerações finais

A pergunta que norteou nossa pesquisa buscou compreender de que maneira os conteúdos filosóficos e históricos das ciências, previstos pelo quadro institucional como parte integrante dos tópicos programáticos dos cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química de nível superior, foram tratados nas provas do Enade de 2017. Ainda, perguntamo-nos a respeito do desempenho dos alunos nestes itens.

Segundo o que nossa análise identificou, não há articulação entre estes conteúdos e as práticas pedagógicas na formulação das questões – algo que deveria ser um pressuposto básico por se tratar de avaliação de cursos de licenciatura; estas deveriam associar escolhas pedagógicas e pressupostos epistemológicos sobre a natureza do conhecimento, e isto não acontece. Em outras palavras: sinaliza-se que a inclusão de episódios históricos da ciência é importante instrumento para a reformulação conceitual, porém não há menção às formas a partir das quais isso pode ser feito.

Tais resultados podem resultar de circunstâncias muito especiais que cercam a própria prova do Enade e a organização dos cursos de licenciatura. Assim, é importante considerar que:

1. o Enade tem como principal preocupação avaliar o desempenho dos alunos a partir dos erros e acertos em relação a determinados conhecimentos. No entanto, peca por não considerar o fato de que as profissões de nível superior não exigem apenas o domínio de conteúdos, tampouco a memorização destes. De fato, o que caracteriza um bom profissional (e, no nosso caso, um bom docente) é a sua capacidade de mobilizar competências e habilidades desenvolvidas ao longo de vários anos, algo difícil de ser avaliado por meio de exames padronizados (Verhine; Dantas, 2009);
2. no caso dos cinco itens comuns a todos os alunos de cursos de licenciatura, os licenciandos em música e os licenciandos em biologia respondem aos mesmos itens no componente pedagógico da prova, o que sinaliza que, para o Inep, não é necessário que as práticas pedagógicas correspondam à área do conhecimento sob responsabilidade do docente – ou, em outros termos, que não há metodologias de ensino específicas. Tal fenômeno já foi objeto de reflexão em (Judensnaider; Figueirôa; Villar, 2021): quando da análise das questões pedagógicas comuns nas provas do Enade de 2017 dos cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química, os autores não conseguiram observar diferenças estatisticamente significantes no desempenho dos alunos nos itens pedagógicos em função do curso. Para os autores, o fato de ser frequente a oferta de disciplinas pedagógicas comuns nos cursos de licenciatura, inclusive ignorando as características distintas e específicas de cada área do conhecimento, poderia ser uma possível explicação para a estratégia utilizada pelo Inep.

Embora uma inclusão de elementos de HFC que seja construída a partir de um diálogo eficaz entre conteúdos pedagógicos, históricos e filosóficos não dependa de mudanças nas provas do Enade, tampouco de uma reforma na organização dos cursos de licenciatura, é plausível imaginar que o contexto associado à avaliação e às maneiras como conteúdos pedagógicos e científicos dialogam, em geral, nos cursos de licenciatura, pode contribuir para a fragmentação do conhecimento e para a naturalização da desconexão entre os vários eixos envolvidos para a inclusão de HFC na educação científica.

Referências bibliográficas

- ACEVEDO-DÍAZ, J.A.; GARCÍA-CARMONA, A. Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado: tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 13, n. 1, p. 3-19, 2015. Disponível em: <https://rodin.uca.es/handle/10498/18010>. Acesso em: 4 nov. 2022.
- ALLCHIN, D. From science studies to scientific literacy: A view from the classroom. *Science & Education*, v. 23, n. 9, p. 1911-1932, 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/From-Science-Studies-to-Scientific-Literacy%3A-A-View-Allchin/ab395d551ff2a5a2b87153b3f7caebf10685d20>. Acesso em: 16 jul. 2022.
- BRANDEMBERG, J.C. Sobre o uso da história da matemática no ensino de equações algébricas. *Revista Cocar*, n. 3, p. 167-186, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/1168>. Acesso em: 28 set. 2022.
- BRASIL. Parecer CNE/CES n. 1.301, de 6 de novembro de 2001. *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas*. Conselho Nacional de Educação, Ministério da Educação, Poder Executivo, Brasília, DF, 2001a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>. Acesso em: 2 out. 2022.
- BRASIL. Parecer CNE/CES n. 1.302/2001, de 6 de novembro de 2001. *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Matemática, Bacharelado e Licenciatura*. Conselho Nacional de Educação, Ministério da Educação, Poder Executivo, Brasília, DF, 2001b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES13022.pdf>. Acesso em: 2 out. 2022.
- BRASIL. Parecer CNE/CES n. 1.303/2001, de 6 de novembro de 2001. *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química*. Conselho Nacional de Educação, Ministério da Educação, Poder Executivo, Brasília, DF, 2001c. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf>. Acesso em: 2 out. 2022.
- BRASIL. Parecer CNE/CES n. 1.304/2001, de 6 de novembro de 2001. *Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física*. Conselho Nacional de Educação, Ministério da Educação, Poder Executivo, Brasília, DF, 2001d. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>. Acesso em: 2 out. 2022.
- BRASIL. *Portaria Inep n. 510 de 6 de junho de 2017*. Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19103228/do1-2017-06-08-portaria-n-510-de-6-de-junho-de-2017-19103159. Acesso em: 5 out 2022.
- BRASIL. *Relatório Síntese de Área: Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura)*. Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasília, DF, 2018a. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/relatorio_sintese/2017/Ciencias_Biologicas.pdf. Acesso em: 5 out 2022.
- BRASIL. *Relatório Síntese de Área: Física (Bacharelado e Licenciatura)*. Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasília, DF, 2018b. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/relatorio_sintese/2017/Fisica.pdf. Acesso em: 5 out 2022.

- BRASIL. *Relatório Síntese de Área: Matemática* (Bacharelado e Licenciatura). Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasília, DF, 2018c. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/relatorio_sintese/2017/Matematica.pdf. Acesso em: 5 out 2022.
- BRASIL. *Relatório Síntese de Área: Química* (Bacharelado e Licenciatura). Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasília, DF, 2018d. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/relatorio_sintese/2017/Quimica.pdf. Acesso em: 5 out 2022.
- DAMASIO, F.; PEDUZZI, L.O.Q. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v19/1983-2117-epec-19-e2583.pdf>. Acesso em: 30 set 2022.
- DUARTE, M. da C. Analogias na educação em ciências contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/520>. Acesso em: 8 out 2022.
- ELLIS, P.D. *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis and the interpretation of research results*. New York: Cambridge University Press, 2010.
- FIELD, A. *Descobrimo a estatística usando o SPSS*. Tradução Lori Viali. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FORATO, T.C. de M.; BAGDONAS, A.; TESTONI, L. Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 3511-3516, 2017. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/record/183875>. Acesso em: 16 out. 2022.
- FORATO, T.C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. de A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3683153>. Acesso em: 1 nov. 2022.
- GIL PÉREZ, D. G.; FERNÁNDEZ MONTORO, I.; CARRASCOSA ALÍS, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, p. 125-153, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/DyqhTY3fY5wKhzFw6jD6HFJ>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- GREASLEY, P. *Quantitative data analysis using SPSS: An introduction for health and social science*. New York: McGraw Hill; Open University Press, 2008.
- HÖTTECKE, D.; SILVA, C.C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: An analysis of obstacles. *Science & Education*, v. 20, n. 3-4, p. 293-316, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-010-9285-4>. Acesso em: 4 nov. 2022.
- INEP, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Banco de Microdados Enade*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/microdados/enade>. Acesso em: 16 fev. 2022.
- JUDENSNAIDER, I. *Conteúdos históricos e filosóficos da ciência na formação inicial de professores: uma investigação a partir das provas do Enade de 2017 dos cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química*. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/4904>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- JUDENSNAIDER, I.; FIGUEIRÔA, S.F. de M.; VILLAR, R.P. Como as teorias da aprendizagem aparecem nas provas do Enade? Uma investigação para as licenciaturas em ciências e matemática em 2017. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, [s. l.], v. 2, p. e021016, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/529>. Acesso em: 11 out. 2021.
- LEDERMAN, N.G. Nature of science: Past, present, and future. In: ABELL, S.K.; LEDERMAN, N.G. (eds.). *Handbook of research on science education*. New York; London: Routledge, 2013. p. 845-894.
- LOPES, C.V.M.; MARTINS, R. de A.J.J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o “podim de passas” nos livros texto. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. *Atas...* Florianópolis: Abrapec, 2009. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1682.pdf>. Acesso em: 8 out. 2022.

Conteúdos históricos, filosóficos e pedagógicos nas provas do Enade 2017 dos cursos de licenciatura em biologia, física, matemática e química

- MARTINS, R.A. Introdução: história da ciência e seu uso na educação. In: SILVA, C.C. (org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 21-34.
- MATTHEWS, M.R. A role for history and philosophy in science teaching. *Interchange*, v. 20, n. 2, p. 3-15, 1989. Disponível em: [https://isidore.co/misc/Physics%20papers%20and%20books/Pedagogy/A%20role%20for%20HPS%20in%20science%20teaching%20\(Matthews\).pdf](https://isidore.co/misc/Physics%20papers%20and%20books/Pedagogy/A%20role%20for%20HPS%20in%20science%20teaching%20(Matthews).pdf). Acesso em: 3 nov. 2022.
- MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165906>. Acesso em: 3 nov. 2022.
- MATTHEWS, M.R. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In: KHINE, M.S. *Advances in nature of science research*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 3-26. Disponível em: <http://www.bu.edu/hps-sci-ed/files/2012/10/Matthews-HPS-Changing-the-Focus-From-Nature-of-Science-to-Features-of-Science.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2022.
- MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645>. Acesso em: 2 out 2022.
- MOURA, B.A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência. *Revista Brasileira de História da ciência*, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Breno_Arsioli_Moura/publication/275583864_O_que_e_natureza_da_ciencia_e_qual_sua_relacao_com_a_historia_e_filosofia_da_ciencia/links/5540021a0cf2736761c25dc2/O-que-e-natureza-da-ciencia-e-qual-sua-relacao-com-a-historia-e-filosofia-da-ciencia.pdf. Acesso em: 5 out 2022.
- MOURA, B.A.; SILVA, C.C. Abordagem multicontextual da história da ciência: uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 2, p. 336-348, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Breno_Arsioli_Moura/publication/275583854_Abordagem_Multicontextual_da_Historia_da_Ciencia_uma_proposta_para_o_ensino_de_conteudos_historicos_na_formacao_de_professores/links/553fffb10cf29680de9dc2a8/Abordagem-Multicontextual-da-Historia-da-Ciencia-uma-proposta-para-o-ensino-de-conteudos-historicos-na-formacao-de-professores.pdf. Acesso em: 4 nov. 2022.
- PEDUZZI, L.O. de Q. *Evolução dos conceitos da física: do átomo grego ao átomo de Bohr*. Florianópolis: Departamento Física/UFSC, 2008. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/Atomo_grego_Bohr.pdf. Acesso em: 27 set. 2022.
- PEDUZZI, L.O. de Q.; RAICIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020. Disponível em: <https://if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1606>. Acesso em: 30 set. 2020.
- RAICIK, A.C. A rã enigmática e os experimentos exploratórios: dos estudos iniciais de Galvani à sua teoria da eletricidade animal. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 12, n. 1, p. 114-137, 2019. Disponível em: https://www.sbh.org.br/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=62. Acesso em: 6 set. 2022.
- RUSSO, M. Irritabilidade e sensibilidade: fisiologia e filosofia de Albrecht von Haller. In: MARTINS, R.A.; MARTINS, L.A.C.P.; SILVA, C.C.; FERREIRA, J.M.H. (eds.). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul*. 3º Encontro. Campinas: Afhic, 2004. p. 310-319. Disponível em: gthc.usp.br/server/AFHIC3/Trabalhos/41-Marisa-Russo.pdf. Acesso em: 7 mar. 2023.
- VASCONCELOS, S.S.; FORATO, T.C. de M. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 851-887, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p851>. Acesso em: 27 set. 2022.
- VERHINE, R.E.; DANTAS, L.M.V. A avaliação do desempenho de alunos de educação superior: uma análise a partir da experiência do Enade. In: LORDÉLO, J.A.C.; DAZZANI, M.V. *Avaliação educacional: desatando e reatando nós*. Salvador: EdUfba, 2009. p. 173-199. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/wd/pdf/lorde-lo-9788523209315.pdfpage=174>. Acesso em: 16 out. 2022.

Recebido em novembro de 2022

Aceito em março de 2023