


ANÁLISE DE TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA A PARTIR DE FLECK

ANALYSIS OF SCIENTIFIC DISSEMINATION TEXTS IN CHEMISTRY TEXTBOOKS FROM FLECK

ANÁLISIS DE TEXTOS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN LIBROS DIDÁCTICOS DE QUÍMICA A PARTIR DE FLECK

Claudia Almeida Fioresi*  

Henrique César da Silva**  

RESUMO

Pesquisas sobre livros didáticos têm se mostrado relevantes, entre outros aspectos, por fornecem subsídios para seu uso e funcionamento em situações de ensino escolar. Atualmente, os livros didáticos para a Educação Básica são compostos por vários tipos de textos, de diferentes fontes, entre eles, aqueles considerados como textos de divulgação científica. Assim, tomando como pressupostos teórico-metodológicos aspectos da teoria do conhecimento de Fleck (2010), objetivamos entender e discutir como a entrada e alocação de textos de divulgação científica em livros didáticos de Química, em suas dimensões textual e epistemológica, trabalham, contribuem, modificam e/ou acrescentam ao conceito de radioatividade enquanto um fato científico. Como principal resultado, identificamos que, na maioria das vezes, essas entradas e alocações funcionam como tráfegos intracoletivos em relação ao fato científico da radioatividade. Isso ocorre pela associação desse fato a outros fatos científicos e/ou sociais, explicitados no próprio texto de divulgação científica ou por meio da mediação desses textos em exercícios e/ou questões. Logo, implicações para a educação em ciências, especialmente no que diz respeito às mediações de leitura no ensino, são discutidas com base nos resultados.

Palavras-chave: Divulgação Científica. Livro Didático. Radioatividade. Fato Científico.

ABSTRACT

Research on textbooks has been relevant, among other aspects, as it provides insights into their use and functioning in school teaching situations. Currently, textbooks for Basic Education consist of various types of texts from different sources, including those considered as scientific dissemination texts. Drawing on theoretical and methodological assumptions from Fleck's theory of knowledge (2010), our aim is to understand and discuss how the entry and allocation of scientific dissemination texts in chemistry textbooks, in their textual and epistemological dimensions, work, contribute, modify, and/or add to the concept of radioactivity as a scientific fact. As the main result, we point out that, most of the time, these entries and allocations acted as intracollective traffics concerning the scientific fact of

* Doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora adjunta do curso de Química na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Realeza, Paraná, Brasil. Avenida Edmundo Gaievski, 1000, Rodovia BR 182 - Km 466, Realeza - PR, CEP: 85770-000. E-mail: claudia.fioresi@uffs.edu.br.

** Doutor em Educação pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências da Educação, Departamento de Metodologia de Ensino, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Rua Engenheiro Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900. E-mail: henriquecsilva@gmail.com.

radioactivity. This occurred through the association of this fact with other scientific and/or social facts, which were explicit in the scientific dissemination text or through the mediation of these texts in exercises and/or questions. Implications for science education, particularly regarding reading mediations in teaching, are discussed based on the results.

Keywords: Scientific Divulcation. Textbook. Radioactivity. Scientific fact.

RESUMEN

La investigación sobre libros de texto ha sido relevante, entre otros aspectos, ya que proporcionan subsidios para su uso y funcionamiento en situaciones de enseñanza escolar. Actualmente, los libros didáticos para la Educación Básica están compuestos por varios tipos de textos, de diferentes fuentes, entre ellos, aquellos considerados como textos de divulgación científica. Tomando como supuestos teórico-metodológicos aspectos de la teoría del conocimiento de Fleck (2010), Queríamos entender y discutir cómo la entrada y asignación de textos de divulgación científica en libros de texto de Química, en sus dimensiones textual y epistemológica, trabajan, contribuyen, modifican y/o añaden al concepto de radiactividad como un hecho científico. Como principal resultado, señalamos que, en la mayoría de las veces, esas entradas y asignaciones actuaron como tráficos intracolectivos en relación al hecho científico de la radiactividad. Esto ocurrió por la asociación de ese hecho a otros hechos científicos y/o sociales, que eran explicitados en el texto de divulgación científica o por medio de la mediación de esos textos en ejercicios y/o cuestiones. Las implicaciones para la educación en ciencias, especialmente con respecto a las mediaciones de lectura en la enseñanza, se discuten sobre la base de los resultados.

Palabras clave: Divulgación Científica. Libro Didáctico. Radioactividad. Hecho Científico.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as pesquisas sobre Livros Didáticos (LDs) ganharam espaço na produção acadêmica, sendo objeto de estudo por vários pesquisadores que ressaltam sua relevância no contexto escolar (Echeverría; Mello; Gauche, 2010). Essas pesquisas direcionam suas discussões para diversos temas, tais como a investigação de conceitos específicos de disciplinas (Lima; Ostermann; Cavalcanti, 2017), (Domingues; Cintra, 2023), (Zanata et al., 2023), questões relacionadas à presença de analogias (Monteiro; Justi, 2016), (Model; Romero, 2017), (Lacerda; Brito, 2019) e aspectos referentes às concepções de ciência e questões historiográficas presentes no LDs, (Vidal; Porto, 2012), (Cordeiro; Peduzzi, 2013), entre outros.

Diante disso, nesta pesquisa, investigamos como ocorre a textualização da radioatividade pela inserção de textos de Divulgação Científica (DC) em LDs de Química aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), de 2018, ou seja, procuramos compreender como o tráfego de textos de DC na escola mediado por sua inserção nos LDs.

Desse modo, entendemos que trabalhar e pensar a textualização significa:

[...] problematizar práticas que considerem não o conteúdo dos textos como algo dado,

ali presente, mas sua constituição, seu funcionamento, ou seja, uma materialidade inscrita em um determinado contexto histórico-social, onde o texto se configure como peça de um processo de circulação do conhecimento (dos mais diversos temas) na sociedade, peça de um processo de produção de *atos científicos*. Estes textos podem assumir diversas formas, tanto escritos e/ou imagéticos e/ou orais, como gráficos, questões, livros didáticos, documentários, filmes, mapas, televisão, páginas da internet (como *blogs*, *facebook*, canais do *Youtube*, páginas institucionais, revistas e jornais de DC), esquemas, linguagem matemática, fórmulas químicas, relatórios, relatos, entrevistas, *folders*, infográficos dentre outros (Fioresi; Silva, 2022, p. 14).

Assim, em meio a diferentes formas de circulação do conhecimento, destacamos os LDs como objeto de análise por se configurarem como o principal instrumento de leitura dos estudantes, fonte de atividades e organização do conhecimento escolar nas escolas brasileiras.

A importância dos LDs e manuais já foi reconhecida, desde a publicação de “*A Estrutura das Revoluções Científicas*” (Kuhn, 1996), como um instrumento importante na estruturação e no desenvolvimento da ciência já que os mesmos “[...] são responsáveis por estruturar as disciplinas científicas e por determinar os métodos e os problemas aos quais os futuros cientistas devem manter-se circunscritos” (Lima, 2018, p. 2). As discussões sobre a função dos livros didáticos na história da ciência e seu papel constitutivo na produção de conhecimentos também têm crescido nas últimas décadas, conforme evidenciado em trabalhos como os de Bensaude-Vincent (2006; 2007; 2009) e Olesko (2006), o qual investigou sobre os LDs como pontos fulcrais para muitas das contingências históricas que moldam tanto a prática científica quanto os papéis da ciência e dos cientistas na sociedade.

Tais estudos contribuem, de certa maneira, a entender a relação entre divulgação da ciência e os livros didáticos de Química, ao não considerá-los como elementos secundários no processo de produção de conhecimento científico, mas sim como parte integrante desse processo. Essa concepção se alinha à epistemologia de Fleck (2010), que utilizamos nesta pesquisa, uma vez que, para o autor, diferentes textualizações, como as dos periódicos, dos manuais, da “ciência popular” e dos livros didáticos, são componentes essenciais na produção dos fatos científicos, e nenhuma delas pode ser vista à margem deste processo. Para Fleck (2010), a produção e manutenção dos fatos científicos ocorrem por meio de tráfegos de ideias e de pensamentos entre coletivos distintos na sociedade. Tráfegos esses que podem ser diferenciados entre o círculo esotérico (formado pelos especialistas) e o círculo exotérico (formado pelo público não especialista). A comunicação, as trocas e a circulação de ideias entre esses diferentes círculos, ou entre diferentes coletivos, acontecem por meio de formas textuais específicas, como as mencionadas anteriormente. Essas formas textuais, com suas características particulares, são, portanto, parte fundamental da constituição do modo como os

conhecimentos são produzidos, como eles circulam e como se mantêm ou se modificam.

Ademais, a constituição híbrida dos LDs já foi observada por Martins (2006), ao apontar que os estes são compostos por outros diferentes de textos, oriundos de outras fontes, constituindo-se como híbridos discursivos. Ao realizar uma revisão de trabalhos que tomam o LD como objeto, Martins (2006) identificou a necessidade de abordagens teórico-metodológicas que problematizem os aspectos relacionados à sua linguagem. Na abordagem que defende, os LDs são considerados híbridos semióticos, abrindo espaços para além do verbal sobre a comunicação na educação em ciências. Essa diversidade de linguagens (a verbal com o texto escrito, a matemática com equações, gráficos e a imagética com desenhos, diagramas, fotografias) funcionaria como modos semióticos que propiciam lidar com as demandas comunicativas concretas.

Outro estudo que aponta para o hibridismo dos LDs foi realizado por Souza e Rocha (2018) ao analisarem textos de DC inseridos em LDs de Biologia para o Ensino Médio. Os autores apontaram que a maioria dos textos apresentou caráter híbrido, com características didáticas e de DC.

No entanto, entendemos que os LDs não se restringem a um discurso híbrido sobre a ciência, mas representam suas versões textuais. Para isso, adotamos, neste trabalho, uma abordagem teórico-metodológica que articula linguagem e epistemologia, ou seja, um referencial em que as formas textuais participam constitutivamente da produção/circulação do conhecimento científico. O ponto central mobilizado em nossas análises é a noção de fato científico, a partir da teoria de Fleck (2010), como será exposto na próxima seção. Nesse cenário, buscamos compreender as características textuais e o papel epistemológico dos textos de DC em sua relação com os conceitos presentes nos LDs de Química (PNLD, 2018), com foco no tema da radioatividade, que é o recorte temático desta pesquisa.

A relevância do recorte neste tema pode ser justificada ao destacarmos as pesquisas desenvolvidas no final do século XIX e início do século XX sobre este fenômeno, que geraram grandes avanços na área da Química, culminando na compreensão do núcleo atômico, na descoberta de novos elementos químicos e na abertura de caminhos para diversos estudos e práticas. No campo da Física, os estudos sobre esse fenômeno deram origem a uma nova área de conhecimento, a Física Moderna e Contemporânea, que abriu espaço para os campos da Física Nuclear e de Partículas. Além disso, na Biologia, a radioatividade é relevante para explicar a interferência e os efeitos desse tipo de radiação nos organismos. Outro ponto importante é a ampla circulação da radioatividade na mídia, e esta circulação que se materializa também em

textos de divulgação científica presentes nos livros didáticos, nosso objeto de análise. Trata-se, dessa forma, de um tema científico de relevância social, histórica, cultural e tecnológica, o que justifica sua abordagem na escola, além de seu caráter interdisciplinar.

Diante desse quadro, o objetivo principal deste artigo foi compreender como o fato científico da radioatividade se textualiza pela entrada de textos divulgação científica em LDs de Química para o Ensino Médio pertencentes ao PNLD, de 2018. Esse objetivo se desdobra no seguinte problema de pesquisa: como a entrada e alocação da DC trabalham, contribuem, modificam e/ou acrescentam à textualização do conceito de radioatividade enquanto um fato científico?

2 O CARÁTER CONSTITUTIVO DE DIFERENTES TEXTUALIZAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DE UM FATO CIENTÍFICO

Para entender a inserção da DC em LDs, pressupomos, coerentemente aos estudos das ciências das últimas décadas, como já apontado na introdução, que os LDs se configuram como um tipo de textualização da ciência que faz parte da produção, circulação e manutenção de conhecimentos científicos. Mobilizamos, particularmente, a teoria sócio-epistemológica de Fleck (2010), tendo em vista a explicitação, ainda que geral nessa teoria, das diferentes textualizações implicadas nessa dinâmica. Para Fleck (2010), a produção e manutenção dos fatos científicos ocorrem por meio da circulação (tráfegos) de ideias e pensamentos entre um mesmo coletivo de pensamento ou entre coletivos distintos numa sociedade, os quais são configurados por um círculo esotérico (formado pelos especialistas) e um círculo exotérico (formado pelo público geral “leigo mais ou menos instruído”, ou seja, os não-especialistas).

Para haver uma comunicação (tráfego, circulação), imprescindível à produção, manutenção ou transformação de conhecimentos, dentro ou entre esses diferentes círculos, tais textualizações assumem certas características e formas, constitutivas dos modos como os conhecimentos são produzidos, como eles circulam e como se mantêm ou se modificam. Todavia, além de considerar as características específicas gerais desses diversos tipos de textos, a teoria de Fleck aponta que, nessas trocas mantém (entre um mesmo coletivo de pensamento) ou Inter coletivas (entre coletivos de pensamento distintos), essas textualizações possuem diferentes papéis epistemológicos na produção, manutenção, modificação e estabilização dos fatos científicos. Assim, a teoria de Fleck nos possibilita analisar as características dos textos

e, simultaneamente, seu papel epistemológico na manutenção da radioatividade enquanto fato científico.

Ao desenvolver sua teoria sobre a construção dos fatos científicos, Fleck (2010) defende que esta construção envolve vários estilos e coletivos de pensamento num trabalho essencialmente coletivo (ou seja, cultural e social), em que os sujeitos se comunicam (produzem textos) e o conhecimento se constitui ao circular por meio de diferentes textos, com características gerais mais ou menos específicas e distinguíveis, tais como a “ciência dos periódicos”, a “ciência dos manuais” a “ciência popular” e a “ciências dos livros didáticos”, textos que têm papel constitutivo e, portanto, epistemológico, em relação aos conhecimentos que fazem circular nas/pelas comunicações.

Assim, um fato científico depende sempre de um estilo de pensamento, sendo os coletivos de pensamento os portadores deste estilo. Novos fatos implicam em novos estilos, decorrendo das relações históricas do pensamento. O estilo de pensamento pode ser entendido como a forma como determinado grupo, que se distingue enquanto coletivo de pensamento, atua em uma determinada área de conhecimento e compartilha normas, processos, códigos, entre outros aspectos que conduzem as suas percepções e formas de agir.

Para Fleck (2010, p. 144), o fato nasce da seguinte forma: “primeiro um sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois uma certa coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (Gestalt) a ser percebida de maneira imediata”. Desse modo, no “solo firme dos fatos”, os sujeitos passam a ter uma percepção direcionada das coisas.

Vejamos, então, as formas de “ciências”, ou seja, formas textuais, que fazem parte da formação e manutenção dos fatos científicos por meio dos tráfegos inter e intracoletivos, já mencionados (Fleck, 2010), ou seja, dos processos de textualização. Começamos discutindo brevemente sobre a ciência dos periódicos que, nesta análise, possui menos importância, mas é relevante para compreender a noção de textualização, que derivamos de Fleck, para, depois, apresentar, de forma mais detalhada, a ciência dos manuais, a ciência dos LDs e a ciência popular, dentro da qual, concebemos a divulgação científica.

Inicialmente, a ciência dos periódicos carrega, textualmente, a marca do provisório e pessoal, abastecendo o círculo esotérico de pensamento formado por especialistas. A marca do provisório reside em ressaltar apenas as limitações nítidas dos problemas tratados, além da “[...] cautela específica dos trabalhos em periódicos, que pode ser reconhecida em expressões características como: “tentei provar que...”, “parece ser possível que...”, ou ainda de forma negativa: não se pôde provar que...” (Fleck, 2010, p. 172). Em relação ao papel epistemológico

da ciência dos periódicos, podemos apontar suas características de poder incitar as mutações dos estilos de pensamento e de reforçar ou atuar no fortalecimento dos estilos de pensamento. Na ciência dos periódicos, ainda não existem fatos, apenas predisposição aos fatos.

Em contrapartida, a ciência dos manuais, que também faz parte do círculo esotérico, possui textualmente um caráter sistemático, impessoal e assegurado. Pode representar o consenso de um estilo de pensamento ou, pelo menos, a hegemonia desse coletivo. Podemos mencionar que os livros didáticos e manuais utilizados na iniciação à ciência são, para Fleck, em primeiro plano, uma doutrinação que consagra o coletivo de pensamento. De acordo com o autor: “O manual não nasce simplesmente da soma ou da seriação de trabalhos isolados em periódicos” (Fleck, 2010, p. 173), e sim por meio de uma seleção e composição ordenada.

Assim, somente no manual (e nos LDs) o estilo de pensamento se torna coercitivo e, portanto, vai formar o “solo firme dos fatos”, ou seja, “solidifica” o estilo de pensamento que depois volta aos periódicos, em geral, na sua parte introdutória ou conclusiva. Ou seja, assim como nos demais textos, ou “ciências”, para Fleck, seu papel epistemológico está implicado em suas marcas e características textuais.

Sobre os manuais escolares ou LDs, de forma bastante simplificada, Fleck (2010) faz apenas algumas menções, basicamente para enfatizar que eles se encarregam do primeiro contato das pessoas com a ciência, isto é, com os fatos e seus respectivos estilos de pensamento, configurando uma “suave coação para dentro” do estilo de pensamento. Além disso, deixa claro que o LD não possui a função de formar especialistas, pois este aspecto caberia à ciência dos manuais. Mas, assim como os manuais, os LDs têm a função de assegurar e introduzir sujeitos em um estilo de pensamento científico.

No que diz respeito à “ciência popular”, segundo Fleck (2010), esta abasteceria o círculo exotérico e se trata de comunicações direcionadas a não especialistas, ou seja, círculos amplos de “leigos” com formação geral. Um aspecto textual importante sobre a “ciência popular” é a ausência de detalhes e polêmicas quanto aos fatos científicos, por meio de simplificações artificiais. De acordo com o autor, sua forma é esteticamente agradável, viva, ilustrativa e apodítica. O auge do saber popular é a visão de mundo, que ajuda a determinar as linhas gerais do estilo de pensamento dos especialistas (Fleck, 2010). Seu papel epistemológico, além da visão de mundo, é que esta representa um fator de impacto genérico de qualquer conhecimento e possui um efeito retroativo sobre o especialista. Esse efeito retrógrado agiria como uma via de mão dupla, de modo que, “o deslocamento do tráfego entre os dois círculos, vai da periferia da ciência popular para o círculo esotérico, que pode ser visto como retroalimentação e como

fonte, servindo como legitimação e validação do conhecimento científico”. (Fioresi; Silva, 2022, p. 12). Na ciência popular, “a verdade é transformada numa qualidade objetivamente existente (...)” (Fleck, 2010, p. 169).

Neste trabalho, entendemos, diante dessa perspectiva, a textualização da divulgação científica como “[...] um processo amplo de circulação/movimento/trânsito de ideias que pode ter papel constitutivo na produção/manutenção dos fatos científicos” (Fioresi; Silva, 2022, p. 13), e, por conseguinte, por ter diferentes papéis epistemológicos. Embora Fleck não utilize o termo divulgação científica, acreditamos que a *ciência popular*, mesmo que de forma mais ampla, inclui aspectos da dimensão textual e epistemológica que compreendemos, hoje, por DC, ou seja, um tipo de textualização da ciência que faz parte da produção de conhecimentos científicos, que não deve ser vista à margem deste processo (Fioresi; Silva, 2022). Dessa forma:

[...] o que existe são diferentes tipos de textos na produção, circulação e manutenção do conhecimento científico, ou seja, nos tráfegos que o constituem. portanto, o que levantamos aqui é que não há exatamente um discurso científico (estagnado no círculo esotérico/especialistas), mas um espectro de diferentes materializações textuais do conhecimento. assim, a textualização da dc seria também um tipo de texto científico, com as características da ciência popular, pois, na verdade, o que existem são diferentes textualizações da ciência (Fioresi; Silva, 2022, p. 7-8).

Ademais, como já apontado anteriormente, a ciência popular influencia todo esse processo para validação e aceitação da formulação de conhecimentos, por meio de um movimento retroalimentativo. Nesse caminho, buscamos compreender, neste trabalho, duas zonas diferentes que se cruzam, ou seja, a entrada de textos de DC em LDs de Química, que possuem regras, condições de produção, forma e funções epistemológicas distintas.

Portanto, acreditamos que analisar as características do fluxo/tráfego de uma forma de textualização do conhecimento científico, no caso a DC e sua inserção no LD de Química, pode nos fornecer, de forma mais clara, as implicações da constituição deste texto enquanto híbrido para a compreensão de temas, conceitos, aspectos sócio-científicos nas aulas de Química, no caso específico deste trabalho, sobre Radioatividade. Essa compreensão pode trazer implicações importante para as práticas de leitura, uso e mediação de livros didáticos e da divulgação científica no contexto escolar da educação em ciências.

3 DISPOSITIVO ANALÍTICO

Como já mencionado anteriormente, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a

entrada e alocação de textos de DC sobre radioatividade em LDs de Química aprovados pelo PNLD do ano de 2018. Buscamos entender o papel da inserção desses textos em relação à radioatividade enquanto fato científico, segundo a concepção de Fleck (2010). Com base nesse autor, nossa análise considerou não apenas as características textuais destes textos, mas também seu papel epistemológico na relação com o fato científico da radioatividade.

Entendemos, conforme argumentado previamente, que a forma de *textualização* da radioatividade pela entrada da DC no LD, implica, necessariamente, em um encontro entre linguagem (em sua forma textual) e a dimensão epistemológica. Assim, julgamos imprescindível levar em conta os seguintes aspectos nas análises:

- 1- Características textuais dos textos de DC nos LDs: buscamos analisar o que acontece com o texto quando o mesmo é inserido no LD. Em consonância, consideramos quais são os principais assuntos abordados nesses textos, qual a sua forma de entrada e a alocação no LD, se o mesmo está inserido em boxes, exercícios, quadros, imagens. Além disso, identificamos quais as fontes bibliográficas citadas para cada uma destas entradas.
- 2- Papel epistemológico deste hibridismo textual: a construção, manutenção e transformação de um fato científico implica tráfegos intra e intercoletivos que se dão por meio de diferentes textualizações constitutivas deste processo. Uma dessas formas seria a ciência popular e, dentro dela, a DC. Diante disso, neste tópico analisamos qual o papel epistemológico da entrada de textos de DC em relação ao fato científico da Radioatividade.

No PNLD de 2018, foram aprovadas seis coleções didáticas para o Ensino Médio de Química. No entanto, uma das coleções aprovadas, Santos e Mól (2016) não fez parte de nossas análises por não tratar o tema da Radioatividade em nenhum de seus volumes. Além disso, a coleção Química, de Mortimer e Machado (2016) não apresentou nenhum texto de DC no capítulo de radioatividade. Assim, uma análise geral preliminar mostrou a entrada de 37 textos de DC nas quatro coleções analisadas, os quais apresentam certa regularidade em relação à forma de entrada dos textos de DC. A partir de uma análise preliminar, selecionamos duas coleções para realizar uma análise mais aprofundada de cada um dos textos de DC.

Foram selecionadas as coleções de Lisboa (2016) e Novais e Antunes (2016). Essa escolha se baseou em dois critérios: (1) maior quantidade de textos de DC inseridos de formas diversificadas, o que amplia as possibilidades de olhar para além de suas características textuais, mas também seu papel epistemológico na relação com o fato da radioatividade; (2) coleção

mais escolhida por professores do Ensino Médio¹, no que diz respeito à disciplina de Química na rede pública de ensino do Brasil.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Diferentes textos, de acordo com Fleck (2010), participam de um estilo de pensamento e formulam os fatos científicos de diferentes formas, o que estamos compreendendo como diferentes textualizações. Entre essas textualizações, estão as da ciência popular, particularmente a DC que, por sua vez, compõe o hibridismo dos LDs de Química analisados. Verificamos, em seguida, os locais em que se encontram os textos de DC (características textuais) na estrutura dos LDs, e o papel epistemológico dessa alocação juntamente da presença na relação com a radioatividade enquanto fato científico.

Na análise, encontramos textos de DC alocados de três formas nos LDs: em exercícios, em explicações conceituais e em boxes temáticos específicos. No formato de exercícios, encontramos seis textos de DC na coleção Novais e Antunes (2016) e cinco na coleção de Lisboa (2016). Durante as explicações ao longo do capítulo, tanto de forma imagética quanto escrita, encontramos cinco textos de DC na coleção de Lisboa (2016) e nenhum em Novais e Antunes (2016). Já em relação aos textos que foram alocados na forma de boxes e/ou quadros destaques nos LDs, encontramos dois na coleção de Novais e Antunes (2016) e cinco na coleção de Lisboa (2016). Em cada um dos casos, apresentamos alguns exemplos dos livros, para discutir os resultados das análises desses materiais.

4.1 Textualização do fato da radioatividade pela entrada da divulgação científica no livro didático na forma de exercícios

A maioria das entradas dos textos de DC nos LDs aconteceu por meio de exercícios. Observamos que essas entradas tiveram uma função epistemológica de fortalecer o fato científico da radioatividade, por meio do tráfego intracoletivo de pensamento. Em relação ao LD1 [Novais e Antunes (2016)], tais textos estabelecem relações entre a radioatividade e outros fatos científicos associados a ela, como a *identificação de isótopos radioativos, tempo de meia*

¹ A coleção Lisboa (2016) foi a mais escolhida entre os professores de escolas públicas brasileiras. Para mais informações, consultar: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>.

vida, transmutação natural, lei de emissões radioativas, propriedades de alguns isótopos radioativos como o radônio-222 e césio-137 e o equacionamento de decaimentos radioativos. Em relação ao LD2 [Lisboa (2016)], notamos que o tráfego textual da DC também apresentou a relação da radioatividade com outros fatos científicos, como: *meia vida*, *grupo dos actínídeos*, *decaimento radioativo*, *elementos transurânicos e isótopos radioativos*.

Todavia, tais tráfegos em alguns casos, também estabeleceram relações com fatos sociais, como feridos pela explosão da bomba atômica em Hiroshima, questões éticas associadas ao trabalho do cientista no desenvolvimento de bombas, entre outros aspectos. Apresentamos, a seguir, um exemplo de cada coleção analisada em que há a relação da radioatividade com outros fatos científicos (Ver Figuras 1 e 2):

Figura 1 - Exemplos de entradas de textos de DC nos livros didáticos: Texto de DC 1.

3. Em 13 de setembro de 1987, ocorreu em Goiânia (GO) o maior acidente envolvendo material radioativo no Brasil. Na tragédia, quase 1000 pessoas foram contaminadas pelo radioisótopo e quatro delas faleceram em decorrência da exposição. Leia o texto a seguir sobre esse trágico episódio.

[...]

A tragédia começou quando dois jovens catadores de materiais recicláveis abrem um aparelho de radioterapia em um prédio público abandonado, no dia 13 de setembro de 1987, no centro de Goiânia. Eles pensavam em retirar [...] o metal para vender e ignoravam que dentro do equipamento havia uma cápsula contendo césio-137, um metal radioativo.

Apesar de o aparelho pesar cerca de 100 kg, a dupla o levou para casa de um deles, no centro. Já no primeiro dia de contato com o material, ambos começaram a apresentar sintomas de contaminação radioativa, como tonteados, náuseas e vômitos. Inicialmente, não associaram o mal-estar ao césio-137, e sim à alimentação.


Depois de cinco dias, o equipamento foi vendido para [...], dono de um ferro-velho localizado no Setor Aeroporto, também na região central da cidade. Neste local, a cápsula foi aberta e, à noite, [...] [o dono] constatou que o material tinha um brilho azul intenso e levou o material para dentro de casa.

[O dono], sua esposa [...] e outros membros de sua família também começaram a apresentar sintomas de contaminação radioativa, sem fazer ideia do que tinham em casa. Ele continuava fascinado pelo brilho do material. Entre os dias 19 e 26 de setembro, a cápsula com o césio foi mostrada para várias pessoas que passaram pelo ferro-velho e também pela casa da família. [...]

G1 GOIÁS. Maior acidente radiológico do mundo, césio-137 completa 26 anos, 13 set. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/goias/noticia/2013/09/menor-acidente-radiologico-do-mundo-csio-137-completa-26-anos.html>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

a) Considere que cerca de 90 g de cloreto de césio-137 ($^{137}\text{CsCl}$) se encontrava na cápsula violada no acidente. Se a meia-vida do isótopo de césio-137 é de 30 anos, estime aproximadamente quantos anos serão necessários para que a massa de cloreto de césio-137 seja inferior a 1 g.

b) Materiais como cápsulas e equipamentos que utilizam compostos radioativos devem apresentar um símbolo que identifique o risco de manusear o produto (produtos inflamáveis e corrosivos, por exemplo, apresentam, respectivamente, os símbolos ao lado). Qual é o símbolo utilizado para produtos radioativos? Pesquise em sites e livros, caso seja necessário.



Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 21).

Figura 2 - Exemplos de entradas de textos de DC nos livros didáticos: Texto de DC 2.

17. Leia o texto e responda o que se pede.

Weizsäcker e a descoberta dos primeiros elementos “transurânicos”: neptúnio e plutônio

[...] os dois primeiros elementos “transurânicos” foram descobertos em 1940, em experiências realizadas na Universidade da Califórnia, em Berkeley. Contudo, antes dessas descobertas, já se conheciam evidências de suas existências, conforme indicavam as experiências realizadas com o bombardeamento de átomos pesados com nêutrons. Nessas experiências se observava que, além do rompimento daqueles átomos, havia também a produção de novos elementos radioativos chamados de “transurânicos” e conhecidos com o prefixo “eka” (que significa “abaixo de”). O primeiro desses “eka” foi o “eka-rênio”, nome dado pelo físico alemão, o barão Carl Friedrich Weizsäcker (1912-2007), em julho de 1940. Vejamos como isso aconteceu.

Naquele mês, [...] Weizsäcker refletia sobre os artigos que lia, durante essas viagens, sobre a fissão nuclear, publicados na *Physical Review*, principalmente sobre a existência de um novo elemento radioativo, com a vida média em torno de 23 minutos, produzido quando o urânio natural (^{235}U) era bombardeado com nêutrons. Em sua reflexão, Weizsäcker pensou na possibilidade de esse “isótopo do urânio” decair e produzir um novo elemento. Com essa ideia em mente, em 17 de julho de 1940, preparou um texto de poucas páginas, no qual afirmava que uma pilha de urânio natural, bombardeada com nêutrons, poderia produzir um novo elemento, chamado por ele de “eka-rênio”, por sua similaridade com o elemento rênio (^{75}Re). [...]

BASSALO, J. M. F. Curiosidades da Física. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/folclore/folclore189.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

a) Quais são os dois primeiros elementos transurânicos a que o texto se refere?

b) Com base na Tabela Periódica, identifique o elemento “eka-rênio”.

c) Equacione a reação entre o urânio-235 e um nêutron, sabendo que nesse processo, além de uma transmutação, há liberação de uma partícula $_{-1}^0\beta$.

Fonte: Lisboa (2016, p. 255).

O texto de DC 1 “*Maior acidente radiológico do mundo, césio-137 completa 26 anos*”² apresenta uma discussão sobre o contexto do acidente envolvendo material radioativo ocorrido em Goiânia no ano de 1987. O texto aponta vários aspectos que tornaram esse assunto tão polêmico e preocupante na época, como a contaminação de várias pessoas ao manusear uma cápsula contendo césio-137 (metal radioativo) por desconhecerem o material e suas propriedades e riscos. O texto de DC 1 foi inserido na forma de exercícios por meio de alguns trechos, logo após as explicações do tópico sobre Meia-vida. Ao ser inserido dessa forma, a

² A versão completa do texto pode ser consultada em: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2013/09/maior-acidente-radiologico-do-mundo-cesio-137-completa-26-anos.html>

leitura é direcionada involuntariamente para responder as questões solicitadas. No entanto, a publicação original deste texto não fala sobre meia-vida dos elementos radioativos, mas estava focada em destacar os 26 anos passados da tragédia e ressaltar o maior acidente radiológico já registrado, frisando os aspectos contextuais em que ocorreu, os principais impactos na vida das pessoas envolvidas e algumas negligências de setores públicos, ou seja, explorou questões mais sociais, políticas e os riscos, relacionadas a este fato.

Porém, ao entrar na forma de exercício no LD, a questão não aborda a radioatividade diretamente, mas outros fatos relacionados a ela, neste caso, o fato científico da meia-vida dos elementos químicos e fatos sociais. No texto de DC, não há a menção do termo meia-vida, somente da cápsula contendo cézio-137, um metal radioativo. Dessa forma, houve o direcionamento para estimar quantos anos seriam necessários para que os 90 gramas de cloreto de cézio-137 presente na cápsula violada se tornassem inferior a um grama.

Já na segunda questão, que envolve esse mesmo texto, foi solicitada uma pesquisa para visualizar qual símbolo é utilizado para indicar o risco de manusear produtos radioativos. Podemos apontar que, nesse momento, novas representações podem ser formadas com o conhecimento deste símbolo. Por exemplo, se os catadores daquela época tivessem conhecimento desse símbolo, esse episódio poderia ser evitado? Ou ainda, o equipamento continha esse símbolo? Enfatizamos, assim, que tais questões parecem instaurar uma relação entre o leitor e o fato científico em sua existência social, cultural e política.

Em relação ao texto de DC 2, como pode ser observado na Figura 1 (lado direito), o foco principal do texto foi o de apresentar o contexto da descoberta dos primeiros elementos transurânicos em 1940. Para tanto, foi enfatizada a contribuição de Friedrich Weizsacker neste processo e, de uma forma simplificada, como o cientista chegou nesse resultado. Podemos perceber que o principal objetivo desse texto de DC foi o de realizar uma inserção histórica na descoberta de elementos radioativos, denominados transurânicos. Com as questões propostas após o enunciado, é possível observar que as duas primeiras podem ser resolvidas por meio de uma consulta rápida ao texto de DC e à tabela periódica, respectivamente. A terceira questão exige há um esforço maior do estudante, pois é necessário equacionar a reação nuclear de transmutação do ^{235}U ao ser bombardeado por um nêutron e liberar uma partícula beta. Novamente, houve a conexão da radioatividade com outro fato científico, neste caso a *transmutação dos elementos químicos*.

A partir desse exemplo, o texto contribui para fortalecer o sentido de que, a partir de processos de decaimento radioativo, um elemento pode formar outro com número atômico

diferente, ou seja, é realizada, neste momento, uma articulação entre dois ou mais fatos científicos: *radioatividade*, *decaimento* e *transmutação*. É como se tais textos mostrassem a existência da radioatividade em diferentes contextos, fortalecendo sua legitimação enquanto fato, enquanto realidade imediatamente perceptível. A esse respeito, Fleck (2010, p. 171) disserta que “nunca um fato é completamente independente de outros: ou se manifestam como um conjunto mais ou menos coeso do sinal particular, ou como sistema do conhecimento que obedece a leis próprias”. Há, em cada tráfego intracoletivo de pensamento, um sentimento de dependência, levando ao fortalecimento das formações de pensamento: “a confiança nos iniciados, a dependência por parte destes da opinião pública, a solidariedade intelectual dos pares, que estão a serviço da mesma ideia, são forças sociais alinhadas que criam uma atmosfera comum específica” (Schafer; Schnelle, 2010, p. 26).

Essa dependência leva às formações de pensamento uma maior adequação ao estilo, ganhando maior estabilidade e coesão social. Assim, “os coletivos do pensamento constroem sistemas de opinião que reclamam para si a explicação ampla de seu objeto de estudo. Quanto mais fortes esses estilos de pensamento, tanto mais sugestivo seu poder sobre os membros do coletivo.” (Schafer; Schnelle, 2010, p. 26).

Dessa forma, esses tráfegos intracoletivos ocorrem por meio do hibridismo das entradas da DC nos LDs, especialmente devido à sua associação com fatos sociais. Nos casos que são apresentados a seguir, os fatos sociais tornam-se mais evidentes, enquanto a relação com o fato científico do campo da Física e da Química se torna menos explícita, mas permanece implícita, orquestrada pela estrutura dos livros, pelo fato de que tudo faz parte do mesmo capítulo ou tópico.

Figura 3 - Exemplo de entrada de um texto de DC relacionado a fatos sociais: Texto de DC 3.

O fragmento abaixo faz parte de um livro-reportagem escrito pelo jornalista americano John Hersey em 1946. O livro *Hiroshima* é composto basicamente de entrevistas com seis sobreviventes da bomba atômica, que relatam suas lembranças do acontecimento.

O jovem cirurgião trabalhava sem método, tratando primeiro dos que estavam mais próximos, e logo constatou que o corredor se apinhava cada vez mais. Em meio às escoriações e aos cortes apresentados pela maioria das vítimas que se encontravam no hospital, começou a deparar-se com queimaduras pavorosas. Compreendeu então que feridos de fora chegavam sem parar. E eram tantos que ele resolveu deixar de lado os casos de menor gravidade [...]. Em pouco tempo, havia pacientes deitados e agachados nas enfermarias, nos laboratórios, nos quartos e demais dependências, nos corredores, nas escadas, no saguão, no pórtico, nos degraus do pórtico, na entrada de veículos, no pátio, nas ruas vizinhas. [...] Um número enorme de estudantes procurava o hospital. Numa cidade de 245 mil habitantes, cerca de 100 mil haviam morrido ou iriam morrer em breve; outros 100 mil estavam feridos. Pelo menos 10 mil feridos se arrastaram até o melhor hospital de Hiroshima, que não tinha condições de abrigá-los, pois contava apenas 600 leitos e já estavam ocupados. A multidão que se aglomerava no interior do hospital chorava.

AGÊNCIA Estado, 9 set. 2002. Disponível em: <<http://cultura.estadao.com.br/noticias/geral,leia-trecho-de-hiroshima-de-john-hersey,20020909p2550>>. Acesso em: 11 fev. 2016.

Fonte: Texto de DC 3- (Novais; Antunes, 2016, p. 39-40)

No texto de DC 3, “*Trecho de Hiroshima de John Hersey*”³, há um breve relato de um médico, sobrevivente dos efeitos da bomba atômica lançada sobre Hiroshima, ao chegar no hospital onde trabalhava. Muitas vítimas e feridos chegavam a todo momento e se aglomeravam em diversos locais do hospital. Nesse texto, a relação com o fato da radioatividade é menos explícita, ressaltando o fato social dos efeitos causados pela detonação da bomba atômica em Hiroshima. A mediação, por meio das perguntas propostas, visa extrair informações diretamente do próprio texto para respondê-las.

É comum que textos de DC que circulam na mídia apresentem um certo apelo, como no caso das mortes e dos feridos, por exemplo, que também são fatos, mas fatos sociais e/ou políticos. No entanto, mesmo que este texto de DC tenha uma relação mais evidente com fatos sociais, ele mantém, de forma implícita, uma articulação com o fato científico da radioatividade, já que tais mortes e ferimentos são decorrentes dos efeitos que a radiação, ocasionada pela explosão da bomba, provoca no ser humano.

4.2 Textos de divulgação científica inseridos durante as explicações

Apresentamos, nesta seção, os textos de DC inseridos nos LDs analisados sem alguma especificação ou chamada prévia, ou seja, textos que surgem no decorrer da explicação dos conceitos, em meio ao corpo do texto principal do LD, tanto em forma escrita quanto imagética.

³ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://cultura.estadao.com.br/noticias/geral,leia-trecho-de-hiroshima-de-john-hersey,20020909p2550>

Figura 4 - Textos de divulgação científica inseridos durante as explicações: Texto de DC 4.

[...]

O Brasil faz pesquisas sobre alimentos irradiados desde 1975. Gradativamente, o leque de alimentos que poderiam ser irradiados foi aumentando. Entre os mais comumente irradiados estão a carne de vaca, porco e aves, nozes, batata, trigo, farinha de trigo, frutas, verduras e variados tipos de chás, ervas e condimentos. No Brasil irradiam-se principalmente cebolas, batatas, peixes, trigo e farinhas, papaia, morango, arroz e carne de porco.


[...]

Como nos demais métodos de conservação de alimentos (pasteurização e congelamento, por exemplo), a irradiação ocasiona perdas de macro e micronutrientes, bem como variações na cor, sabor, textura e odor. Muitas vitaminas são praticamente extintas do alimento: até 90% da vitamina A na carne de frango, 86% da vitamina B em aveia e 70% da vitamina C em suco de frutas. À medida que o tempo de estocagem aumenta, outros nutrientes são perdidos: proteínas são desnaturadas e as vitaminas A, B12, C, E e K sofrem alterações semelhantes às do processo térmico (pasteurização).

No entanto, o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) defende que, apesar da perda nutricional, as alterações químicas não são nocivas ou perigosas. Em entrevista ao site da Unicamp, um físico do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) da Universidade atribui o receio que a população tem de consumir esses alimentos à constituição de um "imaginário negativo" ligado à questão nuclear. A não aceitação por parte das pessoas decorre, entre outros fatores, da relação que se faz entre irradiação e radioatividade. Segundo ele, a contaminação radioativa pressupõe o contato físico com uma fonte radioativa, enquanto a irradiação é a energia emitida de uma fonte de radiação. Dessa forma, os alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois não contêm a fonte de radiação (apenas recebem a energia).

[...]

CINTRA, Lydia. O que é irradiação de alimentos? *Superinteressante*, 13 dez. 2013. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/blogs/ideias-verdes/o-que-e-irradiacao-de-alimentos/>>. Acesso em: 30 mar. 2016.



Comparação entre alimentos não irradiados (acima) e irradiados (embaixo).

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 39-40).

Figura 5 - Textos de divulgação científica inseridos durante as explicações: Texto de DC 5.

Vírus Zika

Usar a radiação nuclear para eliminar ou reduzir a população do mosquito *Aedes aegypti*, que transmite o vírus Zika, será um dos temas centrais que o diretor-geral da Agência Internacional de Energia Atômica da Organização das Nações Unidas (AIEA), Yukiya Amano, apresentará a vários países em viagem pelas Américas que começa na segunda-feira [25/01/2016].

O vírus Zika está relacionado ao aumento de casos de microcefalia em bebês na América Latina.

"A tecnologia para a esterilização de insetos é muito eficaz na redução ou erradicação da população de mosquitos e outros portadores de doenças", explicou Amano em entrevista na véspera de partir para o Panamá, primeira escala da visita de duas semanas pela região da América Central e México.

[...]

A esterilização nuclear de insetos já teve êxito contra a mosca tsé-tsé, na África, que transmite a chamada "doença do sono" em humanos e afeta também o gado.

O diretor da agência da ONU lembrou, no entanto, que a entidade ainda trabalha na aplicação desta técnica sobre os mosquitos transmissores de outras doenças, como o Zika, e advertiu que o problema "não será resolvido da noite para o dia".

Além disso, será necessário combinar a esterilização dos mosquitos com outras técnicas e medidas [...].

EBC Brasil. Agência da ONU para energia atômica oferece tecnologia nuclear contra vírus Zika, 23 jan. 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2016-01/agencia-da-onu-para-energia-atomica-oferece-tecnologia-nuclear-contra>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

• O texto menciona a necessidade de combinar a esterilização dos mosquitos com outras técnicas e medidas. Sabendo que a dengue, assim como a chikungunya, são doenças causadas pelo mesmo vetor do vírus Zika, o *Aedes aegypti*, e que o método de prevenção do vírus Zika é o mesmo que o adotado para a dengue, proponha três ações individuais e três ações comunitárias para a prevenção dessas doenças.

Fonte: Lisboa (2016, p. 247)

Em relação ao texto de DC 4 “*O que é irradiação de alimentos*”, que está inserido no tópico “*Outros usos da radioatividade*” e subtópico “*Conservação de alimentos*”, há uma explicação sobre em que consiste a irradiação de alimentos, bem como as principais fontes utilizadas para irradiar os alimentos, que seriam isótopos radioativos como célio-137, cobalto-60 e raios-X. Há também a contextualização dos principais alimentos irradiados no Brasil, enfatizando as limitações da utilização desse método de conservação de alimentos, como a perda de diversos nutrientes.

A irradiação de alimentos é um fato de natureza social e econômica. O principal ponto que o texto associa à radioatividade é a diferenciação entre irradiação e contaminação radioativa. Além disso, em uma das questões propostas na mediação do texto, há, ainda, uma associação mais indireta com a radioatividade, pois direciona para uma ação individual sobre a leitura de rótulos, para identificar informações nutricionais sobre os alimentos na vida cotidiana dos sujeitos, ou seja, temos outra uma relação mais conectada com um fato de cunho social.

Diante desses tráfegos textuais da DC para o LD, percebemos que, em alguns casos, a mediação do texto direciona para outros efeitos que possuíram uma relação mais indireta com o fato da radioatividade. Ademais, na maioria dos casos, esses textos de DC cumpriram o papel de apresentar o fato da radioatividade e outros fatos científicos e sociais associados a ela, para exemplificar suas diferentes aplicações no cotidiano (irradiação de alimentos (Texto de DC 4), e radiação nuclear no caso do vírus Zika (Texto de DC 5). Tais aplicações se aproximam de casos (fatos) práticos do cotidiano das pessoas ajudando a formar o “solo firme dos fatos”, neste caso o da radioatividade.

A ciência popular, dentro da qual se encontra a DC, “é uma formação peculiar e emaranhada” (Fleck, 2010, p. 165), que permite realizar alguma relação com o cotidiano individual e social das pessoas, algo relevante para sua saúde e bem-estar por exemplo, algum apelo, no sentido de que aquilo já é uma realidade.

Ao nos afastarmos ainda mais do centro esotérico em direção à periferia exotérica, o pensamento parece ser ainda mais dominado pela plasticidade *Anschaulichkeit*) emotiva, que confere ao saber a segurança subjetiva da religiosidade ou do óbvio. Nesse âmbito, não se exigem mais provas coercitivas para o pensamento, pois a palavra já se tornou carne (Fleck, 2010, p.171).

Somente no “mundo dos fatos”, a partir da persistência, pode se ter a sensação de uma realidade fixa, da “existência autônoma de um mundo”. (Fleck, 2010, p. 154). Fleck não dissocia os fatos de sua percepção; para ele, a realidade é construída pelo conjunto de fatos

pertencentes a um determinado estilo de pensamento (Maia, 2009). Aquilo que é percebido, necessariamente precisa ser experienciado pelo coletivo de pensamento e se transformar numa resistência ao ver, perceber e pensar inicialmente arbitrários e sem forma.

4.3 Textualização da Divulgação Científica por meio de boxes

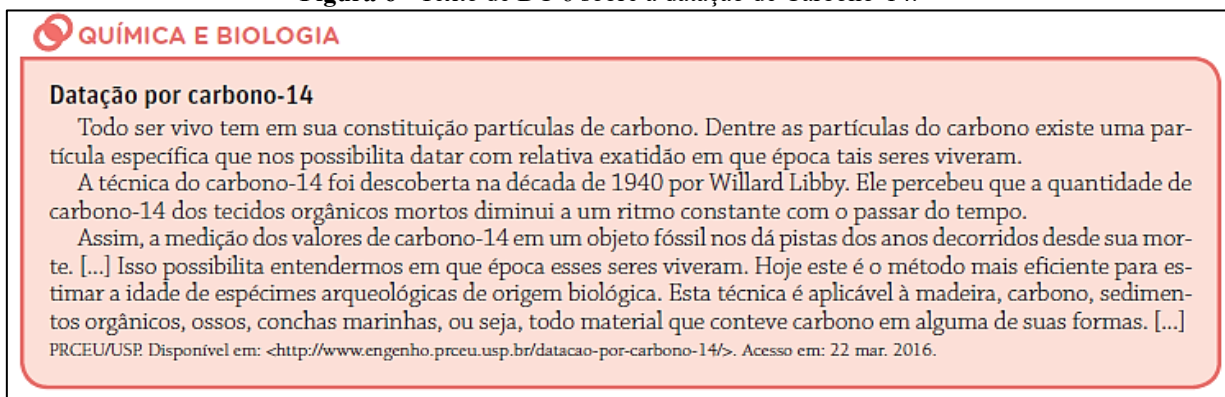
Nesta seção, discutimos os casos em que os textos de DC foram apresentados na forma de boxes ou quadros em destaque. Na coleção *Ser Protagonista*, de Lisboa (2016) (LD1), identificamos a inserção de cinco boxes no capítulo analisado: “A radioatividade e as reações nucleares”. Destacamos que, em nenhum box, houve uma proposta de mediação anterior ou posterior à sua alocação; assim, essas relações permanecem implícitas e dependem da forma como tais textos serão trabalhados pela mediação do professor, além de sua articulação com o fenômeno científico da radioatividade e outros fatos a ela associados. Ademais, apenas em um dos cinco casos deste LD, o manual do professor trouxe recomendações sobre pontos a serem explorados.

O box que analisamos na sequência faz parte das seções (*Química e...*). No manual do professor no item: “O ensino de Química e a interdisciplinaridade”, é apresentada uma recomendação sobre os objetivos das seções, como o exemplificado no trecho a seguir: “As seções *Química e... (Biologia, Física, Matemática, etc.)*, fornecem temas e atividades que podem ser explorados em conjunto com professores de diferentes disciplinas”. (Lisboa, 2016, p. 281).

Um exemplo da inserção do texto de DC em um box interdisciplinar (Química e Biologia) ocorre no tópico “*Datação com Carbono-14*”. O box é composto por trechos do texto de DC⁴ original utilizado como referência.

⁴ A versão completa do texto pode ser consultada em: <http://www.engenho.prceu.usp.br/datacao-por-carbono-14/>

Figura 6 - Texto de DC 6 sobre a datação de Carbono-14.



Fonte: Lisboa (2016, p. 251).

Quando observamos o contexto da inserção desse box, notamos que não houve grande influência em acréscimos de conceitos em relação ao da radioatividade, visto que praticamente todas as informações contidas no box aparecem no próprio texto do LD que o antecede.

Podemos inferir que a função desse box, trazendo um texto de DC, é a de realizar uma inserção histórica, mesmo que bastante limitada, pois, logo no início do box, há a citação a Willard Libby, pesquisador responsável por descobrir essa técnica no ano de 1940. Todas as outras informações são gerais e já aparecem de alguma forma na explicação anterior ao box no capítulo. Outra função é a de reforçar o caráter prático de uma aplicação da radioatividade ao utilizar isótopos radioativos para datar fósseis e objetos antigos. Dessa forma, este box é mais um caso que, como apontamos no tópico anterior, apresenta uma aplicação que mostra implicitamente a radioatividade como fato, algo real, que pode ser utilizado como uma técnica de datação.

Além dos boxes interdisciplinares, como já discutido, o livro traz outros tipos de boxes como: *Química tem história*; *Saiba mais*; *Você se lembra?* e *Exercícios resolvidos*. Sobre essa forma de alocação, podemos fazer ainda outras considerações. Os tráfegos textuais que compõem o hibridismo do LD possuem, como uma condição de produção, requisitos pré-estabelecidos pelos editais e avaliação do PNLD⁵. Observamos que os boxes atendem, de maneira explícita, a alguns destes requisitos à medida que trazem os textos de DC em diferentes abordagens, como a interdisciplinaridade (Química e Física/ Química e Biologia), aspectos da história da ciência e contextualização por meio das aplicações da radioatividade.

Na coleção *Viva*, de Novais e Antunes (2016) (LD2), houve a inserção de apenas um

⁵ Edital disponível em: <https://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/consultas/editais-programas-livro/item/7932-pnld-2018>

boxe em destaque, intitulado “Conexões”, o qual contém dois textos de DC. O primeiro deles (figura 6), intitulado: “*Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*”⁶, aborda a limitação das mulheres em trabalharem nas mesmas condições que os homens nas universidades. Para isso, ilustra com o caso da cientista Lise Meitner⁷ e suas dificuldades para desenvolver suas pesquisas neste contexto, em que somente depois de anos pôde assumir uma posição como diretora de um centro de Física Radioativa em Berlim de suas contribuições, viu apenas seu parceiro alemão receber o prêmio Nobel pela fissão nuclear.

Figura 7 - Recorte do quadro com Textos de DC sobre Mulheres na Ciência.

Dez anos depois, Lise era diretora de um Centro de Física Radioativa em Berlim. [...] Com 60 anos, decifrou a experiência do século explicando que, inacreditavelmente, o núcleo de um átomo podia ser seccionado e liberar enormes quantidades de energia. Seu parceiro alemão recebeu o Prêmio Nobel pela experiência de fissão que ela iniciara e explicara.

McGRAYNE, Sharon B. *Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*. São Paulo: Marco Zero, 1994.

Numa época em que as mulheres estavam ainda começando a conquistar seus direitos (por exemplo, o voto feminino só foi instituído no Reino Unido em 1918, nos Estados Unidos em 1920 e no Brasil em 1932), cientistas como Marie, Irène e Lise tiveram de lutar contra uma série de impedimentos. Marie Curie teve apoio do marido e reconhecimento mundial – mas foi uma exceção entre tantas cientistas que não contaram com nenhum incentivo.

Muitas delas enfrentaram enormes obstáculos. Foram confinadas em laboratórios de porões ou em escritórios de sótãos. Esconderam-se atrás de móveis para assistir a conferências científicas. Por muito tempo, trabalharam como voluntárias em universidades dos Estados Unidos, sem remuneração até um período tão recente como o final dos anos 50. A ciência era considerada árdua, rigorosa e lógica; as mulheres deviam ser meigas, fracas e ilógicas. Como consequência, mulheres cientistas eram seres anormais.

McGRAYNE, Sharon B. *Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*. São Paulo: Marco Zero, 1994.



Lise Meitner, em 1916. Descobridora da fissão nuclear, ela viu o mérito por essa descoberta ser atribuído a Otto Hahn.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 251).

O primeiro texto é inserido com o objetivo de abordar sobre a vida e o papel de Lise Meitner⁸. Em seguida, o segundo texto é inserido para discutir a desproporção entre as ganhadoras de prêmios Nobel historicamente, que consistiam em apenas 6% de mulheres. Vale ressaltar que esta porcentagem já se modificou atualmente com a concessão de alguns prêmios Nobel a mulheres, como o Nobel de Química, em 2020, atribuído a duas cientistas, Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna, pelo desenvolvimento do *CRISPR*, método de edição do

⁶ Livro: McGrayne, Sharon B. 1994.

⁷ Mais informações podem ser consultadas em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>

⁸ Um estudo que aprofunda a discussão sobre o papel de Lise Meitner na descoberta da fissão nuclear foi desenvolvido por Cordeiro e Peduzzi (2016) e intitulado *Valores, Métodos e Evidências: Objetividade e Racionalidade na Descoberta da Fissão Nuclear*. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2016v9n1p235>

genoma.

A partir da textualização desses textos no/pelo LD há, no final do quadro, algumas questões de mediação de leitura sobre tais textos que não possuem relação direta com o fato da radioatividade, ou outro fato científico, mas que permitem refletir sobre as questões de gênero e a ciência e como alguns padrões instaurados socialmente reforçam o apagamento das mulheres ao seguirem carreiras na área científica.

Podemos inferir, aqui, um hibridismo que emprega textos de DC provenientes da ciência popular para trazer abordagem histórica de alguns sujeitos envolvidos na produção do fato da radioatividade, neste caso, o papel das mulheres, principalmente para abordar a questão de gênero, da mulher na ciência. Os textos possibilitam assim, a partir da mediação das perguntas explorar tais questões e ainda colocar os estudantes em uma posição ativa e reflexiva sobre tais questões. Vale ressaltar também, a convergência com duas das recomendações do PNLD para a construção dos LDs, que, neste caso, exploram aspectos históricos e questões de gênero associados a esse fato científico.

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho, desenvolvemos uma análise com discussão sobre a textualização da radioatividade enquanto fato científico pela entrada de textos de DC em livros didáticos de Química, com foco nas características do texto propriamente dito e seu papel epistemológico sobre o fato da radioatividade em cada tráfego textual.

Percebemos que, na maioria das vezes, essas entradas atuaram como tráfegos intracoletivos em relação ao fato da radioatividade, fortalecendo o estilo de pensamento da seguinte forma: pela associação da radioatividade a outros fatos científicos que apareceram de maneira explícita no próprio texto de DC e/ou por meio da mediação no final destes textos, através de exercícios e/ou questões, ressaltando conceitos como, transmutação, decaimento radioativo, meia vida, elementos transurânicos, entre outros. Além disso, observamos, em alguns casos, relações mais implícitas com o fato científico da radioatividade, associando as discussões a fatos sociais, como: questões éticas do trabalho do cientista; acidentes nucleares; feridos e mortos pela explosão da bomba atômica em Hiroshima; identificação e interpretação de rótulos de alimentos e questões de gênero.

Com isso, destacamos, neste trabalho, a ciência popular, porque, nela, reside uma relação mais estreita da ciência com a sociedade na forma de DC e um de seus papéis

constitutivos está no fortalecimento do estilo de pensamento pela forma com que os fatos científicos são textualizados. Além disso, fatos dependem de um estilo de pensamento, assim, um novo estilo precisa se constituir simultaneamente a um novo coletivo, que é formado por tráfegos de ideias e pensamentos (compartilhando uma experiência) e só é mantido por suaves “coerções para dentro”, incluindo a formação de novos sujeitos.

Vemos, assim, o papel constitutivo da ciência popular na construção do fato e manutenção do estilo de pensamento no tocante à radioatividade. Isso ocorre porque os fatos só se concretizam diante de algo perceptível na sociedade na ciência popular. Por isso, uma das funções dos textos de DC no LD é atuar para produzir essa percepção e, consequentemente, estender o estilo de pensamento ao círculo exotérico.

A entrada destes textos pode ser interpretada, sinteticamente, do seguinte modo: trata-se de uma força que conduz os sujeitos ao interior do estilo de pensamento científico, fortalecendo-o. Não se trata do fato experimental ou de laboratório, mas da realidade factual da radioatividade, na vida social. Essa é a transformação que ocorre na textualização do LD quando ele incorpora, por razões contextuais diversas – entre elas, o PNLD (e seus coletivos de pensamento no campo do ensino) – elementos da ciência popular na forma de DC.

Nos LDs analisados, a radioatividade, enquanto o fato científico, na concepção de Fleck (2010), é textualizada essencialmente pela entrada da ciência popular/DC, ou saber cotidiano, sob na forma de “aplicações” em diversos âmbitos da sociedade. Essas inserções e alocações representam, essencialmente, tráfegos intracoletivos, reforçando o fato da radioatividade ao relacioná-lo com outros fatos científicos ou sociais. Assim, os textos de DC analisados nos LDs, com suas características e função epistemológica, além de suas funções didáticas, participam do que Fleck chama de “coerção para dentro” do coletivo de pensamento.

Portanto, estudos, a partir da perspectiva deste trabalho, podem favorecer elementos importantes para compreender os recursos escolares como parte da produção/circulação dos fatos científicos trabalhados na educação básica, em seus aspectos simultaneamente textuais e epistemológicos, como foi o caso da radioatividade, tema aqui analisado.

Assim, consideramos que as análises apresentadas em relação ao PNLD, de 2018, são relevantes para delinear e propor discussões sobre a circulação do conhecimento científico por meio de textos de DC no ambiente escolar, via livro didático. Essas investigações podem ser aprofundadas com o objetivo de compreender, problematizar e comparar os resultados desta pesquisa com LDs mais atuais, estruturados de acordo com a Base Nacional Comum Curricular

e novos PNLDs, ou até mesmo com LDs mais antigos. Análises de outros livros, inclusive de outras áreas, também podem gerar estudos comparativos.

Além disso, esperamos que as discussões desenvolvidas neste trabalho possam contribuir para a formação inicial de professores de ciências, que são sujeitos inseridos no contexto da sala de aula e que lidam cotidianamente com o LD, principal objeto textual disponível a estudantes e professores nas escolas.

REFERÊNCIAS

FIORESI, C. A.; SILVA, H. C. Ciência popular, divulgação científica e Educação em Ciências: elementos da circulação e textualização de conhecimentos científicos. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, p. e22049, 2022. <https://doi.org/10.1590/1516-731320220049>

BENSAUDE-VINCENT, B. Textbooks on the map of science studies. **Science & Education**, 15(7-8), 667 - 670, 2006.

BENSAUDE-VINCENT, B. College Chemistry: how a textbook can reveal the values embedded in chemistry. **Endeavour**, v. 31, n. 4, p. 140 - 144, 2007.

BENSAUDE-VINCENT, B. A historical perspective on science and its “others”. **Isis**, v. 100, n. 2, p. 359-368, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: dados estatísticos**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>. Acesso em: jul. de 2023.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1 - 11, 2013.

DOMINGUES, C. A. P.; CINTRA, E. P. O que mostram os estudos sobre os conteúdos presentes nos livros didáticos para o ensino de pilhas?. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e23043, 2023. <https://doi.org/10.26571/reamec.v11i1.14961>

ECHEVERRÍA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. **Livro Didático: Análise e utilização no Ensino de Química**. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Editora Unijuí, p. 263 - 286, 2010.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

LACERDA, A. G.; BRITO, M. M. Análise de livros didáticos de ciências a partir do uso de analogias: obstáculos e abordagens sobre o conteúdo célula. **REAMEC - Rede Amazônica**

de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 164–184, 2019.
<https://doi.org/10.26571/REAMEC.a2019.v7.n2.p164-184.i8450>

LIMA, N. W. **O lado oculto do fóton: a estabilização de um actante mediada por diferentes gêneros do discurso**. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/181004>. Acesso em: jan. 2024.

LIMA, N.W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLD/EM 2015. **Caderno brasileiro de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 34, n. 2, p. 435 - 459, 2017. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n2p435>

LISBOA, J. C. F. **Coleção, Ser Protagonista: química**, vol. 2: ensino médio. 3. Ed. São Paulo: edições SM, 2016.

MAIA, C. A. Realismo científico e construtivismo sócio-linguístico em Bruno Latour e Ludwik Fleck. **Atas do VII ESOCITE**, 2009. Disponível em: <https://www.necso.ufrj.br/esocite2008/resumos/35929.htm>. Acesso em: nov. 2023.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pro-posições**, v. 17, n. 1, p. 117-136, 2006. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643659>. Acesso em: set. 2023.

MODEL, A. N. L.; ROMERO, A. L. Analogias em livros didáticos de química: análise de uma das obras aprovada pelo PNLD/2015. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 387 - 392, 2017.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Coleção VIVA**. Editora positivo, vol. 1, 2, 3, 1. ed. 2016.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 2, p. 67 - 91, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/650>. Acesso em: set. 2023.

OLESKO, K. M. Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present, and Future. **Science & Education**. p.863 - 880, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-005-2014-8>. Acesso em: ago. 2023.

SCHAFER, L.; SCHNELLE, T. Fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da ciência. In. FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

SOUZA, P. H. R.; ROCHA, M. B. O caráter híbrido dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos. **Ciência & Educação**, v. 24, p. 1043-1063, 2018. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040015>

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 2, p. 291 - 308, 2012.
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000200004>

ZANATA, T.; MAGALHÃES, J.; MIRANDA, R. de C. M.; SOUSA, E. M. A ciência da microbiologia como conteúdo no livro didático utilizado na rede pública do ensino médio em mato grosso: uma análise documental. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e23087, 2023.
<https://doi.org/10.26571/reamec.v11i1.16000>

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

AGRADECIMENTOS

Não se aplica.

FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Introdução: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Referencial teórico: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Análise de dados: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Discussão dos resultados: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Conclusão e considerações finais: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Referências: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Revisão do manuscrito: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

Aprovação da versão final publicada: Claudia Almeida Fioresi, Henrique César da Silva.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmico, político e financeiro referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados da pesquisa foi publicado no próprio artigo.

PREPRINT

Não publicado.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

COMO CITAR - ABNT

FIORESI, Claudia Almeida; SILVA, Henrique César da. Análise de textos de divulgação científica em livros didáticos de química a partir de Fleck. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 12, e24069, jan./dez., 2024. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.16987>

COMO CITAR - APA

Fioresi, C. A. & Silva, H. C. da. (2024). Análise de textos de divulgação científica em livros didáticos de química a partir de Fleck. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 12, e24069. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.16987>

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

POLÍTICA DE RETRATAÇÃO - CROSSMARK/CROSSREF

Os autores e os editores assumem a responsabilidade e o compromisso com os termos da Política de Retratação da Revista REAMEC. Esta política é registrada na Crossref com o DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.retratoacao>



OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto ([Open Access](#)) e sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos dos autores (*Article Processing Charges – APCs*). O acesso aberto é um amplo movimento internacional que busca conceder acesso online gratuito e aberto a informações acadêmicas, como publicações e dados. Uma publicação é definida como 'acesso aberto' quando não existem barreiras financeiras, legais ou técnicas para acessá-la - ou seja, quando qualquer pessoa pode ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou usá-la na educação ou de qualquer outra forma dentro dos acordos legais.



LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](#). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o *software* de detecção de texto [iThenticate](#) da Turnitin, através do serviço [Similarity Check](#) da [Crossref](#).



PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



EDITOR

Dailson Evangelista Costa  

AVALIADORES

Dois pareceristas *ad hoc* avaliaram este manuscrito e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

HISTÓRICO

Submetido: 17 de janeiro de 2024.

Aprovado: 18 de julho de 2024.

Publicado: 27 de setembro de 2024.