

Análise dos Argumentos sobre a Primeira Lei de Mendel em Livros Didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio

Analysis of Arguments about Mendel's First Law in High School Natural Sciences Textbooks

Análisis de Argumentos sobre la Primera Ley de Mendel en Libros de Texto de Ciencias Naturales de Secundaria

Suellen Fonsêca da Conceição Santos,  Elder Sales Teixeira,  e Rosiléia Oliveira de Almeida 

Resumo

Estudos têm destacado as contribuições da argumentação para o ensino de Ciências da Natureza. No entanto, ainda são escassas as análises que investigam sua presença e qualidade nos livros didáticos. Este estudo, de natureza qualitativa, investiga argumentos expressos nos enunciados da Primeira Lei de Mendel em livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio, aprovados pelo PNLD-2021. Para a análise, adotou-se o Layout de Argumentação de Toulmin como referencial teórico e metodológico, complementado pelo instrumento proposto por Penha e Carvalho (2015) e adaptado por Silva (2021). Entre as sete coleções analisadas, uma não apresenta elementos argumentativos na abordagem da Primeira Lei de Mendel, cinco exibem argumentações apenas parcialmente satisfatórias, com elementos que não cumprem integralmente suas funções, e apenas uma contém um argumento satisfatório, em que cada elemento identificado cumpre sua função adequadamente. Os resultados evidenciam lacunas significativas nos argumentos sobre a Primeira Lei de Mendel, apontando a necessidade de aprimorar essa abordagem nos livros didáticos.

Palavras-chave: argumentação, Ciências da Natureza, livro didático, Primeira Lei de Mendel

Abstract

Studies have highlighted the contributions of argumentation to the teaching of Natural Sciences. However, analyses investigating its presence and quality in textbooks are still scarce. This qualitative study examines arguments expressed in the statements of Mendel's First Law in high school Natural Sciences textbooks approved by the PNLD/2021. For the analysis, Toulmin's Argument Pattern was adopted as the theoretical and methodological framework, complemented by the instrument proposed by Penha and Carvalho (2015) and adapted by Silva (2021). Among the seven textbook collections analyzed, one does not present any argumentative elements in its approach to Mendel's First Law, five display only partially satisfactory argumentation, with elements that do not fully fulfill their functions, and only one contains a satisfactory argument, in which each identified element adequately serves its purpose. The results reveal significant gaps in the arguments related to Mendel's First Law, highlighting the need to improve this approach in textbooks.

Keywords: argumentation, Natural Sciences, textbook, Mendel's First Law

Resumen

Diversos estudios han destacado las contribuciones de la argumentación para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Sin embargo, aún son escasos los análisis que investigan su presencia y calidad en los libros de texto. Este estudio, de naturaleza cualitativa, investiga los argumentos expresados en los enunciados de la Primera Ley de Mendel en libros de texto de Ciencias Naturales de la Educación Secundaria, aprobados por el PNLD/2021. Para el análisis, se adoptó el Esquema de Argumentación de Toulmin como marco teórico y metodológico, complementado por el instrumento propuesto por Penha y Carvalho (2015) y adaptado por Silva (2021). Entre las siete colecciones analizadas, una no presenta elementos argumentativos en el abordaje de la Primera Ley de Mendel, cinco exhiben argumentaciones solo parcialmente satisfactorias, con elementos que no cumplen plenamente sus funciones, y solo una contiene un argumento satisfactorio, en el que cada elemento identificado cumple adecuadamente su función. Los resultados evidencian lagunas significativas en los argumentos sobre la Primera Ley de Mendel, señalando la necesidad de mejorar este enfoque en los libros de texto.

Palabras clave: argumentación, Ciencias Naturales, libro de texto, Primera Ley de Mendel

Introdução

O ensino de Genética é frequentemente percebido pelos estudantes como de difícil compreensão, por exigir a consolidação de conceitos de outras áreas, como a Matemática (Borges et al., 2017), sendo que a abordagem de ensino empregada influencia a aprendizagem. Usar estratégias argumentativas pode potencializar essa compreensão, pois, para argumentar, o estudante precisa ter uma compreensão mais crítica do conteúdo. Além disso, o engajamento em prol da ciência, por meio da construção de bons argumentos, contribui para a redução do negacionismo científico (Vilela & Selles, 2020).

Os estudos de Gregor Mendel trouxeram avanços na área da Genética e contribuíram para a compreensão da existência e transmissão de fatores/caracteres hereditários. Suas pesquisas evidenciaram a relação de proporcionalidade entre características hereditárias nas ervilhas *Pisum sativum* (Kavalek & Muscardi, 2019).

A compreensão da Genética exige habilidades de construir hipóteses sobre fatores invisíveis. Essa compreensão prepara os estudantes para discutir questões controversas. Consideramos que a argumentação é essencial para a ciência (Teixeira et al., 2015), por facilitar a apropriação de conceitos e estimular o raciocínio científico.

As discussões no campo educacional apontam que tem sido irrisório o uso dos livros didáticos como instrumento para direcionar a argumentação (Motta & Vier, 2019). Diante dessa constatação, urge inserir aspectos argumentativos nos livros didáticos (Souza et al., 2016), tendo em vista que estes são de fundamental importância na formação dos estudantes da Educação Básica, para que saibam argumentar de forma mais elaborada ainda nesse nível de ensino (Rosa, 2017).

Em uma investigação sobre o ensino de Genética, foram analisadas estratégias didáticas aplicadas no Ensino Fundamental, Médio e Superior, com base em 37 artigos publicados em uma revista acadêmica entre 2017 e 2021. Constatou-se que a maioria das estratégias se concentra no Ensino Médio, seguido do Ensino Superior e do Ensino Fundamental, sendo os jogos, as atividades práticas e o ensino por investigação as mais recorrentes (Rodrigues et al., 2022).

Além disso, de acordo com os resultados do referido estudo, as propostas pedagógicas voltadas à abordagem das leis de Mendel e de outros conteúdos que compõem a Genética clássica foram identificadas em maior proporção. Para Rodrigues et al. (2022), o uso de materiais didáticos adequados e de metodologias ativas é essencial à aprendizagem efetiva por estimular a participação ativa dos estudantes e o interesse pelos conteúdos em questão.

Nesse mesmo sentido, Bernardo et al. (2023) enfatizam a importância do uso de estratégias que promovam “o desenvolvimento do pensamento crítico e a capacidade do aluno de opinar e se posicionar frente aos temas diversos abrangidos pela biologia” (p. 2). Nesse contexto, a argumentação se configura como um recurso de destaque, pois estimula os estudantes e possibilita que construam subsídios que os preparem para defender ou refutar os conhecimentos adquiridos, o que fortalece o processo de aprendizagem.

De forma complementar, Oliveira et al. (2025) analisaram a produção científica sobre o ensino de Genética a partir da década de 1990 e identificaram como principais estratégias utilizadas as questões sociocientíficas, as metodologias ativas mediadas por tecnologias, os mapas conceituais e os modelos de alfabetização em Genética. Os autores ressaltam, ainda, a necessidade de aproximação entre as pesquisas e as práticas pedagógicas, situando o Brasil entre os dez países com produção relevante em letramento científico e evidenciando a importância de estratégias que aprimorem a compreensão dos alunos. Observa-se, assim, que tais estudos se concentram, sobretudo, em propostas voltadas ao aprimoramento da compreensão conceitual, reafirmando a preocupação em aprimorar o ensino de Genética.

No que se refere, especificamente, às análises da abordagem de Genética nos livros didáticos de Biologia, o estudo de Silva et al. (2025) revela a existência de equívocos na abordagem de conceitos complexos. De acordo com Silva et al. (2025), a respeito dos livros didáticos aprovados pelo PNLD em 2021, em alguns, o conteúdo da genética traz informações errôneas, em que “características de herança poligênica e/ou multifatorial são colocadas como herança mendeliana” (p. 17). A problemática apresentada reforça ainda mais o papel do professor em mediar a aprendizagem desses conteúdos, despertando a criticidade dos estudantes ao disseminar, com legitimidade, conteúdos relacionados à transmissão hereditária.

Desse modo, a argumentação é caracterizada como parte de uma abordagem que prioriza o desenvolvimento de competências argumentativas nos estudantes; assim, seu papel não se resume a um recurso isolado, mas constitui um dos aspectos que devem compor as estratégias necessárias para o fomento de uma educação científica que busca o desenvolvimento da criticidade (Bernardo et al., 2023).

Torna-se relevante enfatizar que as competências para argumentar não são desenvolvidas estritamente por meio do acesso a conteúdos prontos, mas podem ser construídas por intermédio de estratégias de ensino diferenciadas. Tais estratégias dão subsídios para que o professor possa mediar esses processos e fomentar discussões que possibilitem que os estudantes exponham e debatam suas ideias e conhecimentos. Como os livros didáticos estão entre as principais fontes usadas pelos estudantes para o desenvolvimento de ideias e conhecimentos, podem ser considerados como igualmente relevantes para fomentar a produção de bons e sólidos argumentos sobre os conhecimentos científicos por parte dos estudantes, mesmo que não sejam as únicas fontes para esse fim.

Os livros didáticos podem ser interpretados como um fio condutor das interações necessárias à construção do conhecimento, ao mesmo tempo em que potencializam a relação professor- aluno (Spiassi & Silva, 2008). No entanto, por vezes, possuem, de acordo com Borges et al. (2017), “vocabulário muito específico, excesso de termos técnicos [...]”, que não auxiliam a compreensão dos conteúdos por parte dos estudantes (p. 62).

Diante das questões apresentadas, este estudo objetiva analisar os argumentos expressos nos enunciados da Primeira Lei de Mendel em livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio, aprovados pelo PNLD/2021. O estudo baseia-se no Layout de Argumentação de Toulmin (2006), utilizado para avaliar a qualidade da estrutura argumentativa. Como esse modelo não apresenta critérios referentes à classificação do conteúdo presente no argumento (Teixeira et al., 2015), utilizamos a ferramenta analítica de Penha e Carvalho (2015), adaptada por Silva (2021), a qual foi ajustada ao contexto deste estudo para a referida finalidade.

Nesta seção, apresentamos os aspectos gerais deste estudo. A seguir, apresentaremos o referencial teórico — o Layout de Argumentação de Toulmin e as contribuições da Primeira Lei de Mendel para a Genética —, a metodologia deste estudo, os resultados e as conclusões alcançadas.

Referencial Teórico

Layout de Argumentação de Toulmin

Os processos argumentativos estão presentes no cotidiano (Jiménez-Aleixandre & Brocos, 2015). No âmbito educacional, o argumento de qualidade é aquele em que os elementos cumprem sua função e cuja justificativa apresentada é suficiente para interligar os dados à conclusão.

Para que um argumento seja considerado de qualidade, deve atender a critérios estruturais relacionados à lógica argumentativa e às especificidades do campo teórico (Penha & Carvalho, 2015), o que conferirá a credibilidade necessária ao argumento. Os argumentos são concepções construídas e justificadas com base em premissas que sustentam uma conclusão (Toulmin, 2006). Diante disso, é essencial aproximar os estudantes do discurso científico com o uso da argumentação.

Por meio do Layout de Argumentação de Toulmin, é possível identificar os elementos que compõem o argumento. Pesquisadores defendem o uso desse instrumento para a construção e análise dos argumentos (Erduran et al., 2004; Penha & Carvalho, 2015), destacando suas vantagens pedagógicas para a compreensão do conhecimento científico (Teixeira et al., 2015). O uso do Layout de Argumentação de Toulmin no processo de ensino traz contribuições, sobretudo, para o melhor entendimento do conteúdo abordado, tendo em vista que, com base nesse modelo, é possível construir argumentos científicos.

Para Toulmin (2006), um argumento é composto pelos elementos: a) Dado (D) — asserções que conferem base à conclusão; b) Justificativa (J) — princípio que interliga o dado à conclusão; c) Conclusão (C) — ideia central estabelecida. As justificativas são essenciais para a compreensão e a construção de um argumento, pois concatenam o dado a uma conclusão de maneira legitimada (Teixeira et al., 2015).

Os argumentos que apresentam maior complexidade podem requisitar elementos como:

a) Fundamento (F) — confere respaldo à justificativa; b) Qualificador (Q) — avalia e confere força a uma conclusão; c) Refutação (R) — exceções que se contrapõem à justificativa, invalidando a conclusão (Toulmin, 2006) (Figura 1).

Figura 1

Layout de Toulmin para a argumentação



Fonte: Adaptado de Toulmin (2006)¹.

Gregor Johann Mendel e a Lei da Segregação dos Fatores

Gregor Mendel Gregor Mendel (1822–1884), monge agostiniano, biólogo e botânico, não teve suas contribuições científicas reconhecidas em vida. Seus estudos sobre o cruzamento entre ervilhas (*Pisum sativum*), fruto de uma pesquisa que durou cerca de oito anos, tiveram grande repercussão. As ideias de Mendel partiram de

¹ Salientamos que, neste estudo, os termos dos componentes do argumento “garantia” e “apoio” foram substituídos, respectivamente, pelos termos “justificativa” e “fundamento”. Justifica-se que a substituição foi necessária haja vista que, após a tradução do instrumento original, os termos substitutos se adequam melhor à função que exercem na Língua Portuguesa.

suas vivências nos coletivos de pensamentos, em que parte dos seus conhecimentos foi construída (Leite et al., 2001). O processo de hibridação já era utilizado naquela época. Segundo Kavalek e Muscardi (2019), Mendel organizou o conhecimento já existente para desenvolver seus estudos. O grande diferencial de Mendel consistiu em interpretar matematicamente os resultados. A metodologia utilizada nos experimentos e a forma como interpretou matematicamente os resultados diferiram dos trabalhos contemporâneos de sua época (Martins & Prestes, 2016).

Mendel analisou, individualmente, características como: forma e cor da semente, forma e cor da vagem, altura da planta, cor da flor e posição da flor na planta. As plantas analisadas deveriam, segundo Mendes (2013): “1. Possuir caracteres contrastantes e constantes; 2. produzir híbridos que, durante o período de floração, possam ser protegidos da influência de qualquer pólen estranho [...]” (p. 90).

Após o cruzamento, Mendel analisou os descendentes, a transmissão de características entre gerações, identificando plantas “puras” (Fridman, 2012). Ele chamou as plantas puras de geração parental ou geração P. O cruzamento entre plantas da geração P originou a geração filha (F1); nela, apenas uma característica foi expressa. Ao fazer uma autofecundação da geração F1, originou-se a geração F2, que apresentou duas características em proporções distintas, levando à conclusão da existência de fatores dominantes e recessivos, na proporção de 3:1. Ele propôs que os fatores hereditários se segregavam na formação dos gametas, estabelecendo a Primeira Lei de Mendel, ou Lei da Segregação dos Fatores.

Mendel elucidou como os caracteres hereditários são transmitidos para outras gerações, o que garante o mecanismo de hereditariedade². Seus estudos só foram validados após o seu falecimento, quando pesquisas realizadas por De Vries, Correns e Tschermak obtiveram resultados semelhantes (Guimarães, 2016), ampliando a credibilidade de suas investigações.

Além de revolucionar a Genética, os experimentos de Mendel tiveram importância pragmática, pois foram desenvolvidos, segundo Borges et al. (2017), “visando atender à necessidade da sociedade da época, que precisava de espécies de plantas mais cultiváveis” (p. 62).

No entanto, os livros didáticos abordam as Leis de Mendel de forma superficial e acrítica, atribuindo-lhe uma genialidade (Kavalek & Muscardi, 2019), e reforçam ainda mais essa ideia ao definirem-no como “pai da genética”, quando, na realidade, suas descobertas se basearam em estudos anteriores, conforme já mencionado.

Atribuir ao pesquisador os créditos acerca do entendimento da hereditariedade fomenta a construção de uma visão pouco crítica acerca da ciência. Para Melo et al. (2022), “o interesse pela hereditariedade não começou com Mendel, obviamente, e, ao longo do século XIX, vários cientistas apresentaram teorias para explicar esse fenômeno” (p. 8), tendo como fundamento a ideia de hereditariedade. A principal contribuição de Mendel foi a de explicar a segregação dos fatores na formação dos gametas e interpretar os resultados com base na proporcionalidade.

2 Salientamos que, embora nos estudos genéticos atuais o termo “hereditariedade” seja atribuído à Mendel, quando analisado o material publicado por ele, esse termo e seus derivados, na língua alemã, não são encontrados (El-Hani, 2016).

Antes de Mendel, as características dominantes eram entendidas como “íntactas”, já as ocultas como “latentes”. Mendel redefiniu esses conceitos ao assumir que “[...], os caracteres que são transmitidos sem nenhuma ou pouca alteração na hibridação e que, portanto, constituem os caracteres do híbrido são chamados de dominantes, e os que se tornam latentes no processo, recessivos” (Mendel, 1866, citado em Bateson, 1913, p. 342).

Mendel escolheu características contrastantes bem definidas, observando que, a cada quatro plantas, três expressavam determinada característica dominante, e só uma expressava uma característica recessiva. Assim, os resultados demonstraram uma proporcionalidade de 3:1. Para Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015), “aprender ciências supõe, entre outras coisas, aprender a construir e a avaliar explicações baseadas em evidências” (p. 142). Desse modo, os estudos de Mendel podem fomentar situações pró-argumentativas em sala de aula e, com base na Primeira Lei de Mendel, os estudantes podem construir argumentos científicos que justifiquem a expressão ou ausência de determinadas características hereditárias.

Aspectos Metodológicos da Pesquisa

Trata-se de um estudo de natureza qualitativa, com caráter descritivo e exploratório, por meio do qual é possível descrever as relações entre diferentes aspectos (Gil, 2011), o que, para Triviños (2012), “exige do pesquisador uma série de informações sobre o que se deseja pesquisar e pretende descrever” (p. 109), bem como explorar essas perspectivas, visando ampliar a visão acerca do problema estudado (Triviños, 2012), o que coaduna com o objetivo de nosso estudo.

A escolha dos livros do PNLD/2021 para a análise justifica-se devido às recentes mudanças no âmbito educacional e à necessidade de incluir argumentos nos livros didáticos, considerando a sua relevância para a aprendizagem científica. O PNLD/2021 aprovou livros de sete coleções, cada uma delas organizada em seis volumes, que podem ser trabalhados de forma não sequencial.

Optamos por analisar o conteúdo da Primeira Lei de Mendel em virtude de sua complexidade e relevância. O critério de inclusão no corpus foi a abordagem do conteúdo. Inicialmente, realizamos buscas por meio dos termos: Mendel, Primeira Lei de Mendel e Lei da Segregação dos Fatores. Em seguida, os volumes que abordavam ou faziam referência à Primeira Lei de Mendel foram analisados minuciosamente.

Das sete coleções, apenas em seis a Primeira Lei de Mendel é apresentada. Como na coleção do LD2, não há registros da Primeira Lei de Mendel; esta não fez parte da nossa análise, visto que um dos critérios de inclusão se referia à abordagem do conteúdo em pelo menos um dos volumes de cada coleção. Assim, elaboramos um quadro que relaciona a coleção ao volume em que o conteúdo foi identificado (Figura 2).

Figura 2

Identificação dos livros didáticos selecionados e dos volumes analisados

Referências dos livros selecionados	Volume analisado	Identificação na pesquisa
Canto, E. L., & Leite, E. C. C. (2020). <i>Moderna Plus: o conhecimento científico. Ciências da Natureza e suas tecnologias</i> . Moderna.	5	Livro didático 1 (LD1)
Godoy, L., Dell, R. M., & Melo, A.W. (2020). <i>Matéria, energia e a vida: Ciências da Natureza e suas tecnologias</i> . FTD.	-	Livro didático 2 (LD2)
Lopes, S., & Rosso, S. (2020). <i>Evolução e Universo: Ciências da Natureza e suas tecnologias</i> . Moderna.	5	Livro didático 3 (LD3)
Mortimer, E., Horta, A., Mateus, A., Munford, D., Franco, L., Matos, S., Panzera, A., Garcia, E., & Pimenta, M. (2020). <i>Matéria, energia e vida uma abordagem interdisciplinar: Ciências da Natureza e suas tecnologias</i> . Scipione.	2	Livro didático 4 (LD4)
Novais, V. L. D., & Antunes, M. T. (2020). <i>Conexões: Ciências da Natureza e suas tecnologias</i> . Moderna.	5	Livro didático 5 (LD5)
Santos, K. C. D. (2020). <i>Diálogo: Ciências da Natureza e suas tecnologias</i> . Moderna.	4	Livro didático 6 (LD6)
Zamboni, A., & Bezerra, L. M. (2020). <i>Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas tecnologias</i> . SM educação.	6	Livro didático 7 (LD7)

Instrumento e Critérios para a Análise do Argumento

Para a análise dos argumentos, utilizamos a ferramenta analítica de Silva (2021)³, adaptada do instrumento de Penha e Carvalho (2015). O instrumento de análise foi criado originalmente por Penha e Carvalho (2015) para a análise de questões sociocientíficas em diferentes campos. Por sua vez, em seu estudo, Silva (2021) avaliou argumentos em situações discursivas produzidas em sala de aula.

Todavia, como nosso estudo teve enfoque na análise de argumentos dispostos no livro didático, foi necessário realizar ajustes nos critérios de análise. Para isso, adaptamos o referido instrumento ao nosso contexto de pesquisa, o que possibilitou a análise dos argumentos nos livros didáticos por meio dos referidos parâmetros. Assim, a análise do estudo em questão se restringiu aos seguintes critérios: Coerência formal, Suficiência, Respaldo e Validade.

Através do critério de “Coerência formal”, verifica-se a estrutura do argumento no livro didático; para isso, foi considerada a presença dos respectivos elementos: dado (D); justificativa (J); conclusão (C); e fundamento (F), conforme os elementos que compõem a estrutura do Layout de Toulmin (2006). Neste estudo, o critério referente a “Validade” avalia a adequação do argumento ao campo teórico, para garantir que a conclusão estabelecida esteja vinculada de forma correta ao dado analisado, por intermédio das justificativas que têm a funcionalidade de fazer uma interligação coerente.

³ A ferramenta analítica de Silva (2021), voltada ao ensino explícito da argumentação em Física, baseia-se na proposta original de Penha e Carvalho (2015), destinada a avaliar a qualidade da argumentação em atividades sociocientíficas.

Os critérios relacionados ao “Pertencimento” e à “Legitimidade”, propostos no estudo realizado por Silva (2021), não foram considerados, tendo em vista que os objetivos da pesquisa diferem entre si. O estudo desenvolvido por Silva (2021) direcionava-se à análise do discurso argumentativo produzido pelos estudantes em sala de aula, o que, de certo modo, diferiu do objeto de pesquisa deste estudo, no qual foram analisadas a presença e a qualidade dos aspectos argumentativos registrados na abordagem do conteúdo da Primeira Lei de Mendel. Assim, como os demais critérios descritos na sequência contemplam o objetivo deste estudo, a análise foi realizada tomando-se os critérios avaliativos.

Para cada critério, foi atribuída uma pontuação cuja escala varia entre 0 (zero) e 2 (dois). Para o critério de “Coerência Formal”, em específico, atribuiu-se o valor 0 (zero), que corresponde a “Não”, quando nenhum dos elementos estruturais pertencentes ao Layout de Toulmin cumpre a sua função e há ausência de “Coerência Formal”; 1 (um), quando nem todos os elementos estruturais desempenham sua função de forma adequada, sendo considerado como “Parcialmente” atendido esse critério; e 2 (dois), correspondente a “Sim”, quando todos os elementos estruturais, além de estarem presentes, cumprem sua função dentro da estrutura proposta por Toulmin (2006).

Para os demais critérios, foi atribuída a mesma pontuação, que varia entre 0 (zero) e 2 (dois), sendo 0 (zero) para a ausência do aspecto analisado; 1 (um), quando há o registro parcial do cumprimento do aspecto analisado; e 2 (dois), quando há a identificação coesa do aspecto no contexto do conteúdo analisado. Dessa maneira, esse registro é feito com base na ausência, presença parcial ou presença dos critérios de: Suficiência (S)⁴, Respaldo (R)⁵ e Validade (V)⁶, no conteúdo do argumento. O instrumento de análise utilizado para avaliar tanto a qualidade, quanto a estrutura do argumento no livro didático está expresso a seguir (Figura 3).

4 O critério “Suficiência” corresponde à relação entre dado e conclusão por meio da justificativa.

5 O critério “Respaldo” considera se o fundamento fornece embasamento para a justificativa.

6 O critério “Validade” considera se a conclusão identificada é válida para a comunidade científica.

Figura 3

Instrumento para a avaliação da qualidade e da estrutura do argumento

Rubricas para a avaliação do argumento		
Critério	Escore	Descrição
Coerência Formal (C) Os componentes que formam o argumento desempenham suas funções de acordo com o modelo de Toulmin.	0	Nenhum componente desempenha adequadamente a sua função estrutural.
	1	Parte dos componentes desempenha sua função estrutural.
	2	Todos os seus componentes desempenham suas funções estruturais.
Suficiência (S) A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.	0	As justificativas não são suficientes.
	1	As justificativas são parcialmente suficientes
	2	As justificativas são totalmente suficientes.
Respaldo (R) O fundamento confere respaldo à justificativa.	0	Os fundamentos não são satisfatórios ⁷ .
	1	Os fundamentos são parcialmente satisfatórios.
	2	Os fundamentos são totalmente satisfatórios.
Validade (V) A conclusão do argumento é válida.	0	A conclusão responde de maneira incorreta em relação aos dados e às justificativas.
	1	A conclusão responde parcialmente aos dados e às justificativas.
	2	A conclusão responde totalmente em relação aos dados e às justificativas.

Fonte: elaborado pelos autores, tomando por referência Silva (2021).

Por fim, após a análise isolada de cada um dos quatro critérios dispostos no instrumento utilizado, o argumento pôde ser classificado em uma das três categorias, sendo considerado como um argumento “Insatisfatório”, quando nenhum dos quatro critérios é atendido com a pontuação 2 (dois); como “Parcialmente satisfatório”, quando apenas em um, em dois ou em três dos quatro critérios é atribuída a pontuação 2 (dois); ou como “Satisfatório”, quando todos os quatro critérios são cumpridos com êxito, sendo assim atribuída a pontuação 2 (dois).

Para melhor direcionar a nossa análise, tomando como referência o Layout de Argumentação de Toulmin, construímos um exemplo de argumento considerado satisfatório sobre o conteúdo da Primeira Lei de Mendel, que foi utilizado como parâmetro para a análise de excertos que formam o argumento disposto em cada um dos livros didáticos que fazem parte do escopo deste estudo (Figura 4).

⁷ O termo “Satisfatório” refere-se ao elemento em questão.

Figura 4*Modelo de argumento satisfatório sobre a Primeira Lei de Mendel*

(D) Se	(C) Assim
Mendel realizava cruzamentos entre plantas de diferentes linhagens puras que, ao se reproduzir produziram sementes da mesma linhagem [...] Mendel fez um primeiro cruzamento entre uma planta pura com sementes amarelas e uma planta pura com sementes verdes, por meio de uma polinização cruzada, na Geração Parental. O resultado desse cruzamento gerou plantas híbridas que pertenciam a geração filha ou Geração F1 e todas as plantas desta geração apresentaram sementes amarelas. Após isso, Mendel fez uma autofecundação, agora entre plantas da Geração F1, que resultou em plantas com sementes amarelas e plantas com sementes verdes na proporção de 3:1, a esta geração Mendel chamou de Geração F2.	As características das plantas são condicionadas por um par de fatores, que se separam na formação dos gametas, indo apenas um fator para cada gameta.
(J) Já que	
Cada caráter é determinado por um par de fatores, que são encontrados aos pares nos organismos. Um fator gera características que são expressas em todas as gerações, estas Mendel identificou como dominantes, e outro fator gera características que não foram expressas em todas as gerações e foram registradas em menor proporção, que são recessivas. Mendel analisou sete características, cada uma delas com dois aspectos, bem contrastantes, de fácil distinção. As características analisadas apresentaram uma proporção de 3:1 para a dominância e recessividade.	
(F) Sustentado por	
Princípios da hereditariedade que permitem inferir que há um mecanismo de transferência de fatores hereditários de uma geração para a outra, o que garante a variabilidade genética.	

Contudo, salienta-se que não se espera que o argumento seja disposto no livro didático explicitamente como no referido exemplo. Embora tenha sido construído um modelo para a análise do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel, alterações podem ocorrer, levando-se em consideração o contexto em que foi desencadeada a construção do argumento.

É imprescindível que o conteúdo apresente os elementos essenciais à construção de um argumento de forma que os estudantes possam reconhecer a lógica que envolve a construção do pensamento argumentativo e consigam, também, como destaca Rios (2021), “analisar determinados temas, priorizar sua importância, resolver problemas e realizar atividades coletando a opinião dos outros e integrando-as em um todo” (p. 9).

Diante disso, é essencial que os professores que optam por trabalhar com a perspectiva argumentativa e utilizar o livro didático como base tenham conhecimento de um modelo que os auxilie na identificação dos elementos que constituem um argumento. Isso lhes permitirá direcionar os estudantes na construção de um argumento científico.

Análise dos Argumentos sobre a Primeira Lei de Mendel nos Livros Didáticos do PNLD/2021

A seguir, apresentamos a análise dos argumentos dos livros didáticos. Salientamos que os trechos que se seguem na decomposição do argumento não estão registrados aqui na íntegra⁸, tendo em vista que são suficientes para a compreensão e análise da construção do argumento sobre o conteúdo analisado. Observamos que o LD1 contém dois trechos passíveis de construção de um argumento, que foram analisados isoladamente, como descrito na sequência.

9LD1 — Trecho 1. Decomposição do argumento: dado (D); justificativa (J); fundamento (F); e conclusão (C):

D: Mendel escolheu como material de estudo plantas da ervilha *Pisum sativum*. Em razão de os elementos reprodutivos da flor [...] da ervilha [...] estarem enclausurados dentro da quilha formada pelas pétalas, geralmente ocorre autofecundação. Antes de iniciar um cruzamento, Mendel certificava-se de que estava lidando apenas com plantas de linhagens puras para cada característica estudada. Linhagem pura é aquela que, por autofecundação, produz apenas plantas iguais a ela mesma;

J: Mendel focalizou sete características, cada uma delas com dois aspectos, ou estados, bem contrastantes, de fácil distinção. Mendel observou que [...] a autofecundação de plantas híbridas F_1 produzia uma descendência constituída por plantas com sementes amarelas e plantas com sementes verdes;

F: Mendel registrou proporções entre os estados dominante e recessivo em diferentes características. Para Mendel, havia um [...] padrão de herança de todas as sete características que ele estudou em ervilhas.

C: Mendel concluiu que a característica cor verde da semente não desaparecia realmente nas plantas da geração F_1 , mas ficava encoberta, reaparecendo na geração F_2 . Mendel denominou dominante o estado da característica que se manifestava nas plantas híbridas e recessivo o estado da característica que ficava encoberto. A semelhança nas proporções entre os estados dominante e recessivo em diferentes características levou Mendel a pensar que devia haver uma lei geral.

No trecho 1, os elementos dado, justificativa e conclusão foram encontrados. No entanto, a justificativa não cumpre sua função. Embora mencione que Mendel estudou aspectos contrastantes de sete características, a justificativa não destaca a identificação e a separação dos fatores que resultaram na manifestação dessas características, em proporções diferentes.

Um argumento possibilita a organização do pensamento de maneira lógica (Scarpa, 2015). Assim, na construção de um argumento, é essencial a presença de um processo justificatório, considerando a sua importância na construção do raciocínio argumentativo. A justificativa apresentada não é suficiente para a construção de um argumento científico coerente.

⁸ Os colchetes indicam a supressão de trechos que estão na íntegra nos LDs referenciados no corpus de análise.

⁹ Salientamos que LD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, LD6, LD7, em negrito, correspondem a cada coleção que faz parte do escopo deste estudo e que “D”, “J”, “F” e “C” correspondem, respectivamente, a: dado, justificativa, fundamento e conclusão, elementos que compõem o Modelo de Argumento de Toulmin.

Os critérios de “Coerência Formal” e “Suficiência” foram “Parcialmente” atendidos, pois a justificativa foi identificada, mas não faz a ligação entre o dado e a conclusão. A justificativa apresenta limitações ao não justificar a separação de fatores e tampouco comentar que essa foi uma descoberta de Mendel. O critério “Respaldo” é atendido, já que o fundamento faz referência à hereditariedade, que era conhecida na época de Mendel, e faz alusão ao processo de transmissão de características entre as gerações. A conclusão registra a proporcionalidade nos resultados observados por Mendel, o que o levou à formulação da Lei da Segregação dos Fatores. Assim, o “Respaldo” e a “Validade” foram critérios “Totalmente” atendidos.

Apenas dois dos quatro critérios analisados cumprem a sua função neste argumento, o qual foi, portanto, considerado “Parcialmente satisfatório”, do ponto de vista estrutural e da qualidade do conteúdo da Primeira Lei de Mendel. Como apenas 50% dos critérios analisados correspondem às funções estruturais e da qualidade do argumento, eles não são suficientes para subsidiar a elaboração de um argumento com base nas informações localizadas. Diante disso, o trecho 1 do LD1 foi considerado “Parcialmente satisfatório”, como descrito no Figura 5.

Figura 5

Avaliação do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel no LD1 — trecho 1

Rubricas para a avaliação do argumento				
Critério	Descrição	Escore		
		Não (0)	Parcialmente (1)	Sim (2)
Coerência Formal (C)	Os componentes que se referem à estrutura que forma o argumento desempenham suas funções de acordo com o Layout de Argumentação de Toulmin.		x	
Suficiência (S)	A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.		x	
Respaldo (R)	O fundamento é satisfatório para dar respaldo à justificativa.			x
Validade (V)	A conclusão do argumento é válida.			x
Classificação do argumento		Parcialmente Satisfatório		

Fonte: elaborado pelos autores, tomando como referência Silva (2021).

O trecho 2, do LD1 é estruturado em premissas, o que é característico de um argumento lógico, em que se espera a conexão entre uma ideia geral e ideias específicas. Toulmin (2006) propõe que as asserções devem fornecer subsídios para a conclusão, condição característica de processos justificativos

LD1 — Trecho 2. Decomposição do argumento: dado (D), justificativa (J), fundamento (F); conclusão (C):

D: De acordo com o modelo mendeliano, todos os gametas femininos formados pelas plantas altas puras contêm o fator A, uma vez que plantas puras altas formam apenas um tipo de gameta, com o fator A. Por sua vez, todos os gametas masculinos formados pelas plantas baixas (aa) contêm o fator (a);

J: O ponto-chave da hipótese de Mendel é a separação dos fatores hereditários durante a formação dos gametas. Os fatores de cada par se separam (ou, no dizer de Mendel, segregam-se) na formação dos gametas, de modo que cada gameta conterá apenas um dos fatores do par em questão;

F: Cada gameta recebe apenas um tipo de fator, de modo que aproximadamente metade dos gametas femininos produzidos pela planta híbrida conterá o fator para estatura alta (A) e a outra metade, o fator para estatura baixa (a). O mesmo ocorre com os gametas masculinos. [...] O resultado esperado desse cruzamento é que se formem três plantas altas (1 pura AA e 2 híbridas Aa) para cada planta baixa aa (necessariamente pura). Cada característica hereditária é determinada por um par de fatores, um herdado do genitor materno e outro herdado do genitor paterno;

C: Mendel elaborou uma hipótese para explicar os resultados obtidos: os gametas se encontram aleatoriamente dois a dois, originando os indivíduos da geração seguinte.

Embora os elementos essenciais tenham sido identificados, o critério de “Coerência Formal” foi parcialmente atendido, pois a justificativa não cumpre a sua função. A justificativa atende parcialmente também ao critério “Suficiência”, ao mencionar a separação de fatores na formação dos gametas, mas não indica que havia um padrão nas sete características analisadas. Ceschim et al. (2020) destacam que “Mendel fez descrições quantitativas acerca das diferentes características que as plantas exibiam a cada geração” (p. 215). Nesse trecho, o “Respaldo” é conferido ao se descrever a existência de fatores hereditários, e o critério “Validade” é atendido por reforçar que os fatores são responsáveis pela formação de indivíduos da geração seguinte. Em decorrência de que nem todos os elementos cumpriram sua função, esse argumento foi considerado como “Parcialmente satisfatório”, como descrito na Figura 6.

Figura 6

Avaliação do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel no LD1— trecho 2

Rubricas para a avaliação do argumento				
Critério	Descrição	Escore		
		Não (0)	Parcialmente (1)	Sim (2)
Coerência Formal (C)	Os componentes que se referem à estrutura que forma o argumento desempenham suas funções de acordo com o Layout de Argumentação de Toulmin.			x
Suficiência (S)	A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.		x	
Respaldo (R)	O fundamento é satisfatório para dar respaldo à justificativa.			x
Validade (V)	A conclusão do argumento é válida.			x
Classificação do argumento		Parcialmente satisfatório		

Fonte: elaborado pelos autores, tomando como referência Silva (2021).

Os aspectos argumentativos na coleção LD2 não foram sistematizados da mesma forma que as demais coleções que compõem o escopo deste estudo, pois não abordam o conteúdo da Primeira Lei de Mendel. A ausência desse assunto em uma coleção completa de livros didáticos do Ensino Médio é uma falha significativa, uma vez que apenas um exemplar dessa coleção faz referência à “Introdução à Genética”, mas não aborda o conteúdo. A omissão de um conteúdo tão relevante pode comprometer a aprendizagem de conceitos fundamentais em uma área considerada complexa.

Na sequência, será apresentada a decomposição do trecho identificado na coleção LD3. Nele, embora três dos quatro quesitos analisados cumpram a sua função, a abordagem do conteúdo está associada a termos posteriores às Leis de Mendel. Este e outros aspectos serão melhor discutidos após a apresentação do referido trecho.

LD3 — Decomposição do argumento: dado (D); justificativa (J); fundamento (F); e conclusão (C):

D: Mendel iniciava os cruzamentos com plantas que pertenciam a linhagens que ele chamava de puras, ou seja, linhagens que não apresentam modificação em determinada característica e que, quando cruzadas entre si, originam apenas descendentes com a mesma variedade. A obtenção de linhagens puras em ervilhas é facilitada, pois a autofecundação é o processo natural de reprodução nessa espécie.

J: Mendel, antes mesmo de saber da existência de alelos, de cromossomos e da meiose, [...] assumiu que [...] os fatores ocorrem aos pares nas células do corpo e individualmente nos gametas;

F: Mendel [...] interpretou corretamente o comportamento dos fatores na herança [...];

C: Para todos os caracteres que estudou, Mendel obtinha sempre as mesmas proporções, tanto em F1 quanto em F2, [...] Mendel chamou de variedade dominante aquela que se manifestava na geração F1, e de recessiva aquela que permanecia encoberta em F1, só reaparecendo na geração F2 e com menor frequência [...]. Cada característica é determinada por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, indo apenas um dos fatores do par para cada gameta. Os gametas, portanto, são puros. Ele concluiu, então, que seus resultados não eram casuais, pois havia um padrão evidente.

No LD3, o conteúdo da Primeira Lei de Mendel é associado ao processo de meiose, o que pode prejudicar a formulação de argumentos sobre a lei, uma vez que os estudos sobre meiose são posteriores às descobertas de Mendel. Embora existam semelhanças, os conhecimentos sobre meiose foram desenvolvidos após a consolidação das Leis de Mendel.

A explicação da Primeira Lei de Mendel atrelada a termos como alelos, cromossomos e meiose pode dificultar o entendimento dos estudantes. É comum, na Educação Básica, a ocorrência de equívocos na consolidação do conceito de meiose, o que dificulta a compreensão dos conteúdos mais complexos (Borges et al., 2017), sendo que a associação de tal conceito às descobertas de Mendel tende a confundir os estudantes a ponto de não o compreenderem.

Nesse sentido, ressalta-se a importância da mediação do professor para favorecer a compreensão da relação entre a Primeira Lei de Mendel e a meiose. Enquanto a lei mendeliana descreve os princípios da transmissão hereditária, a meiose é o processo celular que a viabiliza, por meio da segregação e distribuição dos alelos durante a formação dos gametas.

No que se refere aos elementos estruturais em análise, observou-se a presença de todos. A “Suficiência” é “Parcialmente” atendida, tendo em vista que a justificativa sinaliza um aspecto importante, que é a separação dos fatores. No entanto, ao associar essa separação dos fatores a termos como cromossomos, alelos e meiose, não cumpre plenamente sua função.

Além disso, nem os dados nem a conclusão fazem menção a esses termos utilizados na justificativa. Logo, com base no padrão estrutural proposto por Toulmin (2006), o texto não promove uma ligação lógica entre os dados e a conclusão, e tampouco menciona a proporcionalidade entre dominância e recessividade.

Já o “Respaldo” é “Totalmente” atendido, por especificar, por meio do fundamento, a existência da hereditariedade, que é mencionada no trecho ao se referir ao comportamento dos fatores que estão relacionados com a hereditariedade. A conclusão é válida porque traz o enunciado da Primeira Lei de Mendel e especifica que ele identificou a existência de proporcionalidade por meio de seus experimentos.

Sendo assim, a “Validade” também foi “Totalmente” atendida. Desse modo, como três dos quatro critérios analisados cumprem totalmente a sua função em nível estrutural e quanto à qualidade do conteúdo analisado, o argumento é considerado “Parcialmente satisfatório” (Figura 7).

Figura 7

Avaliação do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel no LD3

Rubricas para a avaliação do argumento				
Critério	Descrição	Escore		
		Não (0)	Parcialmente (1)	Sim (2)
Coerência Formal (C)	Os componentes que se referem à estrutura que forma o argumento desempenham suas funções de acordo com o Layout de Argumentação de Toulmin.			x
Suficiência (S)	A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.		x	
Respaldo (R)	O fundamento é satisfatório para dar respaldo à justificativa.			x
Validade (V)	A conclusão do argumento é válida.			x
Classificação do argumento		Parcialmente satisfatório		

Fonte: elaborado pelos autores, tomando como referência Silva (2021).

Na sequência serão dispostos os aspectos argumentativos analisados na coleção LD4. De antemão, destacamos que, no trecho que se segue, é notório que a justificativa apresentada não cumpre a sua função, já que, nos experimentos, Mendel analisou aspectos de uma planta em específico, assim, ao tratar das Leis de Mendel, utilizar como referência caracteres herdados do “genitor” não é coerente do ponto de vista científico.

LD4 — Decomposição do argumento: dado (D); justificativa (J); fundamento (F); conclusão (C):

D: [...] a principal ocupação de Mendel foi trabalhar e descrever meticulosamente o processo e os resultados de hibridação com ervilhas (*Pisum sativum*). A escolha das ervilhas como objeto de estudo não foi ao acaso. Essa leguminosa pertence à mesma família do feijão e da soja e era plantada no mosteiro onde Mendel trabalhava.

Além disso, em suas observações, Mendel percebeu que a ervilha era uma planta de fácil cultivo, de ciclo reprodutivo curto e que produzia muitas sementes. Mendel, então, começou a cruzar as diferentes variedades e observar os resultados obtidos;

J: Durante a formação dos gametas, os fatores genéticos das características se separam.

As características hereditárias são determinadas por fatores herdados da geração parental nas mesmas proporções, ou seja, 50% das características provêm de cada genitor; assim, cada característica deveria ser formada por um par de fatores genéticos (um de cada genitor). Indivíduos de linhagens puras têm gametas iguais para determinada característica, ao passo que híbridos produzirão tipos distintos, também na mesma proporção (50% de cada tipo);

F: [...] o modelo de Mendel previa a herança de características consideradas dominantes sobre aquelas consideradas recessivas;

C: Cada caráter é determinado por um par de fatores genéticos. Estes [...] fatores [...], na formação dos gametas, são separados e, dessa forma, cada genitor transmite apenas um fator (50%) para seu descendente.

No LD4, identificamos a presença dos elementos essenciais do argumento, mas a justificativa não cumpre a função de conectar os demais elementos, tornando a “Coerência Formal” apenas “Parcialmente” atendida (Toulmin, 2006). O critério de “Suficiência” também não é atendido, justamente porque a justificativa emprega uma linguagem posterior à utilizada por Mendel. Essa coleção apresenta problemas semelhantes aos do LD3, o que evidencia a necessidade de revisão da abordagem do assunto nos livros didáticos.

Ainda assim, a problemática observada no argumento do LD4 é mais contundente, considerando que, embora todos os critérios tenham sido identificados, apenas o fundamento cumpre a sua função de modo adequado. Além de apresentar uma justificativa que, embora esteja presente, não cumpre minimamente a sua função no argumento.

Ainda sobre o LD4, o critério “Respaldo” é “Satisfatório”, pois reconhece a transmissão hereditária, e a “Validade” da conclusão é “Totalmente” atendida, ao apresentar conceitos científicos aceitos. Contudo, a conexão entre os elementos é falha, tornando o argumento “Parcialmente satisfatório”, já que, segundo Toulmin (2006), um argumento não se define apenas por seus elementos, mas pela função que cada elemento exerce (Figura 8).

Figura 8

Avaliação do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel no LD4

Rubricas para a avaliação do argumento				
Critério	Descrição	Escore		
		Não (0)	Parcialmente (1)	Sim (2)
Coerência Formal (C)	Os componentes que se referem à estrutura que forma o argumento desempenham suas funções de acordo com o Layout de Argumentação de Toulmin.		x	
Suficiência (S)	A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.	x		
Respaldo (R)	O fundamento é satisfatório para dar respaldo à justificativa.		x	
Validade (V)	A conclusão do argumento é válida.			x
Classificação do argumento		Parcialmente satisfatório		

Fonte: elaborado pelos autores, tomando como referência Silva (2021).

Diante dos aspectos pontuados, considera-se, dentre todas as coleções analisadas que possuem aspectos argumentativos, que o LD4, na abordagem do conteúdo da Primeira Lei de Mendel, é a coleção que, de modo geral, possui aspectos argumentativos com limitações mais acentuadas em relação aos elementos cumprirem a sua função dentro da estrutura argumentativa proposta por Toulmin (2006). Esse agravante torna-se ainda mais relevante, tendo em vista que a problemática encontrada se refere à ausência de uma justificativa plausível e relevante do ponto de vista científico, sendo que apenas a conclusão cumpre sua função entre os elementos analisados.

Ao realizar a análise do LD5, observou-se que os elementos estruturais cumprem sua função na íntegra, garantindo que a “Coerência Formal” seja “Totalmente” atendida. Do mesmo modo, os critérios “Suficiência” e “Respaldo” também são contemplados, pois abordam corretamente a separação de fatores genéticos e sua relação com a hereditariedade.

A conclusão é válida, pois apresenta a proporção 3:1 e reforça a regularidade das proporções mendelianas. Assim, esse argumento é “Satisfatório”, sendo a única coleção em que todos os elementos cumprem suas funções, que é algo relevante, já que a argumentação no ensino pode aprimorar a compreensão científica (Nascimento & Vieira, 2008).

O LD5, dentre todas as coleções analisadas, foi o único em que os aspectos argumentativos cumprem a sua função. Essas características podem ser observadas tanto no que diz respeito à sua função estrutural quanto aos aspectos relacionados à validação do argumento no campo teórico.

LD5 — Decomposição do argumento: dado (D); justificativa (J); fundamento (F); conclusão (C):

D: As plantas de ervilha eram especialmente favoráveis aos estudos de Mendel, tanto por serem simples de cultivar e manipular, quanto por possuírem diversas características contrastantes e fáceis de observar. Linhagem pura é uma população de indivíduos que não apresentam variabilidade em determinada característica e que, quando cruzados entre si, originam apenas descendentes com a mesma variedade. Mendel focou seus estudos em sete características, que podiam estar presentes em duas variedades fáceis de distinguir;

J: Em sua pesquisa, Mendel identificou padrões de herança e estabeleceu as leis que hoje levam seu nome. Mendel assumiu que cada par de fatores se separa na formação dos gametas;

F: em seus experimentos, Mendel realizava cruzamentos entre plantas de diferentes linhagens puras. Uma linhagem pura é uma população de indivíduos que não apresentam variabilidade em determinada característica e que, quando cruzados entre si, originam apenas descendentes com a mesma variedade. Mendel, então, analisava como essas características se manifestavam na descendência. Mendel chamou de fatores hereditários as unidades que condicionam as características hereditárias e postulou que eles ocorrem aos pares nos indivíduos e são herdados em igual quantidade de cada um dos genitores;

C: Mendel fez essa contagem para todas as sete características, obtendo, em todos os casos, uma proporção próxima de 3:1 nas variedades da geração F2. Desse modo, concluiu que não se tratava de algo casual, mas de um padrão que precisava ser explicado. Mendel identificou uma regularidade, que chamou de Lei da Segregação dos Fatores, também conhecida como Primeira Lei de Mendel, que pode ser sintetizada assim: os fatores que condicionam uma característica hereditária existem aos pares e são separados durante o processo de formação de gametas.

Ainda sobre o LD5, é possível observar, conforme descrito na Figura 9, a identificação dos elementos e a classificação do argumento com base em cada elemento e no cumprimento da função que cada um deles exerce.

Figura 9*Avaliação do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel no LD5*

Rubricas para a avaliação do argumento				
Critério	Descrição	Escore		
		Não (0)	Parcialmente (1)	Sim (2)
Coerência Formal (C)	Os componentes que se referem à estrutura que forma o argumento desempenham suas funções de acordo com o Layout de Argumentação de Toulmin.			x
Suficiência (S)	A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.			x
Respaldo (R)	O fundamento é satisfatório para dar respaldo à justificativa.			x
Validade (V)	A conclusão do argumento é válida.			x
Classificação do argumento		Satisfatório		

Fonte: elaborado pelos autores, tomando como referência Silva (2021).

Nota-se que um dos aspectos que diferem o LD5 dos demais é a linguagem adotada neste volume, que se aproxima da linguagem científica.

Os livros didáticos que utilizam uma linguagem próxima da ciência têm o potencial de contribuir para a redução da distância entre o conhecimento escolar e o conhecimento produzido pela ciência, permitindo uma maior compreensão conceitual. Essa aproximação possibilita que os livros não se configurem apenas como fonte de informação, mas também como instrumento de formação crítica e reflexiva.

Ao mesmo tempo em que se torna essencial que os estudantes aprendam a argumentar cientificamente, exercitando a justificativa de ideias e a análise de evidências científicas, destaca-se o papel central do professor nesse processo, mediando a leitura dos textos, promovendo debates, estimulando discussões e orientando o uso da linguagem científica, aspecto que contribui para o desenvolvimento tanto da aprendizagem conceitual quanto de competências críticas e argumentativas. Assim, entende-se que a argumentação se constrói por meio do processo de aprendizagem do próprio aluno, mediado pelo professor, podendo ter os livros didáticos como suporte.

O LD6 também se configura como um argumento que não cumpre totalmente a sua função, já que, embora todos os critérios tenham sido identificados, apenas o fundamento cumpre a sua função de modo adequado. Diante disso, pode-se observar, panoramicamente, a avaliação deste argumento na decomposição do trecho a seguir.

LD6 — Decomposição do argumento: dado (D); justificativa (J); fundamento (F); conclusão (C):

D: A planta escolhida por Mendel tem flores com pétalas fechadas, impedindo a entrada ou a saída de grãos de pólen. Por isso, essa planta realiza apenas a autofecundação, isto é, o gameta masculino de uma flor fecunda o gameta feminino da mesma flor, não

havendo troca de gametas (reprodução cruzada). A autofecundação possibilita que grande parte das características se mantenha de uma geração para outra, reduzindo, assim, a variabilidade genética. Devido a essa uniformidade genética, as linhagens são chamadas de puras. Mendel obteve variedades puras da planta, cujas características não variavam ao longo das gerações;

J: Ele deduziu que as plantas altas (F1) possuíam um fator determinante para plantas baixas e que isso foi inibido pela expressão de outro fator para plantas altas;

F: Os estudos realizados pelo monge e cientista austríaco Gregor Johann Mendel (1822–1884) contribuíram para o conhecimento sobre os mecanismos da hereditariedade;

C: O fator que foi expresso [...] na geração F1 [...] recebeu o nome de fator dominante, e o fator inibido foi chamado de recessivo. Atualmente, os fatores citados por Mendel são chamados de genes. Os estudos realizados por Mendel levaram à conclusão de que os fatores são os alelos e que eles são responsáveis por características que se separam na formação dos gametas. Os gametas apresentam um único fator para cada gene. Essa é a primeira Lei de Mendel, também conhecida como Lei da Segregação dos Fatores.

A “Suficiência” também é “Parcialmente” atendida, pois a justificativa não explica a separação dos fatores e sua importância. O “Respaldo” é adequado, vez que menciona a hereditariedade, mas a “Validade” é apenas parcial, já que introduz conceitos não conhecidos por Mendel, como alelos. No geral, o argumento é “Parcialmente satisfatório” porque apenas um critério foi plenamente atendido, como disposto na Figura 10.

Figura 10

Avaliação do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel no LD6

Rubricas para a avaliação do argumento				
Critério	Descrição	Escore		
		Não (0)	Parcialmente (1)	Sim (2)
Coerência Formal (C)	Os componentes que se referem à estrutura que forma o argumento desempenham suas funções de acordo com o Layout de Argumentação de Toulmin.		x	
Suficiência (S)	A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.		x	
Respaldo (R)	O fundamento é satisfatório para dar respaldo à justificativa.			x
Validade (V)	A conclusão do argumento é válida.		x	
Classificação do argumento		Parcialmente satisfatório		

Fonte: elaborado pelos autores, tomando como referência Silva (2021).

Ao analisar a coleção LD7, identificou-se uma abordagem semelhante à LD4, já que ambas apresentam o conteúdo com uma linguagem mais atual. Como já ressaltado, o uso de termos inadequados, sem contextualização da história de construção de determinado conteúdo, pode comprometer a compreensão do estudante, além de omitir as contribuições de diferentes estudiosos, como pode ser observado no trecho a seguir, ao destacar que os fatores são herdados de “pai e mãe”.

LD7 — Decomposição do argumento: dado (D); justificativa (J); fundamento (F); conclusão (C):

D: a ervilha-de-cheiro [...] utilizada por Mendel [...] realiza reprodução por autofecundação.

[...]. Mendel utilizou, em seus experimentos, plantas de linhagens puras, isto é, aquelas que, por autofecundação, produzem apenas indivíduos iguais a si mesmas [...]. Mendel escolhia duas plantas puras, cada uma das quais apresentando uma variante de uma das características selecionadas previamente por ele (por exemplo, uma com sementes amarelas e outra com sementes verdes), e [...] ao observar os descendentes de cada cruzamento, portanto, ele registrava apenas os resultados daquela característica em análise;

J: Mendel propôs que cada uma das características analisadas era determinada por um par de fatores hereditários;

F: Esse par de fatores seria formado por um fator herdado da mãe e outro do pai [...] durante a formação dos gametas, ele supôs ainda que os fatores de cada par se separariam (ou se segregariam), o que faria com que cada gameta carregasse apenas um fator;

C: Analisando os resultados, ele chegou à conclusão de que, nas plantas híbridas (geração F1), a variante de um dos pais ficava “encoberta” ou em “recesso”. Ele denominou as variantes que não se manifestavam em F1 de recessivas, e aquelas que estavam presentes em 100% dos indivíduos em F1, de dominantes. Para cada característica estudada, as variantes se distribuíam na geração F2 em uma proporção aproximada de três plantas com variante dominante para apenas uma planta com variante recessiva (3:1). Mendel notou que a proporção em que cada característica se manifestava ao longo das gerações seguia padrões [...] e concluiu que [...] os fatores que determinam uma característica hereditária se segregam durante a formação dos gametas, de modo que cada gameta contenha apenas um fator.

No LD7, foram identificados os elementos mínimos, no entanto, a justificativa e o fundamento apresentam falhas. A justificativa não menciona a separação deles, tornando a “Suficiência” apenas parcial. O “Respaldo” também é “Parcialmente” atendido, pois afirma que os fatores são herdados dos pais, sem considerar que Mendel analisava plantas.

Essa abordagem moderna, sem reconhecer outras contribuições científicas, pode comprometer a compreensão do estudante, o que requer do professor uma abordagem que auxilie o estudante a ter uma compreensão crítica nesse sentido. A conclusão é correta, mas o conteúdo da Primeira Lei de Mendel é abordado de forma equivocada, o que nos leva a classificar o argumento como “Parcialmente satisfatório” (Figura 11).

Figura 11*Avaliação do argumento sobre a Primeira Lei de Mendel no LD7*

Rubricas para a avaliação do argumento				
Critério	Descrição	Score		
		Não (0)	Parcialmente (1)	Sim (2)
Coerência Formal (C)	Os componentes que se referem à estrutura que forma o argumento desempenham suas funções de acordo com o Layout de Argumentação de Toulmin.		x	
Suficiência (S)	A justificativa é suficiente para estabelecer a relação entre os dados e a conclusão.		x	
Respaldo (R)	O fundamento é satisfatório para dar respaldo à justificativa.		x	
Validade (V)	A conclusão do argumento é válida.			x
Classificação do argumento		Parcialmente satisfatório		

Fonte: elaborado pelos autores, tomando como referência Silva (2021).

Sistematização dos Argumentos sobre a Primeira Lei de Mendel Encontrados nos Livros Didáticos do PNLD/2021

Após a análise específica de cada argumento identificado nos livros didáticos, foi possível construir um quadro que apresenta a sistematização do modo como a argumentação é empregada no conteúdo da Primeira Lei de Mendel nos livros didáticos aprovados pelo PNLD/2021. Os resultados encontrados por meio deste estudo demonstram que a inserção de elementos argumentativos na abordagem do conteúdo em análise é irrisória, tendo em vista que, mesmo apresentando os elementos mínimos necessários para a construção de um argumento, parte deles não cumpre devidamente a sua função no desenvolvimento do argumento.

Das sete coleções aprovadas pelo PNLD/2021, uma não aborda o conteúdo de interesse deste estudo, enquanto nas outras seis foram identificados elementos argumentativos. No entanto, mesmo que haja indícios da presença estrutural de elementos argumentativos, como proposto na estrutura argumentativa de Toulmin (2006), observa-se que a maioria não cumpre a sua função do ponto de vista da qualidade do conteúdo abordado.

De modo geral, os argumentos foram classificados em duas categorias. Aqueles cujos elementos foram identificados, mas que não cumprem integralmente suas funções, foram considerados “Parcialmente satisfatórios”. Já os argumentos considerados “Satisfatórios”, foram aqueles que apresentam coerência formal e trazem a abordagem do conteúdo sob uma perspectiva argumentativa, como sintetizado na Figura 12.

Figura 12*Classificação dos argumentos nos livros didáticos*

Avaliação da Qualidade do Argumento						
Livro (LD)	Escore	Coerência Formal (C)	Suficiência (S)	Respaldo (R)	Validade (V)	Classificação do argumento
LD1 Arg. 1	0					Parcialmente satisfatório
	1	x	x			
	2			x	x	
LD1 Arg. 2	0					Parcialmente satisfatório
	1		x			
	2	x		x	x	
LD3	0					Parcialmente satisfatório
	1		x			
	2	x		x	x	
LD4	0		x			Parcialmente satisfatório
	1	x		x		
	2				x	
LD5	0					Satisfatório
	1					
	2	x	x	x	x	
LD6	0					Parcialmente satisfatório
	1	x	x		x	
	2			x		
LD7	0					Parcialmente satisfatório
	1	x	x	x		
	2				x	

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Em linhas gerais, dentre os sete argumentos analisados, seis não apresentam simultaneamente uma lógica estrutural adequada e qualitativa, sendo classificados como “Parcialmente satisfatórios”, enquanto apenas um argumento é considerado “Satisfatório”.

Os argumentos do LD1 (trechos 1 e 2), LD3, LD4, LD6 e LD7 foram enquadrados na classificação “Parcialmente satisfatórios”. Ainda que agrupados na mesma categoria, pode-se observar que tais argumentos não cumprem sua função em relação a diferentes quesitos, que os distinguem quanto à complexidade das limitações identificadas, mas em comum apresentam ineficiência na elaboração da justificativa. O LD1 (trecho 2) e o LD3 apresentam problemas no quesito “Suficiência”. O LD1 (trecho 1) e o LD4 possuem lacunas mais acentuadas, pois, além de apresentarem problemas na justificativa, dispõem de uma coerência formal parcial. Dentre todos que compõem essa categoria, o LD6 e LD7 apresentam problemas mais profundos, pois três dos quatro elementos não cumprem sua função, distanciando-os da estrutura argumentativa de Toulmin (2006).

Outra questão relevante é que o LD1 apresentou uma particularidade em relação aos demais, no que diz respeito à disposição dos argumentos, sendo o único volume que apresentou dois argumentos sobre o mesmo conteúdo. Isso poderia ser compreendido positivamente, já que ambos foram identificados como “Parcialmente satisfatórios”. Assim, tal escolha evidencia certo grau de qualidade argumentativa no livro. Caso ambos os trechos estivessem dispostos em conjunto, teriam contribuído de forma mais eficaz para a compreensão do conteúdo e do argumento.

Uma problemática comum nos argumentos classificados como “Parcialmente satisfatórios” se refere ao elemento que menos cumpre a sua função: a justificativa. As justificativas não foram suficientes para estabelecer a formação de uma estrutura argumentativa mínima. Desse modo, predomina uma coerência formal ineficiente nos trechos analisados.

Entre os elementos argumentativos, as justificativas são as mais requisitadas na construção de um argumento ou raciocínio argumentativo, quando é necessário defender um ponto de vista e justificar determinadas passagens do dado à conclusão. Nesse sentido, tornam-se ainda mais evidentes as lacunas dos livros analisados quanto à disposição de elementos que favoreçam a argumentação nas aulas de Ciências em relação à Primeira Lei de Mendel e a outros conteúdos que demandam sua compreensão.

A partir disso, pode-se concluir que os livros analisados, em sua maioria, não justificam os dados de maneira a construir argumentos com base nas evidências fornecidas. Caso isso ocorresse, eles contribuiriam diretamente para a aprendizagem dos estudantes, tendo em vista que aprender a pensar está intimamente relacionado ao exercício de argumentar (Kuhn, 1993).

Nessa direção, a ausência de uma justificativa coerente pode comprometer a possibilidade de que a prática de ensino argumentativa seja desenvolvida a partir do conteúdo disposto nos livros didáticos. É válido salientar que, se os livros didáticos não apresentam elementos suficientes para a construção de um bom argumento sobre um conteúdo científico, como poderão os alunos construir um argumento adequadamente, caso também não ocorra uma mediação que os auxilie nesse sentido?

O LD5 é o único exemplar que dispõe de um argumento coerente do ponto de vista estrutural e da qualidade do conteúdo abordado, por isso pode ser utilizado como referência de argumento sobre a Primeira Lei de Mendel presente no livro didático. Dessa maneira, esse argumento é favorável ao desenvolvimento de situações pró-argumentativas em sala de aula.

O trecho analisado apresenta conteúdo científico, com teoria de base e justificativa que conduz à conclusão, além de dispor de fundamento que reforça a justificativa apresentada. É coerente com a asserção de Orofino e Trivelato (2015), os quais afirmam que “o cientista argumenta quando explica um fenômeno de acordo com determinadas teorias, apresentando evidências que apoiam seu ponto de vista” (p. 120).

Argumentos como os do LD5 possibilitam que os estudantes desenvolvam uma visão crítica a respeito do conteúdo, aproximem-se da linguagem científica e, sobretudo, possam usar o conhecimento científico para justificar seu posicionamento por meio de

um exercício que precisa ser intensificado no ensino de Ciências, a fim de prepará-los para argumentar não só sobre conceitos científicos, mas também para se posicionarem criticamente na sociedade.

Diante das limitações identificadas nos livros didáticos, o papel do professor, enquanto mediador, torna-se ainda mais fundamental no processo de ensino. Tendo em vista que parte considerável dos exemplares de livros didáticos analisados neste estudo não oferece justificativas suficientes para a construção de argumentos, o professor pode utilizar estratégias que estimulem os estudantes a desenvolver raciocínios críticos. Essa mediação pode contemplar o uso de situações investigativas, questionamentos e discussões que incentivem a análise e a argumentação, fazendo com que a aprendizagem não se restrinja à leitura do conteúdo disposto no livro.

Salienta-se que, embora os livros didáticos sejam recursos de grande importância, não são os únicos responsáveis pela promoção da aprendizagem de modo geral, além de nem sempre apresentarem uma abordagem que auxilie na construção de argumentos. No entanto, o professor, ao utilizá-los de forma intencional, pode potencializar sua função ao associá-los a práticas de ensino que promovam a reflexão crítica e a articulação entre os saberes científicos e os saberes prévios dos alunos. Desse modo, a mediação realizada pelo professor configura-se como elemento relevante para que o ensino de conteúdos considerados complexos, como a Primeira Lei de Mendel, contribua efetivamente para o desenvolvimento da capacidade de argumentação dos estudantes.

Considerações Finais

Das sete coleções analisadas neste estudo, uma omitiu a abordagem da Primeira Lei de Mendel, conteúdo de extrema relevância para a compreensão da genética de modo geral. A referida coleção não apresenta indícios da abordagem dessa lei, o que inviabilizou sua análise. Há apenas um conteúdo intitulado “Introdução à genética”, no entanto, a ênfase recai sobre conceitos atuais da genética e sobre a explicação da reprodução sexuada.

A omissão da abordagem do conteúdo da Primeira Lei de Mendel é problemática, tendo em vista a importância de a construção histórica da ciência ser trabalhada nas diferentes áreas de ensino. Além disso, as Leis de Mendel são imprescindíveis para a compreensão de importantes aspectos que dizem respeito à hereditariedade.

Essa problemática não se resume à impossibilidade de análise, mas também às implicações decorrentes dessa ausência para a aprendizagem dos estudantes, já que eles, em sua maioria, utilizam o livro didático como referência. Assim, questiona-se como se dará a compreensão dos demais conteúdos de genética diante da ausência de um dos principais conteúdos de referência desse campo. Outro agravante é que os professores terão que utilizar estratégias adicionais para sanar essa lacuna.

Das coleções estudadas, seis abordam o referido conteúdo; entretanto, parte dos elementos que compõem um argumento não cumpre sua função, o que impede que os argumentos sejam considerados satisfatórios. Em alguns dos livros, são empregados termos e conceitos atuais que são erroneamente atribuídos às descobertas mendelianas.

Ainda podemos destacar situações em que os livros didáticos não contextualizam o conteúdo de modo a favorecer a compreensão, por parte dos estudantes, das limitações existentes na época de Mendel. Os estudos de Mendel tiveram como fundamento a noção de hereditariedade, tema já discutido na época; diante disso, não se pode atribuir a ele todos os créditos em relação à explicação da hereditariedade.

Salientamos que apenas uma coleção traz a abordagem do conteúdo da Primeira Lei de Mendel em um contexto argumentativo, e apresenta elementos suficientes para a construção de um argumento segundo a perspectiva proposta por Toulmin (2006). Nessa coleção, houve a identificação da estrutura e da qualidade do argumento, podendo, assim, ser considerado um argumento satisfatório.

Concluímos, desse modo, que os argumentos sobre a Primeira Lei de Mendel nos livros didáticos analisados, em sua maioria, são ineficientes. Embora haja a apresentação da estrutura argumentativa básica, a qualidade do argumento fica comprometida quando determinados elementos não cumprem sua função sob o ponto de vista toulminiano, problema que ficou evidente na maioria dos argumentos analisados, como nas justificativas, que, embora identificadas, não cumpriam efetivamente sua função.

No que se refere à aprendizagem dos estudantes, considerando os livros didáticos como referência para elaborar processos argumentativos, os dados apresentados tornam-se ainda mais preocupantes, uma vez que os processos justificatórios são fundamentais para o aprimoramento das habilidades argumentativas e para a aproximação dos estudantes com a linguagem científica.

Além das lacunas identificadas nos livros didáticos, por meio deste estudo, salientamos a urgência de que seja ofertada aos professores uma formação de qualidade que os prepare para, de fato, utilizarem a argumentação como estratégia de ensino.

Faz-se necessário que os profissionais docentes tenham conhecimento para além do livro didático, no que se refere, sobretudo, à argumentação, a fim de fomentar tais conhecimentos em aula. Essas questões perpassam a necessidade de compreender a importância dos livros didáticos como instrumentos de referência para o ensino e reconhecer que eles apresentam limitações que carecem ser revistas com urgência, o que é, de certo modo, omitido pelas reformas educacionais. Os resultados apontam limitações contundentes nos livros didáticos, que podem dificultar o ensino da Primeira Lei de Mendel sob uma perspectiva argumentativa. Assim, destacamos a necessidade de que os professores tenham acesso ao ensino explícito da argumentação, para que estejam preparados a adotar estratégias didáticas de caráter argumentativo.

Diante disso, este estudo pode contribuir para o campo educacional, mais especificamente na área do ensino de Genética. A análise dos argumentos dispostos nos livros didáticos possibilitou dimensionar as limitações na abordagem do conceito em estudo e identificar a quase total ausência de estratégias que promovam o desenvolvimento do pensamento crítico. Destacamos que o modo como os argumentos estão dispostos nos livros didáticos nem sempre permite que cumpram sua função, tanto do ponto de vista estrutural quanto no que se refere à qualidade do argumento. Levando-se

em consideração a importância dos livros didáticos na formação dos estudantes, essa problemática evidencia a necessidade de que sejam revistos os critérios adotados pelo PNLD para a aprovação dos materiais didáticos.

O layout de Toulmin (2006), utilizado como ferramenta analítica, mostrou-se extremamente relevante para este estudo, pois, por meio desse modelo, foi possível avaliar a qualidade dos argumentos dispostos nos livros. As contribuições desta investigação para a Educação em Ciências residem na identificação crítica dos padrões argumentativos presentes nos livros didáticos, destacando as lacunas identificadas, bem como na proposição de parâmetros para análise da adequação de argumentos sobre a Primeira Lei de Mendel.

Uma vez identificadas as lacunas na abordagem do tema da Primeira Lei de Mendel nos livros didáticos, esta investigação fornece subsídios, sobretudo, para a elaboração de materiais didáticos condizentes com o desenvolvimento de práticas de ensino baseadas em uma perspectiva argumentativa, bem como serve de suporte para futuras pesquisas com enfoque em análises de livros didáticos. Dessa maneira, as contribuições deste trabalho para a Educação em Ciências incluem oferecer uma análise crítica que possa servir como referência para a elaboração de livros didáticos sobre as Ciências da Natureza, que visem fomentar a argumentação na Educação Básica (em particular sobre o assunto da Genética), bem como servir de orientação teórico-metodológica para a promoção da análise de livros didáticos sob um viés argumentativo.

Assim, as contribuições à Educação em Ciências perpassam desde o papel de referencial para a elaboração de livros didáticos que ofereçam o suporte necessário para as práticas de ensino que fomentem a argumentação na Educação Básica, até a articulação teórico-metodológica voltada à promoção da análise de argumentos, ao desenvolvimento de habilidades argumentativas, à apropriação da linguagem científica e às práticas de ensino argumentativas com o propósito de contribuir para o ensino de Genética.

Por fim, sugere-se o desenvolvimento de estudos que ofereçam novos elementos capazes de subsidiar as práticas de ensino de caráter argumentativo, como pesquisas que elaborem e apliquem sequências didáticas ou textos científicos argumentativos sobre a Primeira Lei de Mendel, os quais possam servir de suporte para os professores de Ciências.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

- Bateson, W. (1913). *Mendels principles of heredity*. Cambridge University Press.
- Bernardo, V. S., Torres, F. F., & Silva, A. E. (2023). O uso do jogo “Gene a gene” como modelo didático no ensino de genética. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 13(1), 1–11. <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/7215>

- Borges, C. K. G. D., Silva, C. C. D., & Reis, A. R. H. (2017). As dificuldades e os desafios sobre a aprendizagem das leis de Mendel enfrentados por alunos do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(6), 61–75. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/661>
- Canto, E. L., & Leite, E. C. C. (2020). *Moderna Plus: o conhecimento científico. Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Moderna.
- Ceschim, B., Ganiko-Dutra, M., & Caldeira, A. M. D. A. (2020). Relação pensamento-linguagem e as distorções conceituais no ensino de biologia. *Ciência & Educação (Bauru)*, 26, e20068. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200068>
- El-Hani, C. N. (2016). O Mendel mítico sob um olhar crítico: O papel de Mendel na história da Genética. *Genética na Escola*, 11(2), 272–285. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2016.252>
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915–933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Fridman, C. (2012). *As 1ª e 2ª leis de Mendel e conceitos básicos de citogenética*. Universidade de São Paulo/Universidade Virtual do Estado de São Paulo. https://midia.atp.usp.br/plc/plc0030/impressos/plc0030_top01.pdf
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Editora Atlas SA.
- Godoy, L., Dell, R. M., & Melo, A. W. (2020). *Matéria, energia e a vida: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. FTD.
- Guimarães, M. (2016). O legado de um monge invisível. *Revista Pesquisa FAPESP*, 239, 91–92. <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-legado-de-um-monge-invisivel/>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Brocos, P. (2015). Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(spe), 139–159. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s08>
- Kavalek, D. S., & Muscardi, D. C. (2021). A abordagem das Leis de Mendel numa perspectiva histórico-filosófica no Curso de Licenciatura em Educação do Campo. *Revista Internacional de Educação Superior*, 7, e021007. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/riesup/article/view/8657368>
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319–337. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770306>
- Leite, R. C. M., Ferrari, N., & Delizoicov, D. (2001). A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(2), 97–108. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4175>
- Lopes, S., & Rosso, S. (2020). *Evolução e Universo: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Moderna.

- Martins, L. A. C. P., & Prestes, M. E. B. (2016). Mendel e depois de Mendel. *Genética na Escola*, 11(2), 244–249. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2016.251>
- Melo, J. P., Coutinho, F. Â., Rodrigues, F. A., & Vilas-Boas, A. (2022). Uma contribuição ao ensino de genética por meio de uma abordagem do trabalho de Mendel à luz do fluxo sanguíneo da ciência de Bruno Latour. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, e34556. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u355373>
- Mendes, R. V. (2013). Experimento de hibridação de plantas: o artigo de Gregor Mendel. *Genética na Escola*, 8(1), 86–103. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2013.387>
- Mortimer, E., Horta, A., Mateus, A., Munford, D., Franco, L., Matos, S., Panzera, A., Garcia, E., & Pimenta, M. (2020). *Matéria, energia e vida uma abordagem interdisciplinar: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Scipione.
- Motta, C. G., & Vier, S. (2019). Argumentação e livro didático: por uma parceria efetiva. *Entrepalavras*, 9(1), 58–71. <http://dx.doi.org/10.22168/2237-6321-11362>
- Nascimento, S. S. D., & Vieira, R. D. (2008). Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(2), 1–20. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4018>
- Novais, V. L. D., & Antunes, M. T. (2020). *Conexões: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Moderna.
- Oliveira, C. C. M., Barbosa, M. L. de O., & Barbosa, R. M. A. (2025). Mapeando a produção científica em ensino de genética: análise bibliométrica e de conteúdo das publicações indexadas na base Web of Science. *Aracê*, 7(5), 28581–28615. <https://doi.org/10.56238/arev7n5-439>
- Orofino, R. D. P., & Trivelato, S. L. F. (2015). Argumentação em aulas de genética. *Genética na Escola*, 10(2), 118–131. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2015.209>
- Penha, S. P. D., & Carvalho, A. M. P. (24–27 de novembro, 2015). *Proposição de uma Ferramenta Analítica para avaliar a Qualidade da Argumentação em Questões Sociocientíficas*. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindóia, São Paulo.
- Rodrigues, L. B., Silva, L. M., Costa, J. F., & Brunckner, P. F. (2022). Análise de estratégias didáticas propostas por um periódico brasileiro para o ensino de genética, nos anos de 2017 a 2021. *Relações Sociais*, 5(4), 1–12.
- Ríos, C. G. B. (2021). Argumentar y consensuar: dos habilidades fundamentales para la toma de decisiones en el aula. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 9–20.
- Rosa, M. D. (2017). O uso do livro didático de Ciências na Educação Básica: uma revisão dos trabalhos publicados. *Contexto & Educação*, 32(103), 55–86. <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2017.103.55-86>

- Santos, K. C. D. (2020). *Diálogo: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Moderna.
- Scarpa, D. L. (2015). O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 13–20. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s02>
- Silva, D. D. T., Sousa, M. A. N. de, Pereira, J. G. de S., Nobrega, F. V. A., Silva, M. M. da, & Buarque, B. W. de S. (2025). Genética humana em livros didáticos brasileiros: objetivo 2 - PNL D 2021. *Cadernos Cajuína*, 10(1), e863. <https://doi.org/10.52641/cadcajv10i1.863>
- Silva, E. de S. (2021). *Argumentação no ensino de Física: análise de uma proposta didática* (Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia). Repositório Institucional da UFBA. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34245>
- Souza, A. H. S., Vieira, R. D., & Melo, V. F. (2016). Atividades argumentativas em livros didáticos de Física do PNLD 2015: o incentivo ainda é escasso. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 13(25), 100–115. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v13i25.3751>
- Spassi, A., & da Silva, E. M. (2008). Análise de livros didáticos de ciências: um estudo de caso. *Trama*, 4(7), 45–54. <https://saber.unioeste.br/index.php/trama/article/view/2413>
- Teixeira, E. S., Freire Júnior, O., & Greca, I. (2015). La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y filosofía de la ciencia: Una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 205–223. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1226>
- Toulmin, S. E. (2006). *Os usos do argumento*. Martins Fontes.
- Triviños, A. N. S. (2012). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. Atlas.
- Tupin, J. C. S., Borges, C. W., & Duarte, E. C. (2021). Jogo didático investigativo como instrumento de ensino e desenvolvimento da argumentação científica. *Revista Ciências & Ideias*, 12(2), 99–116. <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/1481>
- Vilela, M. L., & Selles, S. E. (2020). É possível uma educação em ciências crítica em tempos de negacionismo científico? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1722–1747.
- Zamboni, A., Bezerra, L. M. (2020). *Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. SM educação.

 **Suellen Fonsêca da Conceição Santos**

Universidade Federal da Bahia
Salvador, Bahia, Brasil
suellen.sully@hotmail.com

 **Elder Sales Teixeira**

Universidade Estadual de Feira de Santana
Feira de Santana, Bahia, Brasil
eldersate@gmail.com

 **Rosilêia Oliveira de Almeida**

Universidade Federal da Bahia
Salvador, Bahia, Brasil
roalmeida@ufba.br

 **Editora Responsável: Aline Andréia Nicolli**

Revisado por: Ana Cristina Vieira Lopes Romeiro

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

Copyright (c) 2025 Suellen Fonsêca da Conceição Santos, Elder Sales Teixeira, Rosileia Oliveira de Almeida



Este texto é licenciado pela **Creative Commons CC BY 4.0 License**

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, mesmo que comercial) e Adaptar (remixar, transformar, e criar a partir do material para qualquer fim, mesmo que comercial). De acordo com os termos seguintes:

Atribuição: Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.

Sem restrições adicionais: Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.
