

## ANÁLISE DO SABER A ENSINAR DA GRAVITAÇÃO NEWTONIANA NOS LIVROS DO PNLD – 2021 E DO GREF

### ANALYSIS OF THE KNOWLEDGE TO BE TAUGHT OF NEWTONIAN GRAVITATION IN THE PNLD – 2021 AND GREF TEXTBOOKS

### ANÁLISIS DEL SABER A ENSEÑAR DE LA GRAVITACIÓN NEWTONIANA EN LOS LIBROS DEL PNLD – 2021 Y DEL GREF

Gabriel Luiz Nalon Macedo\*  

Luciano Carvalhais Gomes\*\*  

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a transposição didática do Saber a Ensinar do conceito de força gravitacional newtoniana entre os livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2021 e do livro de Física elaborado pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF). Para tanto, utilizaram-se alguns pressupostos da Teoria da Transposição Didática, em especial, os constrangimentos didáticos e a vigilância epistemológica. A partir dessa análise, observou-se que os constrangimentos didáticos da descontextualização, dessincritização, despersonalização, programabilidade e publicidade do saber se manifestam durante a transposição desse conceito nos materiais analisados. Alguns são provenientes de inserções pós-newtonianas, como a concepção de campo gravitacional e princípios relativísticos, além da estória da maçã. Outros surgem de omissões e simplificações, como tratar a força gravitacional como sinônimo de força peso ou afirmar que a gravidade é a única responsável pela órbita dos corpos. No entanto, os autores do livro do GREF demonstram uma vigilância epistemológica mais ativa em alguns aspectos, evidenciando, por exemplo, que a força gravitacional é um tipo de força centrípeta, ao contrário dos autores do PNLD – 2021. Esse uso mais ativo ajuda a mitigar os constrangimentos didáticos, permitindo um Saber a Ensinar mais próximo do Saber Sábido. Tais constatações servem como alerta aos elaboradores de materiais didáticos de que ao transpor os saberes científicos é importante realizar uma contextualização histórica, social, cultural e epistemológica do saber, a fim de assegurar um Saber a Ensinar menos simplificado e mais conectado com suas origens.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Força Gravitacional. Gravitação Universal. Livros Didáticos. Transposição Didática.

\* Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM) vinculado à Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Pioneira Helena Felipe Abraão, 425, Parque Hortência II, Maringá, Paraná, Brasil, CEP: 87075-450. E-mail: [gabrielnalonmacedo@hotmail.com](mailto:gabrielnalonmacedo@hotmail.com).

\*\*Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Docente permanente do Departamento de Física e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Uruguai, 1209, Jardim Alvorada, Maringá, Paraná, Brasil, CEP: 87033-270. E-mail: [lbgomes2@uem.br](mailto:lbgomes2@uem.br).

## ABSTRACT

The present study aimed to identify the didactic transposition of the Knowledge to be Taught of the concept of Newtonian gravitational force between the textbooks approved by the National Textbook and Materials Program (PNLD) of 2021 and the Physics textbook elaborated by the Group for the Reelaboration of Physics Teaching (GREF). Therefore, some assumptions of the Didactic Transposition Theory were used, especially didactic constraints and epistemological vigilance. This analysis revealed that didactic constraints such as decontextualization, desyncretization, depersonalization, programmability and publicity of knowledge manifest during the transposition of this concept in the analyzed materials. Some of these constraints are related to post-newtonian additions, such as the concepts of gravitational field and relativistic principles, as well as the story of the apple. Other arise from omissions and simplifications, like equating gravitational force with weight or asserting that gravity is solely responsible for the orbit of celestial bodies. However, the authors of the GREF's book demonstrate a more active epistemological vigilance in certain aspects, such as highlighting that gravitational force is a type of centripetal force, unlike the authors of PNLD – 2021. This more active use helps to reduce didactic constraints, allowing a Knowledge to be Taught closer to Wise Knowledge. This serves as a warning to developers of educational materials that when transposing scientific knowledge, it is important to contextualize the historical, social, cultural, and epistemological aspects of knowledge, in order to ensure a less simplified Knowledge to be Taught and more connected to its origins.

**Keywords:** Physics Teaching. Gravitational Force. Universal Gravitation. Textbooks. Didactic Transposition.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la transposición didáctica del Saber a Enseñar del concepto de fuerza gravitacional newtoniana entre los libros didácticos aprobados por el Programa Nacional del Libro y Material Didáctico (PNLD) de 2021 y el libro de Física elaborado por el Grupo de Reelaboración de la Enseñanza de la Física (GREF). A partir de este análisis, se observó que las restricciones didácticas de descontextualización, desincretización, depersonalización, programabilidad y publicidad del saber se manifiestan durante la transposición de este concepto en los materiales analizados. Algunas provienen de inserciones posnewtonianas, como la concepción de campo gravitacional y principios relativistas, además de la historia de la manzana. Otras surgen de omisiones y simplificaciones, como tratar la fuerza gravitacional como sinónimo de fuerza peso o afirmar que la gravedad es la única responsable de la órbita de los cuerpos. Sin embargo, los autores del libro del GREF demuestran una vigilancia epistemológica más activa en algunos aspectos, evidenciando, por ejemplo, que la fuerza gravitacional es un tipo de fuerza centrípeta, a diferencia de los autores del PNLD – 2021. Este uso más activo ayuda a reducir las restricciones didácticas, permitiendo un Saber a Enseñar más un Saber a Enseñar más cerca del Saber Sabio. Esto sirve como alerta a los elaboradores de materiales didácticos de que al transponer los saberes científicos es importante realizar una contextualización histórica, social, cultural y epistemológica del saber, a fin de asegurar un Saber a Enseñar menos simplificado y más conectado con sus orígenes.

**Palabras clave:** Enseñanza de la Física. Fuerza Gravitacional. Gravitación Universal. Libros Didácticos. Transposición Didáctica.

## 1 INTRODUÇÃO

O livro didático tornou-se o principal recurso de apoio no Ensino de Ciências no Brasil, sendo amplamente utilizado nas escolas e, em muitos casos, o principal material disponível para professores e alunos (Cruz; Güllich, 2022). Em grande parte, esse motivo se deve às políticas públicas implementadas ao longo da história do país (Santos, 2006). Em 2021, por exemplo, o Estado brasileiro destinou R\$ 1,9 bilhões para a aquisição de livros didáticos por meio do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) (Zanata; Magalhães; Miranda; Sousa, 2023).

Nesse contexto, o livro didático exerce uma influência significativa nos processos de ensino e aprendizagem em Ciências, sendo um dos elementos que mais direciona a preparação das aulas, tornando-se, por vezes, o único material usado nesse processo (Zanata; Magalhães; Miranda; Sousa, 2023).

Diante disso, considerando os altos investimentos e o amplo emprego dos livros didáticos, acreditamos que a Teoria da Transposição Didática é uma das possíveis ferramentas que permite analisar as qualidades e os problemas desses materiais. De acordo com Chevallard (1991), essa teoria auxilia na compreensão de como o conhecimento científico, originalmente elaborado pelos cientistas (*Saber Sábio*), é transformado no conteúdo presente nos livros didáticos (*Saber a Ensinar*) e, posteriormente, no que é efetivamente transmitido nas salas de aula (*Saber Ensinado*). Alves Filho, Pinheiro e Pietrocola (2001) sinalizam que esse processo de transposição pode resultar em uma lacuna entre o conhecimento dos materiais originais e aquele que é repassado nos livros didáticos e durante as aulas.

Chevallard (2007) esclarece que essa ideia de o *Saber Sábio* não ser diretamente fornecido aos alunos foi interpretada por alguns como uma ameaça à crença de que o conhecimento gerado pelos cientistas é idêntico ao ensinado nas escolas, ou seja, que o saber é homogêneo, isotrópico e inquestionável. O autor destaca que o conhecimento inevitavelmente passará por mudanças para se adaptar ao ambiente escolar. Contudo, isso não implica que a transposição do saber seja prejudicial ao ensino, ao contrário, é imprescindível para adequar o conhecimento científico ao público-alvo. Daniel (2011) enfatiza que a transposição didática é a arte de transformar o saber científico em um saber que possa ser compreendido por um público mais amplo. Durante esse processo, o *Saber Sábio* passa a ter novos sentidos, embora deva manter algumas características que possibilitam conectar essa versão mais acessível à sua origem científica.

Assim sendo, decidimos focar na transposição didática do conceito de gravitação newtoniana, por ser um tema frequentemente pouco trabalhado no ambiente escolar, como evidenciam as pesquisas de Menezes e Batista (2020), Bonfim e Nascimento (2020) e Hoffmann e Gardelli (2013).

A partir disso, tencionamos analisar como ocorre a transposição didática do conceito de força gravitacional newtoniana nos livros didáticos aprovados pelo PNLD – 2021 e no livro didático *Física 1: Mecânica* elaborado pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), para que fossemos capazes de investigar o seguinte problema de pesquisa: *quais são as diferenças do Saber a Ensinar do conceito de força gravitacional newtoniana entre os livros didáticos aprovados pelo PNLD – 2021 e o livro didático elaborado pelo GREF?*

Optamos por comparar esses materiais porque os livros didáticos do PNLD – 2021 representam o material didático mais atualizado disponível nas escolas do país e buscam alinhar-se à reforma do Ensino Médio de 2017 e à Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Em contraste, o livro didático do GREF é desenvolvido a partir da perspectiva freiriana da dialogicidade, conforme destacado por Muenchen e Delizoicov (2014), oferecendo uma abordagem mais contextualizada dos conhecimentos físicos.

Nessa linha, nosso objetivo geral é *analisar a transposição didática do Saber a Ensinar do conceito de força gravitacional newtoniana entre os livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2021 e do livro de Física elaborado pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF)*. E, como objetivos específicos, temos:

- Evidenciar as diferenças da transposição didática de cada conjunto de livros;
- Contribuir com informações relevantes sobre o processo de transposição, fornecendo subsídios para a elaboração de materiais didáticos mais aprimorados;

Tencionamos que os resultados da pesquisa possam servir de base para a elaboração de futuros livros didáticos, visando aprimorar a transposição didática dos conceitos físicos de forma geral.

## 2 ALGUNS PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

O conceito de transposição didática foi proposto por Michel Verret, em 1975, e retomado por Yves Chevallard, em 1985. Chevallard desenvolveu a Teoria da Transposição Didática para analisar como o conhecimento científico se transforma em conhecimento escolar.

A teoria distingue entre o Saber Sábio (conhecimento científico original), o Saber a Ensinar (materiais e livros didáticos) e o Saber Ensinado (conhecimento efetivamente trabalhado em sala de aula).

A transposição didática ocorre em dois níveis: a externa, mais visível e concreta, quando o Saber Sábio se torna Saber a Ensinar; e a interna, mais abstrata, quando o Saber a Ensinar se transforma em Saber Ensinado. Dessa forma, essa teoria ajuda a entendermos as mudanças que o conhecimento sofre ao ser adaptado para o contexto escolar, sendo crucial tanto na elaboração de livros quanto na prática pedagógica.

Anhorn (2003) ajuda-nos a compreender que, quando o Saber Sábio é transformado em Saber a Ensinar e, em seguida, transformado em Saber Ensinado, são exigidos desses dois últimos saberes uma explicação discursiva, levando à textualização do saber, seja de maneira escrita ou oral. Esse pensamento pode ser constatado em Chevallard no seguinte excerto do seu livro: “de fato, pela exigência de explicação discursiva, a textualização do saber leva antes de tudo à delimitação de saberes parciais, cada um se exprimindo em um discurso (ficticiamente) autônomo” (Chevallard, 1991, p. 69, tradução nossa). Nesse âmbito, quando o saber passa por essa estruturação e assume essa forma didática, seja como Saber a Ensinar ou Saber Ensinado, conseqüentemente, surge o que Chevallard (1991) define de constrangimentos didáticos<sup>1</sup>, são eles a *dessincretização*, a *despersonalização*, a *descontextualização*, a *programabilidade* e a *publicidade do saber*.

A *dessincretização*, consoante Chevallard (1991, p. 69, tradução nossa), consiste em separar o Saber Sábio em “[...] saberes parciais, cada um dos quais se expressa em um discurso [...] Esse processo produz uma ‘dessintrincação’ [fragmentação] do saber, ou seja, a sua *dessincretização*”. Assim, esse constrangimento visa delimitar claramente o escopo do conhecimento a ser ensinado. Anhorn (2003) complementa que a *dessincretização* diferencia o que está dentro e fora de um campo de conhecimento, identificando o que é abordado explicitamente e o que, embora necessário, não é ensinado. No excerto a seguir é possível identificarmos esse aspecto:

Em particular, o processo [de *dessincretização*] introduz uma diferenciação entre o que pertence propriamente ao campo delimitado (neste caso, as noções matemáticas e paramatemáticas) e o que, implicitamente (mas realmente) presente (na *sincritização* que todo conhecimento em ação realiza), não se identifica formalmente

---

<sup>1</sup> A palavra original do francês utilizada por Chevallard é *contraentes*, que pode ser traduzida como constrangimentos; restrições e/ou coerções. Mas, de qualquer forma, esse termo se refere ao ato ou efeito de reduzir; uma imposição de limite; comprimir-se; tornar mais estreito; delimitar-se; reduzir-se.

como tal (noções protomatemáticas). Esse processo produz ainda uma diferenciação entre aquilo que, presente no próprio texto, constitui o objeto de seu discurso (noções matemáticas) e aquilo que, sendo necessário para a construção do texto, não é o seu objetivo (noções paramatemáticas) (Chevallard, 1991, p. 69, tradução nossa).

Outro efeito da transposição é a *descontextualização*, que, segundo Chevallard (1991, p. 71, tradução nossa), remove o saber “[...] das redes de problemáticas e de problemas que lhe dão o seu sentido completo, ruptura do jogo intersetorial constitutivo do saber no seu movimento de criação e de realização” (Chevallard, 1991, p. 71, tradução nossa). Portanto, a *descontextualização* do saber é um processo que objetiva desassociar determinado saber dos problemas que lhe deram origem. Podemos refletir que a *descontextualização* provoca uma omissão do contexto original em que o conhecimento foi desenvolvido, deixando de mencionar as questões desafiadoras que impulsionaram sua elaboração.

A *despersonalização* é outro constrangimento didático que se manifesta durante a transposição e que se refere à separação do saber de seu contexto pessoal, ou seja, a dissociação do conhecimento de seu autor original. Chevallard, ao discutir esse constrangimento didático diz que:

A textualização realiza, em segundo lugar, a dissociação entre o pensamento, na medida em que é expresso como subjetividade, e suas produções discursivas: o sujeito é expulso de suas produções; o saber é então submetido a uma transformação no sentido de despersonalização (Chevallard, 1991, p. 71, tradução nossa).

Desse modo, essa *despersonalização* resulta na ausência de exposição do processo de sua construção, ocultando o trabalho do cientista e apresentando apenas o produto final, concebido como obra de uma mente isolada e excepcional (Sousa, 2009).

O penúltimo constrangimento didático discutido por Chevallard (1991) é a *programabilidade* do saber. De acordo com o autor, um texto, por exemplo, um livro didático, serve como um guia para a progressão do conhecimento, quer dizer, o material didático produzido estabelece um começo e um fim provisório, indicando uma sequência lógica de ideias que os alunos devem seguir ao estudar o assunto. Como decorrência, a *programabilidade* proporciona a concepção de que os saberes científicos são construídos de maneira linear, isto é, induz ou reforça a ideia que os conhecimentos científicos são elaborados linearmente e progressivamente (Martins, 2020).

Por fim, o último constrangimento didático elencado por Chevallard (1991), em seu livro, é a *publicidade do saber*. Em conformidade com o autor,



A objetificação obtida pela inserção do saber em texto é a fonte evidente, além disso, da publicidade do saber ali representado (em oposição ao caráter "privado" dos saberes pessoais, adquiridos por mimetismo, ou esotéricos, adquiridos por iniciação, etc.). Essa publicidade, por sua vez, possibilita o controle social da aprendizagem, em virtude de uma certa concepção do que significa "saber", concepção que é fundamentada (ou pelo menos legitimada) pela textualização. Concepção cuja caricatura extrema é o saber de cor como mera repetição mecânica (Chevallard, 1991, p. 73, tradução nossa).

Portanto, ao objetivar o conhecimento, ele se torna público e acessível a um número maior de pessoas. Esse caráter público do saber é crucial para a Teoria da Transposição Didática, pois propicia a disseminação do conhecimento em um cenário educacional. Porém, como efeito, a publicidade do saber pode ocasionar uma simplificação excessiva, podendo fazer com que os aspectos importantes e significativos sobre determinado saber sejam omitidos, levando a um entendimento inadequado e superficial.

De forma a agregar à teoria de Chevallard, alguns autores também incluem mais um constrangimento didático: a *descontemporalização* do saber. Esse constrangimento concerne ao saber fora do tempo e espaço em que foi produzido (Astolfi; Develay, 1994; Sousa, 2009). A *descontemporalização*, de acordo com Barroso *et al.* (2013, p. 5), diz respeito a “[...] um saber transcendente ao tempo, sem origem, apresentado abstratamente a nós sem que se possa identificar o depositário de sua patente”.

Diante desses constrangimentos didáticos, surge a preocupação em minimizar seus impactos negativos. Macedo (2023) propõe várias abordagens, como a inclusão da história e epistemologia dos saberes científicos e a reflexão acerca dos três patamares de saberes. Essas potenciais soluções podem ser alcançadas por meio da prática da *vigilância epistemológica*, conceito central na teoria de Chevallard.

A *vigilância epistemológica* consiste em um processo crítico e reflexivo que envolve a análise e compreensão do saber científico a ser ensinado em sala de aula. Um dos seus objetivos é garantir que esse conhecimento seja apresentado o mais fielmente possível à sua natureza original, evitando simplificações excessivas, distorções ou perda de conteúdo essencial. Em suma, a *vigilância epistemológica* representa um olhar criterioso que assegura a consistência e validade epistemológica do saber a ser ensinado (Chevallard, 1991; Macedo, 2023).

Assim sendo, o exercício da *vigilância epistemológica* permite, a todos os atores envolvidos na transposição do saber, “[...] tomar distância, interrogar as evidências, pôr em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo [...]”

(Chevallard, 1991, p. 16, tradução nossa). Ademais, Brockington e Pietrocola (2005, p. 391), afirmam que essa vigilância permite que a análise da “[...] evolução do saber que se encontra na sala de aula através da Transposição Didática possibilita uma fundamentação teórica para uma prática pedagógica mais reflexiva e questionadora”. Desse modo, a *vigilância epistemológica* tem que estar presente em todas etapas da transposição.

### 3 BREVE CONTEXTO DO SABER SÁBIO DA FORÇA GRAVITACIONAL

As características, aspectos e propriedades da força gravitacional são expostas a partir da Lei da Gravitação Universal, apresentada por Isaac Newton, em 1687, na obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, frequentemente referida como *Principia*. Essa lei de força apresentada no Livro III da obra é o culminar de um trabalho mais amplo, iniciado no Livro I dos *Principia*, em que Newton estabelece e relaciona conceitos fundamentais e formula os principais teoremas de seu modelo físico-matemático.

Ao analisar a construção do Saber Sábio da força gravitacional newtoniana a partir dos *Principia*, Macedo (2023, p. 196, grifo nosso) estipula as seguintes características fundamentais desse conceito:

[...] a força gravitacional newtoniana é um tipo de força central, apenas atrativa, diretamente proporcional às massas dos corpos que mutuamente se interagem e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros. Ela se faz presente tanto nos corpos celestes quanto nos terrestres, portanto, é universal. Além disso, ela é responsável por manter os corpos celestes em alguma órbita e por possibilitar a descrição física e matemática de seus movimentos. [...] podemos inferir que ela age à distância, sem a necessidade de nenhum tipo de intermediação.

Em outra pesquisa, realizada por Fitas (1996), algumas das características mencionadas acima também são identificadas pelo autor na obra newtoniana, como podemos observar nos trechos a seguir:

[...] Newton, nas Proposições I, II e III, mostra que as forças que actuam sobre os planetas são centrais, orientadas para o foco da trajectória e variam na razão inversa do quadrado da distância (Fitas, 1996, p. 41, grifo nosso).

[...] o objectivo desta proposição é sobretudo mostrar que é a mesma, a força que é responsável pela queda dos corpos para a Terra, bem como a outra que aguenta a Lua na sua órbita (Fitas, 1996, p. 42, grifo nosso).

Está definida a constante de proporcionalidade como uma função da massa gravítica [...] (Fitas, 1996, p. 42, grifo nosso).



Daniel (2011), analisando a obra newtoniana, pontua características similares às mencionadas, vejamos:

[...] na continuidade de sua exposição Newton argumenta que todos os corpos se atraem mutuamente [...] (Daniel, 2011, p. 186, grifo nosso).

É a partir da proposição IV do livro III que a força centrípeta do *De motu*, [...], começa a se revelar de forma explícita para a comunidade científica como uma força de gravitação de caráter universal. [...] Newton postula que a força centrípeta sobre a Lua é a força de gravidade terrestre (Daniel, 2011, p. 187, grifo nosso).

E finalmente, coroando todo o processo de sucessivas transformações da ideia de força centrípeta atrativa, emergiu um princípio de gravitação universal, segundo o qual, quaisquer dois corpos, em qualquer parte do universo, agem gravitacionalmente um sobre o outro. Esta força varia na razão inversa do quadrado da distância entre esses corpos e é proporcional às suas massas gravitacionais (Daniel, 2011, p. 187, grifo nosso).

Diante disso, acreditamos que essas características, por serem importantes e fundamentais, devem estar presentes no Saber a Ensinar da força gravitacional, uma vez que são aspectos estruturantes do Saber Sábio.

Além dessas características, outro fator relevante para ser considerado em relação a esse Saber Sábio são os motivos que levaram Newton a chegar à conclusão da lei da força gravitacional. Isso proporciona manter o vínculo entre o conhecimento e seu elaborador, bem como contextualizar os problemas enfrentados na época da sua elaboração. Daniel (2011) aponta três formulações essenciais para o desenvolvimento do conceito de força gravitacional, são elas: a mudança de força centrífuga para força centrípeta, a identificação da natureza dinâmica da lei das áreas de Kepler e a concepção de uma força atrativa. De forma complementar, Dias, Santos e Souza (2004) destacam que outra formulação basilar é a interação mútua entre os corpos, que vai ao encontro de uma das características mencionadas anteriormente.

Para finalizar a discussão atinente ao Saber Sábio, apresentamos o comentário que acompanha a Proposição VII do Livro III, em que Newton (2020, p. 204) faz a seguinte assertiva:

[...] todos os planetas gravitam em direção uns aos outros, assim como que a força da gravidade em direção a cada um deles, considerado separadamente, é inversamente como o quadrado das distâncias dos lugares ao centro do planeta. E, portanto, [...] segue-se que a gravidade tendendo em direção a todos os planetas é proporcional à matéria que eles contêm.

A citação ilustra a formulação clássica da Gravitação Universal apresentada por Newton, ao destacar a proporcionalidade entre a força gravitacional e a massa dos planetas, bem como a dependência da força inversamente ao quadrado da distância.

## 4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

### 4.1 A abordagem e o tipo de pesquisa

A partir das características que esta pesquisa assumiu, a investigação pode ser considerada como sendo uma pesquisa de natureza qualitativa e de cunho indutivo. De acordo com Minayo (2001, p. 22 – 23), a pesquisa qualitativa lida com o “[...] universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que correspondem a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis”. Nessa perspectiva, a transposição didática do conceito de força gravitacional newtoniana é um processo complexo que envolve uma série de significados, motivos, crenças, valores e atitudes dos autores dos livros didáticos, o que vai ao encontro da natureza qualitativa. Em relação à abordagem indutiva, Marconi e Lakatos (2003, p. 86) afirmam que o método indutivo:

[...] é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficiente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.

Por conseguinte, na nossa investigação, partimos de uma leitura crítica dos livros didáticos selecionados, com a finalidade de encontrar os constrangimentos didáticos que emergiram durante o processo de transposição, para que fosse possível aferirmos, de modo geral, quais são as diferenças entre a transposição do Saber a Ensinar de cada conjunto de livros.

### 4.2 O procedimento de análise do *corpus* de pesquisa

Para auxiliar a análise dos livros didáticos selecionados e responder ao nosso problema de pesquisa, focamos especificamente na manifestação dos seis constrangimentos didáticos e no modo como os autores dos respectivos livros exerceram a vigilância epistemológica para minimizar os efeitos desses constrangimentos.

Com base nas características dos pressupostos aludidos, categorizamos as passagens dos livros didáticos que se remetiam a determinado constrangimento didático e/ou que se relacionavam com o uso mais efetivo da vigilância epistemológica. Frisamos que há casos em que um mesmo excerto pode ser identificado em mais de uma categoria ao mesmo tempo. O Quadro 1 a seguir resume, de forma geral, a principal característica de cada categoria.

**Quadro 1** – Resumo das características de cada categoria.

<b>CATEGORIAS</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
<b>DESCONTEXTUALIZAÇÃO</b>	Desvinculação do saber do contexto histórico ao qual foi desenvolvido; Remoção do saber de sua rede de problemas;
<b>DESSINCRETIZAÇÃO</b>	Fragmentação do conteúdo; Distinguir o que faz parte e o que não faz parte de determinado campo de saber;
<b>DESPERSONALIZAÇÃO</b>	Separação do saber de qualquer contexto pessoal; Atribuição de aspectos que não relacionam o saber com o seu elaborador;
<b>DESCONTEMPORALIZAÇÃO</b>	Saber deslocado do tempo e espaço ao qual foi elaborado; Sem origem;
<b>PROGRAMABILIDADE</b>	Organização do conteúdo de maneira progressiva e racional; Visão linear e acumulativa;
<b>PUBLICIDADE DO SABER</b>	Objetificação do saber para torná-lo público e acessível; Simplificações e omissões excessivas;
<b>VIGILÂNCIA EPISTEMOLÓGICA</b>	Olhar crítico e atento sobre a transposição entre o Saber Sábio e o Saber a Ensinar; Identificar a inadequação entre o Saber Sábio e o Saber a Ensinar; Naturalizar o objeto de ensino diminuindo as diferenças que ele sofreu no processo de transposição didática; Ligação genuína e crítica com o Saber Sábio, prevenindo distorções e inadequações;

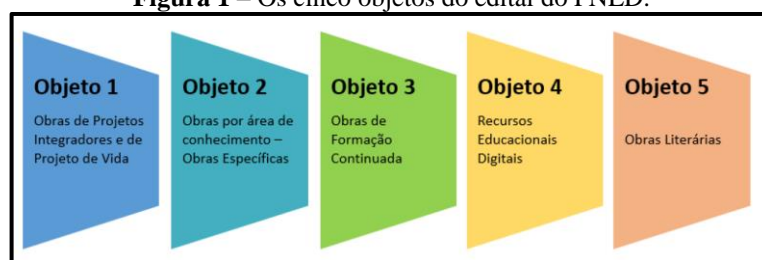
Fonte: Autores (2024).

#### 4.3 Os livros didáticos aprovados pelo PNLD – 2021 selecionados

Os livros didáticos do PNLD são influenciados, de forma direta e indireta, por diversos documentos educacionais, sendo um dos principais a BNCC do Ensino Médio. Com a BNCC organizada em quatro áreas do conhecimento, os materiais didáticos de Física, Química e Biologia, que anteriormente eram desenvolvidos separadamente para cada disciplina, foram unificados em um único livro, abrangendo a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Segundo Silva, Zacarias e Quaresma (2020), profissionais do Ministério da Educação do Brasil, a partir das dez competências gerais da Educação Básica definidas pela BNCC foram estabelecidos dez elementos-chave. Esses elementos-chave foram utilizados para criar uma estrutura composta por cinco objetos (Figura 1), que correspondem às competências gerais mencionadas.

**Figura 1** – Os cinco objetos do edital do PNLD.



Fonte: Zacarias (2021).

Dentre os objetos da Figura 1, selecionamos apenas os livros didáticos do Objeto 2, uma vez que esses materiais são os que discutem especificamente as definições dos conceitos físicos. Esse objeto é composto por sete coleções de livros de Ciências da Natureza, aprovados pelo PNLD, em que cada coleção conta com seis volumes, totalizando 42 livros didáticos.

Ao realizar leituras preliminares desses materiais, observamos que cada coleção contém pelo menos um volume com uma unidade, capítulo, seção ou trechos dedicados ao conceito de força gravitacional newtoniana. Selecionamos sete livros do Objeto 2 como *corpus* de análise, sendo um de cada coleção, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2** – Livros didáticos analisados a partir do Objeto 2.

NOSSO CÓDIGO	TÍTULO DA COLEÇÃO	TÍTULO E CÓDIGO DO VOLUME SELECIONADO	EDITORA
<b>LD1</b>	Ser Protagonista – Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Ser Protagonista – Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Evolução, Tempo e Espaço Código: 0201P21203136IL	Edições SM LTDA
<b>LD2</b>	Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Terra e equilíbrios Código: 0199P21203137IL	EDITORA MODERNA LTDA
<b>LD3</b>	Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Diálogo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias – O Universo da Ciência e a Ciência do Universo Código: 0196P21203133IL	EDITORA MODERNA LTDA
<b>LD4</b>	Ciências da Natureza – Lopes & Rosso	Ciências da Natureza Lopes & Rosso – Evolução e Universo Código: 0194P21203133IL	EDITORA MODERNA LTDA
<b>LD5</b>	Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar – Origens: o Universo, a Terra e a vida Código: 0181P21203133IL	EDITORA SCIPIONE S.A.
<b>LD6</b>	Multiversos – Ciências da Natureza	Multiversos – Ciências da natureza – Origens: Ensino Médio Código: 0221P21203136IL	EDITORA FTD S.A.
<b>LD7</b>	Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Moderna plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Universo e Evolução Código: 0198P21203138IL	EDITORA MODERNA LTDA

Fonte: Autores (2024).

#### 4.4 Os livros didáticos elaborados pelo GREF selecionados

O Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) surgiu, institucionalmente, em 1984, com a finalidade de elaborar uma proposta de ensino embasada na “Física das coisas” ou na “Física do cotidiano” (Piassi, 1995). Consoante Piassi (1995, p. 59),

O GREF aborda a física sobretudo a partir de situações denominadas "vivenciais" que correspondem a elementos presentes (direta ou indiretamente) no contexto social dos alunos e professores no qual eles reconheçam uma ligação com as áreas de estudo da física propostas pelo grupo.

A coleção de livros do GREF foi publicada pela Editora da Universidade de São Paulo e é constituída por três volumes, conforme Figura 2 a seguir.

**Figura 2** – Os três volumes que compõem a coleção de livros didático do GREF.



Fonte: edusp (2024).

Durante a leitura preliminar dos três volumes da coleção, identificamos que o volume *Física 1: Mecânica* é o material didático que traz a discussão e a definição do conceito de força gravitacional newtoniana. Dessa forma, além dos livros didáticos apresentados no Quadro 2, o livro didático *Física 1: Mecânica* também foi incluído no *corpus* da nossa pesquisa.

Como referido anteriormente, optamos por usar os livros do GREF para analisarmos as diferenças da transposição didática do Saber a Ensinar da força gravitacional newtoniana em comparação com os livros didáticos do mais recente PNLD, pois a forma como esse material é estruturado e aborda os conteúdos diferencia-se das mais tradicionais de livros didáticos (Piassi, 1995). Ademais, Muenchen e Delizoicov (2014, p. 632, grifo nosso) enfatizam que:

[...] a opção do GREF para a abordagem de conhecimentos físicos na educação escolar não é estruturada por temas geradores obtidos por uma investigação temática e a consequente redução temática [...], mantém, contudo, um dos princípios fundamentais da proposição freiriana no que diz respeito à dialogicidade a ser efetivada em torno de

situações sobre as quais os alunos se expressam e que permitem introduzir conceituação de física.

Dando continuidade à essa perspectiva, é importante destacar que a escolha dos livros do GREF permitiu-nos uma análise de como a abordagem freiriana de educação pode influenciar a transposição didática do conceito de força gravitacional.

## 5 ANÁLISE E RESULTADOS

### 5.1 Análise dos livros didáticos do PNLD – 2021

A partir da leitura dos livros didáticos dispostos no Quadro 2, temos que a inserção do conceito de campo gravitacional para explicar como a força gravitacional intermedia a interação entre os corpos à distância é um caso em que se manifestam os constrangimentos didáticos da *descontextualização*, *descontemporalização* e *despersonalização*, dado que a ideia de *campo* é um conceito proveniente do século XIX e a concepção de força gravitacional newtoniana é do século XVII. Esses constrangimentos se manifestam quando as questões históricas, sociais e culturais, além das motivações que levaram Newton ao conceito de gravitação, são removidas, o que acaba desassociando o conceito de sua origem. A seguir, expomos alguns trechos dos livros LD1, LD2, LD3 e LD6 a respeito da inserção desse conceito.

Essa força de atração a distância se deve à existência, em torno da Terra, do que chamamos campo gravitacional (LD1, 2020, p. 51, grifo nosso).

A ação do campo gravitacional da Terra sobre a Lua tem o efeito de mantê-la em órbita, pois, por inércia, nosso satélite natural deveria seguir em linha reta pelo espaço. No entanto, a Lua também cria um campo gravitacional, cuja interação com a Terra é responsável pela força gravitacional que a Lua exerce no planeta. O efeito da ação do campo gravitacional da Lua sobre a Terra é notado, por exemplo, no fenômeno das marés (LD2, 2020, p. 81, grifo nosso).

A região ao redor de um corpo que tem massa é denominada campo gravitacional [...]. O planeta Terra, por exemplo, gera um campo gravitacional. Como a Lua está localizada nesse campo, ela sente a ação da força de atração da Terra. Da mesma forma, a Lua gera um campo gravitacional onde está localizada a Terra, que sente a ação de uma força gravitacional de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto, de acordo com a terceira lei de Newton, da ação e reação (LD3, 2020, p. 110, grifo nosso).

Um corpo posicionado próximo à Terra fica sujeito a uma força de atração gravitacional, ou seja, sofre uma perturbação de natureza gravitacional por estar na presença do campo gravitacional (LD6, 2020, p. 67, grifo nosso).



Os livros didáticos LD4, LD5 e LD7 não discutem a questão de a força gravitacional ser intermediada à distância pelo campo gravitacional. Os autores dos livros didáticos que inserem a ideia de campo gravitacional, não exercem a *vigilância epistemológica* necessária para reduzir o impacto dos constrangimentos didáticos citados, ou seja, não problematizam que a concepção de campo gravitacional não é de autoria de Newton e que essa ideia foi elaborada em outra época, devido a outras motivações históricas, sociais e culturais, sendo incorporada ao conceito de força gravitacional após ser aceita pela comunidade científica.

Todavia, ensinar o conceito de gravitação através da ação à distância, exceto em uma perspectiva histórica, seria, do ponto de vista da Ciência atual, inadequado, uma vez que há uma consensualidade na comunidade científica de que a força gravitacional age por meio do campo gravitacional. Portanto, não estamos querendo afirmar que a ideia de campo gravitacional não deve ser apresentada junto à força gravitacional newtoniana, mas que o problema está em realizar essa inserção sem a devida *vigilância epistemológica*.

Outrossim, mais uma inserção posterior à Newton, realizada pela maioria dos livros didáticos, é a inclusão da constante da gravitação universal ( $G$ ). Com exceção do LD4, que não apresenta a equação da força gravitacional, os demais livros, ao apresentar a equação, inserem essa constante, bem como o seu valor de aproximadamente  $6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ . Entretanto, ao inseri-la, emerge o constrangimento didático da *descontemporização*, posto que, quando Newton propõe o conceito de força gravitacional nos *Principia*, o valor dessa constante não é referido, como destacamos ao final da seção 3 deste trabalho.

A equação em questão não está incorreta para os padrões atuais, mas seria considerada incorreta no contexto da física newtoniana. Uma maneira de diminuir o impacto da *descontemporização* seria discutir que a constante da gravitação universal foi determinada em laboratório por Henry Cavendish, em 1798, isto é, 111 anos após a publicação dos *Principia* de Newton. Além de descontemporizar esse fato histórico, essa inserção também indica a *despersonalização*, pois não é Newton o responsável pelo valor de  $G$ .

Em relação à *vigilância epistemológica*, apenas os autores dos livros LD1 e LD7 não a exercem, visto que não esclarecem que a constante  $G$  é de autoria de Cavendish. Os autores dos outros livros exercem o papel da *vigilância epistemológica*, dado que fazem a atribuição à Cavendish, reduzindo o impacto dos constrangimentos didáticos da *descontemporização* e *despersonalização*. Outra inserção que alguns livros didáticos do PNLD – 2021 fazem é incorporar ideias da Teoria da Relatividade Geral à Gravitação Universal. Vejamos o trecho a seguir: “para a Mecânica clássica, todo corpo que possui massa tem a propriedade de modificar

o espaço ao seu redor, criando o que denominamos campo gravitacional (LD2, 2020, p. 81, grifo nosso).

A partir desse trecho, podemos identificar os constrangimentos didáticos da *descontextualização*, *descontemporização* e *despersonalização*, porque os autores declaram que qualquer objeto com massa tem a capacidade de alterar o espaço ao seu redor. Como sabemos, essa ideia não foi mencionada por Newton, mas elaborada por Einstein na Relatividade Geral. Além do mais, as motivações, a cronologia e filosofia por de trás são distintas para Newton e Einstein. Herivel (1956 *apud* Silva, 2019, p. 24) afirma que, “[...] a gravidade na teoria de Newton é uma força ou poder capaz de impedir ou mudar a continuação dos corpos em seus estados. Na Teoria da Relatividade Geral de Einstein, a gravidade é uma deformação, uma curvatura do espaço-tempo”.

Assim, ao realizarem essa articulação entre a gravitação newtoniana com a einsteiniana, sem o devido uso da *vigilância epistemológica*, os autores comprometem o processo de compreensão de ambos os saberes. Em outro livro, encontramos os seguintes trechos:

Quando tentamos aplicar as leis desenvolvidas por Newton para o Universo em grande escala, deparamos com alguns problemas. Isso não quer dizer que Newton estivesse errado, ou que suas equações não sejam válidas [...]. Para escalas maiores do que essas, as leis de Newton precisam de um fator de correção que foi desenvolvido por Einstein [...] nas escalas de tamanho às quais estamos acostumados na Terra, e para objetos que viajam nas velocidades a que estamos habituados em nosso planeta, essa correção de Einstein é absolutamente desprezível, o que nos permite continuar aplicando as equações de Newton mesmo quando estamos tratando do movimento de planetas ao redor do Sol (LD4, 2020, p. 15 – 16).

Novamente, os constrangimentos didáticos da *descontextualização*, *descontemporização* e *despersonalização* se manifestam sem que a devida *vigilância epistemológica* seja exercida pelos autores para mitigar seus efeitos negativos. Isso porque os trechos sugerem que um modelo simplesmente complementa o outro, implicando que a força gravitacional de Newton é meramente um caso especial da gravitação de Einstein, o que não é verdade do ponto de vista epistemológico. Macedo, Deosti e Gomes (2024, p. 149) frisam que a gravitação einsteiniana “[...] transforma fundamentalmente a compreensão da gravidade, ou seja, redefine sua natureza”. Em relação à *dessincretização*, distinguimos esse constrangimento didáticos nos seguintes excertos dos livros didáticos:

[...] Newton afirmou que seria necessária uma força agindo sobre um planeta para que ele se movesse em órbita elíptica (LD1, 2020, p. 51, grifo nosso).

[...] assim, essa força de atração, denominada força gravitacional, constituiria um par de forças do tipo ação e reação, que obrigaria o planeta a seguir uma trajetória elíptica (LD1, 2020, p. 51, grifo nosso).

[...] a força de atração com que a Terra atrai a Lua [...] mantém a Lua em sua órbita [...] (LD2, 2020, p. 78, grifo nosso).

[...] tem a mesma natureza da força que mantém a Lua em órbita em torno da Terra, chamada de força gravitacional (LD4, 2020, p. 15, grifo nosso).

[...] ela [força gravitacional] mantém a Lua girando ao redor da Terra, a Terra girando ao redor do Sol [...] (LD7, 2020, p. 79, grifo nosso)

Newton apresentou a lei da gravitação universal, na qual afirmava que a força gravitacional entre dois corpos [...] (LD1, 2020, p. 51, grifo nosso).

[...] Newton estabeleceu que entre duas massas quaisquer [...] sempre haverá uma interação gravitacional (LD2, 2020, p. 78, grifo nosso).

[...] A força de atração gravitacional age em ambos os corpos envolvidos [...] orientadas ao longo da reta que passa pelo centro de massa desses dois corpos (LD3, 2020, p. 109, grifo nosso).

Essa lei determina que duas massas ( $m_1$ ) e ( $m_2$ ), cujos centros estão separados por uma distância ( $d$ ) [...] (LD5, 2020, p. 58, grifo nosso).

A partir dessa definição, conclui-se que, para dois corpos se atraírem gravitacionalmente basta que possuam massa (LD6, 2020, p. 65 grifo nosso)

Duas massas pontuais (pontos materiais) atraem-se com forças dirigidas ao longo da linha que as une [...] (LD7, 2020, p. 79, grifo nosso).

Essa força com a qual a Terra ou qualquer outro astro atrai os objetos para o seu centro é chamada de força gravitacional ou peso (LD4, 2020, p. 126, grifo nosso).

[...] aquela que atua sobre uma pedra que cai sobre o solo (força peso ou gravitacional) (LD5, 2020, p. 29, grifo nosso).

Os cinco primeiros trechos evidenciam a *dessincretização*, pois os autores passam a ideia que somente a força gravitacional é a responsável por fazer um planeta descrever uma órbita, desconsiderando a contribuição do movimento inercial do planeta, o que sobrepõe a falta de *vigilância epistemológica*.

Do sexto ao décimo primeiro excerto, a *dessincretização* se manifesta quando os autores escrevem *dois corpos* e *duas massas*, visto que estão tratando, como é comumente conhecido na Física, do problema de dois corpos. Desse modo, o saber é particionado em um saber específico que é a mecânica entre dois corpos interagentes. No entanto, a força gravitacional é uma interação mútua entre todos os corpos. Newton (2020, p. 209, grifo nosso) assinala isso no caso do Sistema Solar ao afirmar que “[...] a Terra, o Sol e todos os planetas gravitam em direção um ao outro, estando, portanto, de acordo com seus poderes de gravidade [...]”.

Ressaltarmos que estamos cientes que considerar todas as interações gravitacionais entre os corpos, por exemplo, do Sistema Solar, é uma tarefa árdua e complexa. O próprio Newton (2020, p. 210) realça esse fato em sua obra: “[...] as ações dos planetas uns sobre os outros são tão pequenas, que elas podem ser desprezadas [...]”. Porém, ao omitir essa informação, os livros didáticos estão reduzindo a ação da força gravitacional a apenas uma interação entre dois corpos, não refletindo a complexidade real do conceito, que é a interação mútua entre todos os corpos presentes, como destacado na seção 3.

Entendemos que os autores poderiam ter exercido a *vigilância epistemológica* para abordar qualitativamente essa problemática da força gravitacional. Discutir esses aspectos não tornaria o conceito mais complexo, já que as dificuldades em considerar todas as interações mútuas são mais desafiadoras nos cálculos do que na compreensão conceitual da força gravitacional.

Acerca do décimo segundo e décimo terceiro trecho, observamos a *dessincretização*, pois os autores colocam de forma implícita que a força gravitacional e o peso são considerados sinônimos. Contudo, como acentua Silveira (2014, não paginado), “[...] somente em sistemas de referência inerciais as definições de PESO e FORÇA GRAVITACIONAL são convergente”. Para ilustrar a diferença entre peso e força gravitacional, Silveira (2014) menciona que, na Estação Espacial Internacional (EEI), onde a aceleração de queda livre é nula, o peso dos objetos também é nulo nesse referencial. Isso significa que os objetos na EEI estão em estado de imponderabilidade, embora a força gravitacional da Terra sobre esses objetos não seja nula.

Além das *despersonalizações* já citadas, outros trechos que manifestam esse constrangimento são:

[...] serviu para Isaac Newton (1642-1727) comparar a queda de uma maçã com a queda da Lua e desenvolver a ideia de que as forças em um e outro caso são de mesma natureza (LD2, 2020, p. 78, grifo nosso).

Caminhando nos jardins da casa, em 1666, ele pensou que a mesma força gravitacional que o planeta Terra exercia sobre uma maçã também poderia exercer sobre a Lua, fazendo-a girar ao nosso redor (LD5, 2020, p. 58, grifo nosso).

[...] Isaac Newton (1643-1727) percebeu que a força que faz com que uma maçã caia da macieira, por exemplo, tem a mesma natureza da força que faz com que a Lua gire em torno da Terra [...] (LD6, 2020, p. 64, grifo nosso).

A *despersonalização* se manifesta quando os autores citam a história da “queda da maçã” de maneira implícita. Isso mais uma vez, evidencia a falta da *vigilância epistemológica* dos autores, pois muitos historiadores afirmam que esse episódio não aconteceu, conforme

Martins (2006, p. 175), “[...] Newton deixou, ao morrer, uma vasta quantidade de manuscritos. No entanto, jamais foi encontrada qualquer descrição sua a respeito da queda da maçã”.

Concernente ao constrangimento didático da *programabilidade*, esse aparece em todos os livros, com exceção do LD4. A *programabilidade* é visível, visto que os livros didáticos constroem o caminho até a lei da gravitação de maneira sequencial e racional: ideias aristotélicas; modelo ptolomaico; modelo copernicano; leis de Kepler e Gravitação Universal. Como consequência, a *programabilidade* pode induzir ou reforçar a crença que os saberes científicos são construídos linearmente e progressivamente (Martins, 2020), passando a ideia de que, em determinados períodos de tempo, não há avanços científicos e que o progresso só continua em épocas específicas, devido a determinados cientistas.

Por fim, sobre a *publicidade do saber*, na generalidade, notamos sua manifestação sem que fosse exercida a *vigilância epistemológica* necessária para reduzir seus efeitos. Os trechos e as discussões trazidas anteriormente comprovam esse constrangimento didático, pois, ao alcançar a objetificação do saber da força gravitacional newtoniana, para torná-lo público e acessível aos leitores, gerou-se uma simplificação excessiva, fazendo com que aspectos importantes fossem perdidos e omitidos. O Quadro 3 a seguir sintetiza as categorias encontradas em cada livro e os respectivos motivos.

**Quadro 3** – Síntese das categorias presentes na coleção dos livros didáticos do PNLD 2021 e os respectivos motivos.

CATEGORIAS IDENTIFICADAS	LIVROS DO PNLD – 2021	MOTIVOS
<b>DESCONTEXTUALIZAÇÃO</b>	LD1; LD2; LD3 e LD6	Inserção do campo gravitacional
	LD2 e LD4	Inserção de concepções da Relatividade Geral
<b>DESSINCRETIZAÇÃO</b>	LD1; LD2; LD4 e LD7	Afirmção de que apenas a força gravitacional é a responsável pela órbita planetária
	LD1; LD2; LD3; LD5; LD6 e LD7	Delimitação apenas do problema de dois corpos
	LD4 e LD5	Consideração de que a força gravitacional e força peso são sinônimos
<b>DESPERSONALIZAÇÃO</b>	LD1; LD2; LD3 e LD6	Inserção do campo gravitacional
	LD1; LD2; LD3; LD5; LD6 e LD7	Inserção da constante da gravitação universal (G)
	LD2 e LD4	Inserção de concepções da Relatividade Geral
	LD2; LD5 e LD6	Inserção da estória da queda da maçã
	LD1; LD2; LD3 e LD6	Inserção do campo gravitacional

<b>DESCONTEMPORALIZAÇÃO</b>	LD1; LD2; LD3; LD5; LD6 e LD7	Inserção da constante da gravitação universal (G)
	LD2 e LD4	Inserção de concepções da Relatividade Geral
<b>PROGRAMABILIDADE</b>	LD1; LD2; LD3; LD5; LD6 e LD7	Apresentação de forma sequencial e racional: ideias aristotélicas; modelo ptolomaico; modelo copernicano; leis de Kepler e Gravitação Universal
<b>PUBLICIDADE DO SABER</b>	LD1; LD2; LD3; LD4; LD5; LD6 e LD7	Simplificações excessivas e omissões de informações
<b>VIGILÂNCIA EPISTEMOLÓGICA</b>	LD2; LD3; LD5 e LD6	Sinaliza que a constante da gravitação universal (G) foi determinada por Cavendish

Fonte: Autores (2024).

## 5.2 Análise do livro *Física 1: Mecânica* do GREF

Na primeira passagem do livro em que há discussão sobre a força gravitacional newtoniana, identificamos o constrangimento didático da *dessincretização*, pois, assim como alguns livros didáticos do PNLD – 2021, os autores colocam de forma implícita que a força gravitacional e o peso são considerados sinônimos: “normalmente, contudo, o termo massa é também tomado como sendo a medida da ‘carga gravitacional de um objeto’ responsável pela força gravitacional também chamada ‘peso do objeto’” (GREF, 2023, p. 42, grifo nosso). Além desse trecho, há também uma outra passagem: “força gravitacional ou força peso ou simplesmente peso é a força com que a Terra atrai os objetos” (GREF, 2023, p. 42, grifo nosso).

Nesse prisma, o que percebemos é que, assim como nos livros do PNLD – 2021, falta um uso mais efetivo da *vigilância epistemológica* para reduzir o efeito desse constrangimento, problematizando que a força gravitacional e o peso são convergentes apenas em referenciais inerciais. Destacamos, ainda, desse livro, a seguinte definição, conforme ilustra a Figura 4:

**Figura 4** – Apresentação da equação da gravitação universal no livro do GREF.

2 – A massa gravitacional é o fator que define com que força um objeto é atraído gravitacionalmente por outro. A expressão matemática de seu valor é:

$$|\vec{F}_{\text{grav}}| = \frac{m \cdot G \cdot m'}{r^2}$$

onde G é uma constante universal, m' é a massa gravitacional do outro objeto e r<sup>2</sup> o quadrado da distância entre ambos.

Fonte: GREF (2023).

A discussão versada no livro sobreleva o constrangimento didático da *descontemporização*, haja vista que, quando Newton propõe o conceito de força gravitacional, o valor da constante da gravitação universal (G) não é citado. Outrossim, a



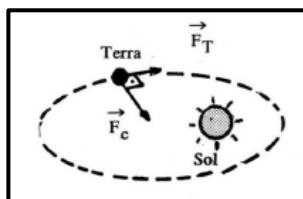
inserção do  $G$  também evidencia a *despersonalização*, como já discutimos na seção anterior. Em relação à *vigilância epistemológica*, os autores não a exercem nesse ponto, pois não abordam que a constante  $G$  é de autoria de Cavendish.

Em um outro excerto do livro, distinguimos a seguinte informação: “[...] a Lua ou um satélite artificial giram em torno da Terra devido à força gravitacional que os mantêm em trajetória curvilínea” (GREF, 2023, p. 47). Portanto, o trecho enfatiza a *dessincretização*, uma vez que a frase transmite a ideia de que somente a força gravitacional é a responsável por fazer a Lua ou um satélite artificial descrever uma órbita em torno da Terra, desconsiderando a contribuição do movimento inercial desses objetos. Entretanto, ao contrário dos livros do PNLD – 2021, os autores do GREF exercem a *vigilância epistemológica* para amenizar esse constrangimento, pois, mais à frente, pontuam que:

Podemos então pensar a força responsável por trajetória curva em um certo instante, como a resultante de duas componentes: uma que tenha a direção da quantidade de movimento e outra que tenha a direção perpendicular a ela (componente normal ou radial). A componente normal ou radial (força centrípeta) varia a direção e o sentido, enquanto a tangencial varia a intensidade da quantidade de movimento (GREF, 2023, p. 48, grifo nosso).

Ao contrário dos livros do PNLD – 2021, que manifestam a *dessincretização* por não discutirem o fato da força gravitacional newtoniana ser um tipo de força centrípeta, o livro do GREF apresenta essa característica, dado que, logo após o excerto acima, traz a imagem que a Figura 5 expõe para representar a componente radial (força gravitacional) e tangencial (movimento inercial). Não somente essa imagem, mas o trecho a seguir trata dessa questão: “[...] a força gravitacional é totalmente centrípeta [...]” (GREF, 2023, p. 290). Isso indica um uso mais efeito da *vigilância epistemológica* por parte dos autores do GREF, em razão de que essa característica vai ao encontro dos escritos de Newton (2020, p. 200, grifo nosso), como podemos observar a seguir: “A força que mantém os corpos celestes em suas órbitas tem sido chamada até aqui de força centrípeta, mas tendo ficado evidente que ela não pode ser outra que não uma força gravitacional, vamos chama-la daqui por diante de gravidade”.

**Figura 5** – Representação da Terra em sua órbita elíptica em torno do Sol e as forças atuantes.



Fonte: GREF (2023).

Mais adiante, o livro do GREF discute que em “[...] uma região onde um objeto é atraído por uma força gravitacional dizemos que existe um campo de forças gravitacionais ou simplesmente, um campo gravitacional” (GREF, 2023, p. 155, grifo nosso). Assim, a partir dessa discussão, verificamos os constrangimentos didáticos da *descontextualização*, *descontemporização* e *despersonalização*, porque a ideia de *campo* não faz parte do Saber Sábio originalmente proposto por Newton. Da mesma forma que os livros didáticos do PNLD – 2021, o livro do GREF não exerce a *vigilância epistemológica* necessária para problematizar a inserção da ideia de campo gravitacional na concepção newtoniana de força gravitacional.

Nessa linha, acreditamos que, da mesma maneira que nos livros anteriormente analisados, a *publicidade do saber*, de modo geral, também é manifestada no livro do GREF, sem que a *vigilância epistemológica* seja exercida para reduzir seus efeitos. Os excertos e trechos que trouxemos desse livro possibilitam evidenciar esse constrangimento didático, uma vez que, ao alcançar a objetificação do saber da força gravitacional newtoniana, para torná-lo público e acessível aos leitores, originam-se algumas simplificações, fazendo com que certos aspectos importantes fossem perdidos e omitidos.

Nessa rota, caminhando para o fim da análise, percebemos que, ao contrário dos livros do PNLD – 2021, o livro do GREF exerce a *vigilância epistemológica* ao discutir que a força gravitacional é uma interação mútua entre vários corpos e não somente entre dois corpos:

Assim como a Terra, todos os corpos celestes que fazem parte do Universo, atraem para si os objetos próximos a eles e atraem-se mutuamente por meio de forças gravitacionais. Na realidade, qualquer objeto atrai gravitacionalmente qualquer outro, só que se suas massas forem pequenas é difícil perceber esta atração (GREF, 2023, p. 155, grifo nosso).

Por fim, outro ponto em que também é possível notarmos o uso da *vigilância epistemológica* por parte dos autores do GREF é quando o livro traz a discussão da diferença entre *massa gravitacional* e *massa inercial*. Após uma série de explicações, os autores concluem que há duas maneiras diferentes de medir massas, no entanto, como “[...] o valor da massa inercial e gravitacional são equivalentes, então não nos preocuparemos em distingui-las, usando a palavra *massa* para nos referirmos tanto a uma quanto à outra” (GREF, 2023, p. 156). Por isso, ao problematizarem essa diferença, ao invés de simplesmente adotarem o termo *massa* de forma geral, a *dessincretização* é atenuada. O Quadro 4 sintetiza as categorias encontradas no livro do GREF e os respectivos motivos.

**Quadro 4** – Síntese das categorias presentes no livro didático do GREF e os respectivos motivos.

CATEGORIAS IDENTIFICADAS	MOTIVOS
<b>DESCONTEXTUALIZAÇÃO</b>	Inserção do campo gravitacional
<b>DESSINCRETIZAÇÃO</b>	Afirmção de que apenas a força gravitacional é a responsável pela órbita planetária
	Consideração de que a força gravitacional e força peso são sinônimos
<b>DESPERSONALIZAÇÃO</b>	Inserção do campo gravitacional
	Inserção da constante da gravitação universal (G)
<b>DESCONTEMPORALIZAÇÃO</b>	Inserção do campo gravitacional
	Inserção da constante da gravitação universal (G)
<b>PUBLICIDADE DO SABER</b>	Simplificações e omissões de informações
<b>VIGILÂNCIA EPISTEMOLÓGICA</b>	Sinaliza que duas componentes são responsáveis pela órbita dos corpos
	Destaca que a força gravitacional é um tipo de força centrípeta
	Discussão da diferença entre massa inercial e massa gravitacional
	Evidencia que a força gravitacional é uma interação mútua entre vários corpos

Fonte: Autores (2024).

## 6 CONSIDERAÇÕES

A partir da análise de ambos os conjuntos de livros, podemos responder o nosso problema de pesquisa: *quais são as diferenças do saber a ensinar do conceito de força gravitacional newtoniana entre os livros didáticos aprovados pelo PNLD – 2021 e o livro didático do GREF?*

Assim, de modo geral, ponderemos que ambos os livros do PNLD – 2021 e o livro do GREF apresentam constrangimentos didáticos que não são atenuados durante o processo de transposição didática, afastando o Saber Sábio do Saber a Ensinar, ou seja, distanciando o conceito de força gravitacional elaborado por Newton do conceito de força gravitacional que aparecem nesses materiais. Isso se deve à ausência de uma vigilância epistemológica mais ativa por parte dos autores, pois não são abordados nesses materiais, por exemplo, algumas das diferenças entre a concepção de força gravitacional apresentada nos *Principia* e as modificações introduzidas por outros físicos após Newton ou ainda discutindo as problemáticas que Newton enfrentou para desenvolver a teoria da Gravitação Universal.

Todavia, salientamos, como ressaltado por Martins (2020) e Macedo (2023), que, de acordo com a perspectiva da Teoria da Transposição Didática, é aceitável que haja uma certa distância entre os conhecimentos que foram desenvolvidos para explicar os conceitos físicos de décadas atrás e a forma como esses conceitos são ensinados atualmente. Isso sugere que os

constrangimentos didáticos são inevitáveis durante a transposição, contudo, é possível reduzir o impacto por meio de uma vigilância epistemológica mais eficaz nesse processo.

Mais especificamente, podemos observar que, em relação à inserção da ideia de campo gravitacional, tanto os livros do PNLD – 2021 quanto o livro do GREF não problematizam as diferenças conceituais e epistemológicas que há entre a ideia de uma força gravitacional que age a distância e a concepção de uma força gravitacional que age através de um campo. Ambos os materiais, com exceção de alguns livros do PNLD – 2021, também não discutem que a constante da gravitação universal ( $G$ ) não foi determinada por Newton em seus trabalhos. Esses aspectos identificados sinalizam a ausência do caráter histórico, indo ao encontro da pesquisa de Coelho e Moura (2023) que, ao analisarem a Natureza da Ciência a partir da Gravitação Universal nos livros didáticos, afirmam que esses materiais não situam “[...] a problemática no seu tempo e em nenhum momento deixa claro o porquê de Newton ter atacado aqueles problemas especificamente, o que dá ao episódio um caráter ahistórico e aproblemático, [...]”.

Ao refletir sobre as diferenças de cada material, temos que alguns livros do PNLD – 2021 tentam, durante o processo de transposição didática, aproximar a gravitação newtoniana da gravitação einsteiniana. Já o livro do GREF não tenta articular essas duas ideias. Porém, essa articulação nos livros do PNLD – 2021 não é feita com os cuidados desejados, mesclando duas concepções filosóficas distintas, sem fazer as devidas distinções.

Outro ponto relevante é que, no livro do GREF, em virtude do uso mais constante da vigilância epistemológica, os autores discutem a força gravitacional como um tipo de força centrípeta, uma abordagem que não é comumente encontrada na maioria dos livros do PNLD – 2021. Além disso, no livro do GREF, os autores discutem o porquê usam o termo *massa* de modo geral, ao invés de ficar diferenciando *massa inercial* e *massa gravitacional*, enquanto os autores dos livros do PNLD – 2021 usam o termo *massa* de modo genericamente, sem fazer essa problematização, evidenciando uma utilização menos constante da vigilância epistemológica.

Assim sendo, observarmos que os autores do livro do GREF exercem a vigilância epistemológica de forma um pouco mais constante em alguns pontos, enquanto os autores dos livros didáticos do PNLD – 2021 não a usam constantemente. Em comparação, o livro do GREF atenua os constrangimentos didáticos que surgem ao menos quatro vezes, já os livros didáticos do PNLD – 2021, com exceção do LD1 e LD7, empregam a vigilância epistemológica apenas uma vez.

Essas questões discutidas indicam que os livros do PNLD – 2021 e o livro do GREF apresentam abordagens distintas no Saber a Ensinar do conceito de força gravitacional newtoniana. Mas, vale realçarmos que o objetivo desses materiais é distinto, o que também pode levar a essas diferenças de abordagem. O livro do GREF busca apresentar a Física enfatizando, desde o início, a sua relevância prática no cotidiano e sua universalidade (GREF, 2023). Por outro lado, os livros do PNLD – 2021 buscam versar sobre os conhecimentos científicos de três áreas em um único livro: Física, Química e Biologia. Essa situação requer dos autores uma seleção criteriosa de informações, o que nem sempre é feito apropriadamente, resultando em problemas na transposição dos conceitos científicos.

Desse modo, considerando as reflexões apresentadas, entendemos ser importante uma abordagem mais precisa e contextual na transposição didática dos saberes científicos em geral. Os autores de materiais didáticos devem se atentar não apenas à precisão conceitual, mas também à contextualização histórica, social e cultural do saber, a fim de assegurar um Saber a Ensinar menos simplificado e mais conectado com suas origens.

## REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, J. de P.; PINHEIRO, T. de F.; PIETROCOLA, M. A eletrostática como exemplo de transposição didática. In: PIETROCOLA, M. (Org.) **Ensino de Física: conteúdo metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: editora da UFSC, 2001, p. 01-24.
- AMABIS, J. M. *et al.* **Moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Universo e Evolução**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- ANHORN, C. T. G. **Um objeto de ensino chamado História – A disciplina de história nas tramas da didatização**. 2003. 403 f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/projetosEspeciais/ETDs/consultas/conteudo.php?strSecao=resultado&nrSeq=4360@1>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das Ciências**. Tradução: Magda S. S. Fonseca. 3. ed. Campinas: Papirus, 1994. Título original: La didactique des sciences.
- BARROSO, E. G.; BATISTA, A. R.; KALHIL, J. B.; BARBOSA, I. dos S. Transposição Didática no Ensino de Ciências na Escola do Campo. **Revista Eletrônica de Ciências da Educação**, Campo Largo, v. 12, n. 1, jul. 2013.

BONFIM, D. D. S.; NASCIMENTO, W. J. do O ensino de gravitação universal na educação básica: uma reflexão a partir de pesquisas brasileiras. *Research, Society and Development*, v. P, n. 11, e4789119969, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9969>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/512>. Acesso em: 15 jan. 2024.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: Del Saber Sabio Al Saber Enseñado**. Buenos Aires: Ediciones, 1991.

CHEVALLARD, Y. Readjusting Didactics to a Changing Epistemology. *European Educational Research Journal*, v. 6, n. 2, 2007.

COELHO, M. N.; MOURA, V. H. F. de. A abordagem do tema “gravitação” nas coleções de Ciências da Natureza e Tecnologias no PNLD 2021: qual a “Natureza da Ciência” que eles comunicam? *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 19, n. 43, p. 49 – 67, 2023.

CRUZ, L. L. da; GÜLLICH, R. I. da C. O desenvolvimento do pensamento crítico em ciências por meio de estratégias de ensino em livros didáticos. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, Brasil, v. 10, n. 3, e22060, set./dez., 2022. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13772>. Acesso em: 14 ago. 2024.

DANIEL, G. P. **História da Ciência em um curso de licenciatura em Física: a gravitação newtoniana e a gravitação einsteiniana como exemplares**. 2011. 404 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95113>. Acesso em: 16 ago. 2024.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. de A Gravitação Universal (Um texto para o Ensino Médio). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, n. 3, p. 257 – 271, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FZS39VjZZRrY44gywMqqcR/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 16 ago. 2024.

EDUSP. **Livraria Virtual**, 2024. Disponível em: <https://www.edusp.com.br/loja/colecoes/30/gref>. Acesso em: 21 fev. 2024.

FITAS, A. J. S. **Os Principia de Newton, alguns comentários (Segunda parte, a Gravitação)**, Vértice, 73, 1996. Disponível em: <http://home.dfis.uevora.pt/~afitas/AJSFitas-1996b-Principia.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2024.

FUKUI, A. *et al.* **Ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: evolução, tempo e espaço: ensino médio**. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020.



GODOY, L.; AGNOLO, R. M. D.; MELO, W. C. **Multiverso**: ciências da natureza: Origens: ensino médio. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA/GREF. **Física 1**: Mecânica, 7 ed. São Paulo: Edusp, 2023.

HOFFMANN, D. M.; GARDELLI, D. Gravitação Universal: Estratégias para seu estudo. *In: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE*, 2013.

Disponível em:

[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2013/2013\\_uem\\_fis\\_pdp\\_diana\\_maria\\_hoffmann.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uem_fis_pdp_diana_maria_hoffmann.pdf). Acesso em: 12 abri. 2024.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Ciências da natureza**: Lopes & Rosso: Evolução e Universo. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

MACEDO, G. L. N. **Análise do conceito de força gravitacional nos *Principia* de Newton e a sua transposição didática nos livros didáticos de Física do Ensino Médio do Estado do Paraná**. 2023. 274 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Maringá, 2023. Disponível em:

<http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/399>. Acesso em: 14 dez. 2023.

MACEDO, G. L. N.; DEOSTI, L.; GOMES, L. C. O Saber Sábio da força gravitacional: Uma perspectiva a partir dos *Principia* de Newton. **Revista do Professor de Física**, v. 8, n. 1, p. 147 – 163, Brasília, 2024. Disponível em:

<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/53299>. Acesso em: 29 abr. 2024.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, R. de A. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. *In: SILVA, C. C. Estudos de história e filosofia das ciências*: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 167-189, 2006. Disponível em:

<https://www.ghc.usp.br/server/pdf/RAM-livro-Cibelle-Newton.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2024.

MARTINS, M. R. **Uma abordagem histórica sobre conceitos de força nos séculos XVII e XVIII: Compreensão acerca do processo de transposição didática no contexto acadêmico**. 2020. 285 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Maringá, 2020. Disponível em:

<http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/329>. Acesso em: 09 jan. 2024.

MENEZES, L. P. G. de; BATISTA, M. C. Concepções de mestrados em Ensino de Física sobre o Sistema Solar sob a perspectiva das Leis de Kepler. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, Brasil, v. 8, n. 2, p. 352 – 373, 2020.

Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/10000>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MINAYO, M. C. de S. **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade**. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MORTIMER, E. *et al.* **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Origens: o Universo, a Terra e a vida**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2020.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 617 – 638, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/y3QT786pHBdGzxcSrtHTb9c/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 29 out. 2023.

NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livros II e III**. 1. ed. 3. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2020.

PIASSI, L. P. de C. **Que Física ensinar no 2º grau?** Elementos para uma reelaboração do conteúdo. 1995. 208 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, Departamento de Física Experimental, São Paulo, 1995. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1905074/mod\\_resource/content/1/PIASSI\\_Que%20Fisica%20ensinar%20no%20segundo%20grau.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1905074/mod_resource/content/1/PIASSI_Que%20Fisica%20ensinar%20no%20segundo%20grau.pdf). Acesso em: 27 dez. 2023.

SANTOS, S. M. de O. **Critérios para avaliação de livros didáticos de química para o ensino médio**. 2006. 234 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Brasília, 2006.

SANTOS, K. C. dos. **Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: O universo da ciência e a ciência do universo**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

SILVA, M. A. S. da. **A gravidade newtoniana e einsteiniana não é só uma dicotomia conceitual**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Santa Cruz, 2019. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/1732>. Acesso em: 08 nov. 2023.

SILVA, S. V. da; ZACARIAS, S.; QUARESMA, J. **[BNCC Ensino Médio] Edital do PNLD para o Ensino Médio. Base Nacional Comum Curricular – BNCC – Base Nacional Comum Curricular**, 2020. 1 vídeo (1h27min30s). Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=2JkU2JEiIk&ab\\_channel=BaseNacionalComumCurricular-BNCC](https://www.youtube.com/watch?v=2JkU2JEiIk&ab_channel=BaseNacionalComumCurricular-BNCC). Acesso em: 19 fev. 2024.

SILVEIRA, F. L. da. Por que PESO não deve ser tomado como sinônimo de FORÇA GRAVITACIONAL? **Centro de Referência para o Ensino de Física (CREF)**. Porta Alegre, 2014. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=por-que-peso-nao-deve-ser-tomado-como-sinonimo-de-forca-gravitacional>. Acesso em: 11 mar. 2024.

SOUSA, W. B. de. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. 2009. 248 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Faculdade de Educação, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/pt-br.php>. Acesso em: 07 dez. 2023.

THOMPSON, M. *et al.* **Conexões**: ciências da natureza e suas tecnologias: Terra e equilíbrios. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

ZACARIAS, S. **PNLD CONECTADO 2021 Novo Ensino Médio**. 25 fev. 2021. Apresentação de Power Point. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/centrais-de-conteudos/publicacoes/category/165-editais?download=14559:att-250221>. Acesso em: 23 fev. 2024.

ZANATA, T.; MAGALHÃES, J.; MIRANDA, R. de C. M. de; SOUSA, E. M. de 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**, Cuiabá, Brasil, v. 11, n. 1, e23087, jan./dez., 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/16000>. Acesso em: 14 ago. 2024.

---

## APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

### AGRADECIMENTOS

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-graduação em Educação para Ciência e Matemática da Universidade Estadual de Maringá (PCM – UEM).

### FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Gabriel Luiz Nalon Macedo e Luciano Carvalhais Gomes

Introdução: Gabriel Luiz Nalon Macedo e Luciano Carvalhais Gomes

Referencial teórico: Gabriel Luiz Nalon Macedo e Luciano Carvalhais Gomes

Análise de dados: Gabriel Luiz Nalon Macedo e Luciano Carvalhais Gomes

Discussão dos resultados: Gabriel Luiz Nalon Macedo e Luciano Carvalhais Gomes

Conclusão e considerações finais: Gabriel Luiz Nalon Macedo e Luciano Carvalhais Gomes

Referências: Gabriel Luiz Nalon Macedo e Luciano Carvalhais Gomes

Revisão do manuscrito: Luciano Carvalhais Gomes, Gabriel Luiz Nalon Macedo e Vanderléia Skorek (revisora de língua portuguesa)

Aprovação da versão final publicada: Luciano Carvalhais Gomes e Gabriel Luiz Nalon Macedo

### 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

MACEDO, Gabriel Luiz Nalon; GOMES, Luciano Carvalhais. Análise do saber a ensinar da gravitação newtoniana nos livros do PNLD – 2021 e do GREF. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 12, e24093, jan./dez., 2024. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.17638>

#### COMO CITAR - APA

Macedo, G. L. N.; Gomes, L. C. (2024). Análise do saber a ensinar da gravitação newtoniana nos livros do PNLD – 2021 E DO GREF. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 12, e24093. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.17638>

#### 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.retratacao>



#### 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 \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/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](https://www.turnitin.com/) da Turnitin, através do serviço [Similarity Check](https://www.similaritycheck.com/) da [Crossref](https://www.crossref.org/).



#### 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](https://portal.periodicos.ufmt.br/). 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: 15 de maio de 2024.

Aprovado: 13 de agosto de 2024.

Publicado: 30 de dezembro de 2024.

---