Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

ANÁLISE CRÍTICA E DESCRITIVA SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD

CRITICAL AND DESCRIPTIVE ANALYSIS ON THE THEORY OF RELATIVITY IN PNLD TEXTBOOKS

Ramon Alves dos SANTOS
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
ramonalvesfernandes@gmail.com

Ferdinand Martins da SILVA
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
ferdinand.silva@uesb.edu.br

Graciely Rocha BRAGA
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
graciely.braga@uesb.edu.br

Giovani Luz ANDRADE
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
giovaniluzandrade7@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.46636/recital.v4i2.271

Resumo

As atuais pesquisas sobre o Ensino de Física relatam a importância do Livro Didático enquanto instrumento educacional, correlacionando suas dimensões sociocultural, histórica e pedagógica com os impactos direcionados ao contexto escolar. Nesse diapasão, este trabalho visa analisar o Livro Didático sob suas diferentes facetas, as quais perpassam por um diálogo

no que se refere à sua abrangência e à abordagem adotada para a apresentação do conteúdo. O estudo foi realizado mediante um levantamento aplicado sob a forma de um questionário com os mestrandos ou concluintes do Mestrado Profissional em Ensino de Física do pólo 62, situado em Vitória da Conquista, na Bahia, a fim de selecionar a amostra a ser investigada. Dentre as 12 obras contempladas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o triênio 2018-2020, 5 livros foram selecionados para a investigação. Na sequência, empregou-se uma metodologia sistemática para a análise, utilizando pressupostos teóricos associados à aplicação de categorias específicas elaboradas por Souza e Germano (2009). Por fim, discute-se as principais características das obras analisadas e como elas contribuem para futuras perspectivas direcionadas ao Ensino de Física.

Palavras-chave: Ensino de Física. Livro Didático. Teoria da Relatividade.

Abstract

Current research on the Teaching of Physics reports the importance of the Textbook as an educational tool, correlating its sociocultural, historical and pedagogical dimensions with the impacts directed at the school context. In that tuning fork, this work aims to analyze the Didactic Book under its different facets, which pass through a dialogue regarding its scope and the approach adopted for the presentation of the contents. The study was carried out by means of a survey applied in the form of a questionnaire with the Master's students or graduates of the Professional Master's Degree in Physics Teaching of pole 62, located in Vitória da Conquista, Bahia, in order to select the sample to be investigated. Among the 12 works covered by the National Textbook Plan for the 2018-2020 triennium, 5 books were selected for investigation. Next, a systematic methodology for the analysis was used, using theoretical assumptions associated with the application of specific categories prepared by Souza and Germano (2009). Finally, the main characteristics of the analyzed works are discussed and how they contribute to future perspectives directed to the Teaching of Physics.

Keywords: Teaching Physics. Textbook. Theory of Relativity.

INTRODUÇÃO

As Pesquisas sobre o Ensino de Física no Brasil têm raízes históricas e tomaram maior amplitude com a realização do I Simpósio Nacional em Ensino de Física (SNEF) em 1970, cujo objetivo foi refletir sobre questões pertinentes à Educação em Ciências e suas interfaces. Conforme relata Almeida Júnior (1979), o SNEF surgiu como uma das primeiras tentativas de identificar as problemáticas que transversalizam tal Ensino e, dentre as perspectivas discutidas no Evento, o Livro Didático[1] assumiu um papel central. Rosa e Artuso (2019) reiteram que as investigações acadêmicas sobre o uso do Livro Didático são recentes no Brasil e só vieram à tona em 1990, haja vista que grande parte dessa produção direciona-se à análise dos conteúdos e constituem um viés bastante comum, dada a intensificação das pesquisas em torno dessa temática (HOSOUME; MARTINS, 2022).

[1] Durante este trabalho utilizaremos as palavras Livro Didático, livros-texto e obras como sinônimos.

De acordo com Artuso *et al.* (2019), o Livro Didático se justifica como objeto de estudo devido às suas dimensões pragmáticas, pedagógicas, políticas, mercadológicas e culturais. Destarte, a concretização de programas sociais e políticas públicas, como o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) se faz necessária, tendo em vista a produção e a distribuição de recursos educacionais para a efetivação do letramento científico. Zanetic (1989) reafirma essa argumentação, ao considerar que é necessário construir um olhar dialógico para todos os níveis da educação, sendo isso uma das formas de justificar seu papel social. Portanto, as instituições de ensino têm como atribuição principal a produção, a reflexão e a divulgação do conhecimento de maneira democrática e igualitária.

É fato que o Livro Didático é um elemento munido de historicidade e, como tal, sua compreensão, enquanto instrumento educacional, requer uma análise acerca de sua relação dialética com o Ensino de Física. Os encontros de pesquisa sobre essa temática refletem os impactos dos programas de pós-graduação, no Brasil e no exterior, com um aumento considerável do acervo bibliográfico. De fato, apesar de seu avanço recente, houve grandes contribuições para a pesquisa de materiais didáticos (LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2017), cuja ênfase se dá na imersão da cultura escolar e científica, de modo que o Livro Didático seja partícipe desse processo, tendo em vista suas dimensões simbólicas e cognitivas (Artuso *et al.*, 2019).

Dessa forma, o Livro Didático está vinculado à formação educacional, visto que tal recurso constitui-se como um repositório de conhecimentos, habilidades e competências relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem nas Ciências Naturais e demais disciplinas. Para tanto, cabe uma reflexão acerca de tais processos e sobre o papel da ciência, suas funcionalidades e representações veiculadas nessas obras literárias. O Livro Didático pode ampliar o repertório de conhecimento através da transmissão de práticas, saberes, valores e ideais, cujo foco é ampliar a percepção sobre o que é ciência e quais seus desdobramentos sobre a educação (BRASIL, 2020). Tal assertiva carece de uma análise e significação lógicas, com bases filosóficas e epistemológicas que enfoquem a possibilidade de compreender a Física como cultura.

Sob outro viés, é fato que o Livro Didático não é o único instrumento integrante a esse contexto, visto que existem outros elementos que compõem o universo escolar e coexistem com os livros-texto, como os experimentos didáticos realizados em sala de aula, uma vez que a partir de tais práticas, é possível colocar o estudante em contato com o objeto de investigação (MORAES; JUNIOR, 2015). À vista disso, tais recursos também fazem parte do processo de ensino-aprendizagem e podem estabelecer relações de concorrência ou complementaridade, de modo a influir no uso adequado do Livro Didático. Dessa forma, as atuais preocupações demonstradas em analisar a literatura científica, de maneira sistemática, impactam na utilização de instrumentos de pesquisa, coleta, agrupamento e tabulação das informações provenientes das fontes de investigação (CHOPPIN, 2004).

Diante disso, cabe uma reflexão fundamentada sobre a produção da área de Ensino de Física e de Educação em Ciências, cujo foco de investigação é a produção de material didático. Para tanto, com o intuito de contribuir com as discussões e questões apresentadas acima, este trabalho tem como objetivo realizar uma discussão sobre a linguagem apresentada pelos Livros Didáticos acerca dos conceitos da Teoria da Relatividade, tendo em vista sua aplicação no cotidiano em instrumentos tecnológicos, tais como o GPS (*Global Positioning System* em inglês) e os eletroímãs. Ademais, busca-se analisar também seus aspectos históricos,

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 4, n. 2, maio/ago 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

cotidianos, socioculturais e interdisciplinares com base nas Categorias de Análise elaboradas por Souza e Germano (2009) nas obras do PNLD, para o período 2018-2020.

1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A escolha do tema ocorreu no bojo das discussões relacionadas ao Ensino de Física e à divulgação e popularização da ciência desenvolvida pelo *Projeto de Extensão* em Ensino de Partículas e Astropartículas (EPA), ligado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e ao Instituto Internacional de Física (IIF), sediados na cidade de Natal. O Projeto possui os devidos credenciamentos junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e obedece às diretrizes éticas e orgânicas que regem a pesquisa científica.

À vista disso, todos os instrumentos metodológicos empregados nesta pesquisa também estão amparados na devida legislação ética da produção científica, de modo que as informações coletadas foram utilizadas somente para fins acadêmicos e educacionais, uma vez que a análise foi realizada sob a tutela de um *Projeto de Extensão* guarda-chuva, descrito acima. Dessa forma, não foi necessária a elaboração de um projeto a ser submetido à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), pois os recursos empregados tiveram como principal respaldo a Lei Geral da Proteção de Dados Pessoais (LGPD), a qual preza pelo anteparo das informações de caráter pessoal dispostas em meios físicos e/ou digitais (BRASIL, 2018).

Portanto, essa questão foi apresentada ao público-alvo, de modo que houve o consentimento geral desse grupo sobre as condições expostas. Os instrumentos metodológicos foram utilizados somente como um critério de seleção da amostra a ser investigada a fim de obter dados complementares e tornar a pesquisa mais consistente. Dessa forma, as informações produzidas por tais instrumentos não foram utilizadas, sob nenhuma hipótese, para manchar a imagem e/ou as opiniões expressas pelos entrevistados, as quais, é importante ressaltar mais uma vez, estão amparadas nas formalidades éticas das diretrizes científicas.

2 PERSPECTIVAS PARA O ENSINO DE FÍSICA

2.1 CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Diante das problemáticas e potencialidades relacionadas ao Ensino de Física (OSTERMANN; MOREIRA, 2000), a introdução da História e Filosofia da Ciência (HFC) tem ganhado ênfase nos meios acadêmico e educacional, sobretudo nas últimas décadas, devido às discussões sobre as ações didático-pedagógicas que destoam do ensino tradicional e cujo papel principal é nortear a prática educativa (ARRUDA; VILLANI, 1996). Pesquisadores (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 2007) apontam que a abordagem do ensino sob um viés histórico promove a humanização da ciência, motiva os estudantes e incita discussões sobre a construção do conhecimento científico e seus processos subjacentes.

Dessa forma, a HFC aponta que a atividade científica se constitui como um empreendimento humano, permeado de modificações ao longo do tempo, sócio-historicamente determinado e munido de pressões internas e externas (MATTHEWS, 1995), ou seja, a ciência é concebida como um atividade não-linear e que apresenta contradições, características e especificidades próprias, haja vista seu caráter mutável, o qual é concebido como uma construção humana permeada de aspectos socioculturais. Segundo Delizoicov e Angotti (2000), no que se refere à concepção da ciência internalizada por grande parte dos estudantes, é importante salientar que essa percepção não deve ser vista como uma estrutura rígida, tampouco imutável, que descreve a natureza adjacente por meio de verdades universais. Nessa perspectiva, a HFC emerge como um processo inerente ao indivíduo, vinculada à atividade cultural e que possui características do ponto de vista linguístico, sociológico, epistemológico e filosófico (VOGT; CERQUEIRA; KANASHIRO, 2008). Dessa forma, existe um processo que tem sua origem na produção do conhecimento científico, o qual se agrupa ao longo do tempo, desde a sua circulação social, perpassando pelo ensino e pelas práticas que circunscrevem a difusão desse saber.

À vista disso, ao abordar a HFC há certa tendência em apresentá-la como uma sequência de fatos desconexos e que contêm aspectos positivistas verificados nos livros didáticos, ao expor o conhecimento como um aporte linear e cumulativo (POPPER, 1982). É necessário atentar-se ao fato de que todo conhecimento científico está sujeito a profundas influências do contexto histórico em que foi produzido e ao "disfarçar essas mudanças, a tendência dos manuais a tornarem linear o desenvolvimento da ciência acaba escondendo o processo que está na raiz dos episódios mais significativos do desenvolvimento científico" (KUHN, 1997, p. 79). Destarte, ao utilizar a HFC na educação científica, é necessário ater-se ao fato de que certa narrativa histórica configura uma visão da ciência e expressa os processos de seu desenvolvimento (ALLCHIN, 2004; MARTINS, 2006). Ao apresentar fatos relacionados à HFC, é imperativo discutir suas consequências para a formação dos professores e estudantes, e refletir sobre as abordagens históricas que perpetuam o caráter empírico-indutivista da construção do conhecimento científico.

Em um nível fundamental, a HFC apresenta dois aspectos causais: uma *Abordagem Internalista*, a qual apresenta características sob um viés epistemológico e está relacionada aos fenômenos, conceitos e teorias, sendo eles complementares entre si; bem como uma *Abordagem Externalista*, associada aos fatores sociais, políticos e econômicos atrelados à produção científica (MARTINS, 2005). Sob essa perspectiva sócio-histórica, os estudos relacionados à HFC permitem um entendimento mais amplo e integrado do conhecimento, além de evitar o reducionismo, por vezes, tão presente no âmbito científico. Face à natureza da ciência, os relatos históricos permitem um entendimento mais aprofundado dos conceitos e atribuem um grande valor às descobertas fundamentais para a HFC. Ademais, tais relatos também possibilitam uma percepção profícua acerca do método científico, ao expor suas potencialidades e limitações; e, dessa forma, a história da ciência é concebida como um veículo natural, o qual apresenta certo nível de subjetividade (MATTHEWS, 1995).

2.2 A IMPORTÂNCIA DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA O ENSINO

As reflexões e descobertas provenientes da Física desenvolvida ao longo dos séculos XIX e XX configuram-se de maneira enciclopédica e contêm um caráter extremamente dedutivo nos

conteúdos ministrados em sala de aula. Diante de tal quadro, temas concernentes à Física Moderna e Contemporânea (FMC) devem ser explorados de modo a promover uma interpretação mais coerente dos fenômenos naturais e estabelecer uma articulação mais estruturada dessas concepções com a realidade imediata dos estudantes. Nesse sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1998) e as Orientações Curriculares Nacionais (OCN) (BRASIL, 2006) surgem, efetivamente, como documentos que buscam orientar a prática docente no que se refere ao Ensino de Física, além de estabelecer habilidades e competências específicas a serem desenvolvidas pelos estudantes. Dessa forma, os elementos que norteiam a ação pedagógica deixam, portanto, de assumir a causa primeira sobre "o quê ensinar de Física", assumindo a centralidade em "por que ensinar Física", ao atribuir um real significado ao conhecimento científico no processo de ensino-aprendizagem).

Conforme argumenta Terrazzan (1992), a Física é usualmente fragmentada durante o Ensino Médio e está amparada na aplicação de conceitos isolados e na memorização de equações matemáticas, de modo que tal segregação resulta em um entendimento superficial dos conteúdos a serem abordados. Os atuais currículos de ensino, ao relegar tópicos da FMC, tornam-se por demais defasados, posto que há uma maior ênfase dos conteúdos relacionados à Física Clássica (OSTERMANN; MOREIRA, 2000), e tal fato implica a impossibilidade da construção de um cidadão crítico, incapaz de analisar e refletir sobre os fenômenos ao seu redor (BRASIL, 2018).

De acordo com os documentos (BRASIL, 1998; 2006), é fundamental que a escola pública, em todos os níveis e modalidades, forneça os subsídios necessários para que o indivíduo internalize um conhecimento vivo, como fonte de transformação da sua realidade social, econômica e cultural. Em consonância com as argumentações de Zanetic (2005), a Física deve ser ensinada, também, sobre um viés cultural, sendo que seu desenvolvimento está vinculado a uma grande quantidade de problemas técnicos que acompanham a humanidade desde os tempos remotos relacionados à navegação, hidráulica, mineração, transporte terrestre e lançamento de projéteis.

A construção dos valores internos da ciência torna-se mais tangível à medida que se investiga os processos metodológicos atrelados ao conhecimento respaldado em uma perspectiva histórica e social. Nesse contexto, o ensino de FMC assenta-se na tríade entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), e, a partir das reflexões sobre os fenômenos imediatos, o indivíduo é capaz de entender essa complexa relação e intervir em sua realidade. A literatura tem apontado aspectos positivos no que se refere à abordagem CTS em sala de aula (PEREIRA, 1997; STANNARD, 1990; TORRE, 1998), e há um reconhecimento da necessidade de incluir tal temática na Educação Básica por meio de argumentos sugestivos sobre sua relevância, bem como propostas que norteiam sua execução. As práticas de metodologias inovadoras associadas à perspectiva CTS promovem uma abordagem dinâmica para o Ensino de Física, ao apresentar uma relação unificadora entre as leis, princípios e conceitos que regem esta ciência, além de possibilitar um maior entendimento sobre os recursos tecnológicos tão presentes no cotidiano (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001).

Em conjunto com os PCN, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) surge como um documento normativo que estabelece o conjunto de aprendizagens fundamentais a ser desenvolvido pelos estudantes da educação básica (BRASIL, 2018). Apesar de a BNCC não distinguir explicitamente a Física como um campo de estudo integrado às Ciências da

Natureza, o documento está alicerçado sobre três pilares, denominados eixos temáticos, a saber: *Matéria e Energia; Vida e Evolução; Terra e Universo* (BRASIL, 2018). Nesse contexto, a Teoria da Relatividade pode ser trabalhada sob a abordagem desses três eixos de forma integrada. No que se refere à temática Matéria e Energia, é possível explorar as competências específicas sobre a equação que relaciona massa e energia ($E=mc^2$) nos processos nucleares, e desenvolver habilidades para um melhor entendimento sobre os impactos e potencialidades da energia nuclear. Em consonância com esse eixo temático, torna-se viável investigar os aspectos da Vida e Evolução, ao compreender como os objetos astronômicos influenciam as condições necessárias ao surgimento e desenvolvimento da vida. Não obstante, também é possível adentrar ao eixo temático Terra e Universo, de modo a descrever as contribuições da *Teoria da Relatividade* para a formulação de um modelo cosmológico.

3 METODOLOGIA

Por se tratar de uma pesquisa de caráter bibliográfico, consistindo em uma revisão sistemática de literatura, optamos pela utilização da Abordagem Qualitativa de Pesquisa para a análise dos dados obtidos. Esse enfoque permite que um fenômeno seja melhor compreendido no contexto em que ocorre e no qual está inserido, devendo ser analisado sob uma perspectiva integrada (GODOY, 1995). Ademais, a abordagem qualitativa não apresenta uma estruturação rígida, pois sua função é analisar e descrever os conceitos relacionados ao objeto de estudo, a qual possibilita uma investigação ampla e bem fundamentada (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Para a análise dos dados obtidos utilizamos a técnica da Análise de Conteúdo, a qual consiste em um conjunto de instrumentos metodológicos aplicados durante uma ação investigativa e possibilita uma descrição objetiva e sistemática dos fatos (BARDIN, 2011). Como ferramenta para a obtenção dos dados, aplicamos um questionário com o objetivo de realizar um levantamento dos livros didáticos utilizados ou recomendados pelos professores. Em seguida, utilizamos a Análise de Conteúdo nessas obras, à qual foi aplicada em três etapas: 1) *Pré-análise*, 2) *Exploração do material* e 3) *Discussão dos Resultados, Inferências e Interpretações.*

3.1 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

O questionário foi elaborado por meio da plataforma *Google Formulário* e aplicado aos professores de Física atuantes na Educação Básica que já concluíram o Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), além daqueles que estão cursando o programa. O Mestrado é promovido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), cujo pólo 62 é sediado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), na cidade de Vitória da Conquista, Bahia. O questionário continha apenas uma pergunta objetiva, na qual estavam listadas todas as obras contempladas pelo PNLD no período de 2018-2020, com o objetivo de selecionar o material de pesquisa.

A fim de tomar conhecimento da quantidade de alunos que participaram do Mestrado Profissional, a coordenação do programa foi contactada. Dentre um universo de 50

mestrandos ou concluintes do MNPEF, 45 discentes responderam ao questionário[2]. A partir dos dados obtidos, foi elaborado um gráfico, permitindo a análise, discussão e interpretação tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo.

3.2 PRÉ-ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Inicialmente foram identificados e organizados os livros constantes no guia digital do PNLD de 2018-2020, disponível no site do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), num total de 12 obras. Com base nas informações catalogadas no guia, verificou-se que todos os livros-texto contemplados para o período mencionado abordam o tema *Teoria da Relatividade*.

A opção pela quantidade de obras selecionadas (a amostra) reside no fato de tratar-se das obras que foram mais indicadas pelos professores e cujo escopo é trazer à tona a discussão da temática[3]. Portanto, esse dinamismo de pesquisa é resultado de um fator conjuntural específico, cujo intuito foi delimitar, de forma clara e sucinta, nosso problema de investigação e os objetos a ele relacionados.

3.3 EXPLORAÇÃO DO MATERIAL

Nessa fase, foi realizada a "leitura flutuante" (BARDIN, 2011) dos dados produzidos mediante o levantamento estatístico obtido pelo questionário. Portanto, a leitura flutuante corresponde a um primeiro contato com o material que será submetido à análise. Dessa forma, a fim de estabelecer uma ideia inicial, também foi realizada a leitura da resenha de cada uma das obras selecionadas, disponibilizadas no site do FNDE, a qual apresenta uma breve análise e descrição de cada um dos livros didáticos, bem como os aspectos e características gerais do material para seu uso em sala de aula.

Ainda nessa etapa, buscou-se identificar nos livros didáticos os aspectos inerentes às Categorias de análise elaboradas por Souza e Germano (2009), havendo uma adaptação destas ao presente estudo. A opção pela escolha de tais categorias se deve ao fato delas contemplarem elementos importantes relativos ao ensino de FMC, as quais são descritas a seguir:

a **Clareza e coerência:** os livros didáticos apresentam uma linguagem dinâmica e acessível, condizente com os conceitos físicos apresentados para o estudante do ensino médio;

b **Aplicações:** o material discute aspectos da Teoria da Relatividade relacionados ao cotidiano do estudante e/ou com aplicações tecnológicas e científicas, como o uso da equação $E = mc^2$ nos processos nucleares e o uso do GPS (sigla em inglês para Sistema de Posicionamento Global) como recurso de localização;

[2] Na época em que a pesquisa foi realizada, o MNPEF do pólo 62 contava com 50 participantes. Esse número foi alterado em função dos ingressantes no início deste ano.

[3] Esta escolha não invalida uma posterior análise das obras restantes, inclusive daquelas mais utilizadas pelos professores que integram o Núcleo Territorial de Educação de Vitória da Conquista (NTE-20).

c **Dimensão social dos conteúdos:** o material apresenta relações entre os conteúdos e as questões sociais, como relatos dos episódios históricos sobre a formulação da Teoria da Relatividade, o desenvolvimento da bomba atômica e o contexto da Segunda Guerra Mundial;

d **Aspectos epistemológicos da construção da ciência:** o material apresenta as contextualizações sobre o desenvolvimento interno da ciência, bem como os aspectos relacionados à HFC e suas implicações sobre a produção do conhecimento científico;

e **Proposta de atividades experimentais[4]:** os livros apresentam uma proposta para a realização de alguma prática de caráter experimental através de materiais de baixo custo, com o objetivo de internalizar os conceitos estudados e desenvolver o trabalho autônomo do estudante;

f **Interdisciplinaridade:** o material apresenta a interdisciplinaridade entre as diferentes ciências, sugerida tanto no enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) como nos PCN+, OCN e na BNCC, apresentada na forma de eixos temáticos;

g **Estímulo ao prazer de conhecer:** as expressões textuais suscitam a curiosidade, ao aprendizado e à imaginação, e apresentam um caráter lúdico, na tentativa de alimentar uma satisfação pessoal de compreender;

h **Apresentação da Física como cultura:** os textos identificam a percepção da Física como parte da tentativa humana de interpretar o mundo e sua articulação com outros saberes e expressões, como arte, história e literatura;

i **Informações sobre a Teoria da Relatividade no Brasil:** o material apresenta informações sobre o experimento realizado na cidade de Sobral, no Ceará, com o objetivo de validar a teoria;

j **Orientações para o aprofundamento:** os materiais apresentam textos complementares e/ou indicações, de modo direto ou indireto, para outras publicações com caráter didático, que incluem livros de divulgação científica e/ou sites da internet que possam ampliar a abordagem iniciada;

Concordando com os objetivos do estudo, os quais consistem na análise dos conteúdos da *Teoria da Relatividade*, presentes nas obras elencadas pelos professores, buscou-se empregar estratégias capazes de abarcar as Categorias de análise mencionadas, observando-se as variáveis e parâmetros envolvidos, de forma a considerar sua importância para a discussão.

[4] Ao analisarmos os livros surgiu a necessidade de criar essa nova categoria, visto que a proposta de práticas experimentais é apresentada em algumas das obras investigadas.

4 RESULTADOS

Com base nos procedimentos metodológicos supracitados, a investigação procedeu-se por meio da leitura, análise, tabulação e agrupamento dos dados, que resultaram nas considerações apresentadas na próxima seção. Em conformidade com os argumentos de Bardin (2011), a classificação e a categorização das informações possibilitaram uma melhor estruturação da pesquisa, ao agrupar elementos comuns e explorar as categorias de análise empregadas.

4.1 SELEÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS

O gráfico a seguir apresenta as cinco obras indicadas pelos professores com os respectivos percentuais que cada uma recebeu, sendo que a obra **Física:** eletromagnetismo, física moderna (Livro 1), cujos autores são Bonjorno *et al.* (2016), teve a maior quantidade de votos. Dessa forma, buscamos organizar os outros livros selecionados pelo questionário na seguinte ordem numérica: Gaspar (Livro 2), Kazuhito e Fuke (Livro 3), Pietrocola *et al.* (Livro 4) e Válio *et al.* (Livro 5).

Quadro 1 – Obras selecionadas.

Obras	**Percentual/Quantidade de votos**
Bonjorno *et al.* (2016)	28.9% (13)
Gaspar (2016)	20% (9)
Pietrocola *et al.* (2016)	17.8% (8)
Yamamoto e Fuke (2016)	13.3% (6)
Válio *et al.* (2016)	8.8% (4)
Outros	11.1% (5)

Fonte: Autoria própria.

Com base no gráfico acima, nota-se que há certa preferência pelos livros considerados tradicionais no Ensino de Física, sobretudo para abordar a *Teoria da Relatividade* (OSTERMANN; RICCI, 2002), e que são comumente utilizados em sala de aula. Além disso, é importante destacar três dentre as cinco obras analisadas foram contempladas pelo PNLD de 2015, a saber: *Física: Eletromagnetismo e Física Moderna* (BONJORNO *et al.*, 2016), *Compreendendo a Física* (GASPAR, 2016) e *Física para o Ensino Médio* (YAMAMOTO; FUKE, 2016).

4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS OBRAS INVESTIGADAS

Após a leitura e análise dos livros apresentados no gráfico anterior, cada obra foi classificada com base nas categorias de análise supracitadas em: **Totalmente Satisfatória** (TS), indicando aquelas que atendem completamente aos aspectos investigados; **Parcialmente Satisfatória** (PS), para designar as que contemplam as características de modo parcial, e **Insatisfatória** (IS), a fim de indicar os livros-textos que abordam as categoriais de maneira superficial e/ou não as apresentam (DARROZ; ROSA; SILVA, 2017).
O quadro a seguir contém os resultados da análise investigativa para cada um dos livros didáticos e está organizado da seguinte maneira: a primeira coluna apresenta os números inteiros no intervalo de 1 a 5, como forma de enumeração individual para cada obra; enquanto a primeira linha apresenta as categorias de análise empregadas na pesquisa, designadas pelas letras "a" até "j". Nas células de intersecção entre as linhas e colunas, foram utilizadas as abreviações "TS", "PS" ou "IS" para a classificação das categorias, conforme mencionado anteriormente.

Quadro 2 – Resultados obtidos.

Livros	Categorias									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	TS	TS	PS	TS	IS	PS	PS	TS	TS	TS
2	TS	PS	TS	TS	TS	IS	TS	TS	PS	TS
3	PS	IS	IS	TS	IS	IS	TS	TS	PS	TS
4	PS	IS	TS	TS	TS	IS	TS	TS	IS	TS
5	TS	TS	IS	TS	IS	TS	PS	TS	TS	TS

Fonte: Autoria própria.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Com base nos resultados apresentados no Quadro 1, é possível constatar que três obras (1, 2 e 5) atendem de modo **Totalmente Satisfatório** (TS) aos critérios da **categoria "a"** (*clareza e coerência*). Essas obras apresentam uma definição consistente e detalhada acerca dos postulados da relatividade, além de discutir suas consequências, como a dilatação temporal e contração no comprimento, e as transformações de Lorentz como uma forma de descrição para mostrar a equivalência entre diferentes referenciais inerciais. O Livro 1 discute os postulados da relatividade de maneira objetiva e discorre sobre a relação entre tempo e espaço proposta por essa teoria, como é mostrado a seguir:

> Estamos acostumados com o conceito clássico de velocidade como a razão entre o espaço percorrido e o tempo gasto nesse percurso. Isso significa que o espaço e o tempo são, no conceito clássico, grandezas independentes. No entanto, para que a velocidade das ondas eletromagnéticas seja constante em

> qualquer referencial usado, a ideia clássica da independência entre o espaço e o tempo deve ser abandonada. Einstein considera espaço e tempo grandezas ligadas entre si (BONJORNO *et al.*, 2016, p. 210).

Ainda com relação à **categoria "a"**, os Livros 3 e 4 satisfazem-na de modo **Parcialmente Satisfatória** (PS), pois, apesar de esses exemplares apresentarem os postulados da teoria de maneira objetiva, fazem-no sem discutir detalhadamente seus efeitos para a análise e descrição dos fenômenos físicos. Nesse sentido, ambas as obras mencionam brevemente que o 1° postulado da relatividade é uma extensão das ideias propostas por Descartes, Galileu e Newton e que se limitavam, inicialmente, ao âmbito da *Mecânica Clássica*.

Contudo, constata-se que, dentre todas as obras analisadas, apenas dois livros (1 e 5) contemplam a **categoria "b"** (*aplicações*) de maneira **Totalmente Satisfatória** (TS). O Livro 1 faz um breve comentário sobre a relação entre massa e energia dada pela equação de Einstein ($E = mc^2$)[5] e descreve como ela se aplica às reações nucleares no interior das estrelas; enquanto o Livro 5 relata que a imensa quantidade de energia liberada em uma bomba atômica é resultante da diferença de massa entre os átomos que a constituem. De acordo com a referida obra, nos processos nucleares que ocorrem no interior do Sol:

> [...] a soma da massa de quatro núcleos de hidrogênio é ligeiramente maior do que a massa de um núcleo de hélio. E essa diferença entre as massas que é convertida em energia é liberada durante as reações nucleares no interior das estrelas e que as sustenta contra o risco de colapso gravitacional durante a maior parte da sua vida (VÁLIO *et al.*, 2016, p. 256).

Para a referida categoria, o Livro 2 a discute de maneira **PS** ao mencionar de forma sucinta a aplicação da equação $E = mc^2$ nos processos e armas nucleares sem adentrar em maiores detalhes, enquanto as obras 3 e 4 não apresentam nenhuma aplicação sobre os conceitos da relatividade no cotidiano do estudante.

No que se refere a **categoria "c"** (*dimensão social dos conteúdos*), apenas dois livros a compreendem de modo **TS**. Os Livros 2 e 4 fazem uma síntese sobre a vida acadêmica e pessoal de Einstein, além de relatar a perseguição sofrida pelo cientista devido à sua crença judaica. Com a ascensão de Hitler ao poder, em 1933, Einstein mudou-se para Princeton e com a iminência da Segunda Guerra Mundial ao final de 1930, a questão sociopolítica sobre o uso da energia nuclear para o desenvolvimento da bomba atômica veio à tona, como é mostrado a seguir:

> Einstein foi diretor do Instituto Kaiser Wilhelm de Física. Deu aulas na Universidade de Berlim. Na década de 1930, teve de emigrar para os EUA, devido à perseguição dos nazistas. Foi professor do Instituto de Estudos Avançados de Princeton. Adotou a cidadania americana e participou do Projeto Manhattan. Reconheceu o erro do uso da energia nuclear para fins militares após constatar o que ocorreu com as cidades de Hiroshima e Nagasaki, no Japão (KAZUHITO; FUKE, 2016, p. 245).

[5] Na equação acima *E* representa a *energia* do sistema físico, *m* representa sua *massa* e c é a *velocidade da luz no vácuo*.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 4, n. 2, maio/ago 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Ainda sobre a **categoria "c"**, o Livro 1 contém informações **PS** sobre os impactos causados pela Teoria da Relatividade no mundo, ao relatar que os trabalhos de Einstein foram, de antemão, rejeitados pela comunidade científica da época. A obra faz uma menção generalizada sobre os marcos teóricos, experimentais e tecnológicos que a *Teoria da Relatividade* proporcionou. Os Livros 3 e 5 não apresentam informações sobre essas questões de cunho social.

Para a **categoria "d"** (*aspectos epistemológicos da construção da ciência*), que relaciona o contexto em que a *Teoria da Relatividade*, foi desenvolvida com as questões internas da ciência, todas as obras atendem de modo **TS** essa categoria. O Livro 1 apresenta uma relação entre a História da Física e o caráter epistemológico do desenvolvimento científico, ao apontar as relações existentes entre as áreas da Mecânica Clássica, Eletromagnetismo e Termodinâmica; enquanto Livro 3 discorre sobre a contribuição de cientistas como Descartes, Galileu e Newton para o desenvolvimento da relatividade. Além disso, o Livro 2 relata os impactos causados na comunidade científica pelos trabalhos publicados por Einstein no início do século XX, conforme é transcrito a seguir:

> Em 1905, publicou três artigos extraordinários na *Annalen der Physik*, prestigiosa publicação científica alemã. O primeiro formula a hipótese dos *quanta* de luz e, como consequência, a explicação do efeito fotoelétrico. O segundo apresenta a teoria do movimento browniano – movimento aleatório de partículas sólidas num fluido. O terceiro expõe a teoria da relatividade [...] (GASPAR, 2016, p. 227).

No que concerne à **categoria "e"** (*proposta de atividades experimentais*), apenas duas obras compreendem esse item de maneira **TS**. Os Livros 2 e 4 apresentam duas atividades práticas, elaboradas com objetos utilizados em nosso cotidiano para observar alguns conceitos sobre a *Teoria da Relatividade*. Ainda sobre essa categoria, os Livros 1, 3 e 5 apresentam critérios **IS** para esse tipo de atividade, pois não contêm nenhum estudo dirigido ou orientações.

Em particular, o Livro 2 propõe a realização de um exercício elaborado a partir de materiais de baixo custo (papel sulfite ou cartolina, lápis, compasso e tesoura), para que o estudante identifique o fenômeno de curvatura da luz e, na sequência, são apresentadas algumas questões para que o aluno possa ter um maior entendimento sobre o fenômeno analisado, como é mostrado no fragmento a seguir:

> Esta atividade simula a explicação dada por Einstein para o desvio da trajetória da luz proveniente de uma estrela ao passar próximo ao Sol durante um eclipse total. Ela vai ajudá-lo a entender como a trajetória retilínea da luz num espaço euclidiano pode tornar-se curva em um espaço curvo (GASPAR, 2016, p. 256).

Na categoria **"f"** (*interdisciplinaridade*), verifica-se que apenas um livro atende às características incorporadas por essa categoria de modo **TS**. O Livro 5 integra o eixo temático Matéria e Energia da BNCC, ao apresentar uma relação entre a Biologia, a Física e a Química na seção "Para refletir" sobre os processos que dão origem à formação das estrelas e dos elementos químicos (hidrogênio, hélio, carbono, oxigênio, nitrogênio, silício, etc.) e às condições necessárias ao surgimento da vida. A seguir, é apresentado um fragmento dessa obra sobre a formação dos aglomerados estelares:

> Esses elementos são misturados às nuvens de gás interestelar, basicamente compostas de gás hidrogênio (H2). Quando densas o suficiente, as nuvens de

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 4, n. 2, maio/ago 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

> gás constituem os chamados "berçários de estrelas", onde novas estrelas são formadas. Em órbita ao redor das novas estrelas, provavelmente existem planetas também em formação, cujo material já contém os elementos necessários para a formação de seres vivos. E é por essa razão que os astrônomos dizem que os seres humanos foram feitos de "poeira estelar" (VÁLIO *et al.*, 2016, p. 253).

O Livro 1 discute de maneira **PS** os aspectos da interdisciplinaridade, visto que o material apresenta seções especiais sobre o enfoque CTS no que se refere à *Relatividade*, mas não entra em detalhes sobre a relação dessa teoria com outras ciências. A obra fornece panorama geral sobre a evolução do universo de acordo com a teoria do *Big Bang* e apresenta, de maneira sintética, o processo de formação dos elementos químicos através das fusões nucleares. Os Livros 2, 3 e 4 não contemplam essa categoria.

Quanto à **categoria "g"** (*estímulo ao prazer de conhecer*), os resultados do quadro apontam que três livros atendem aos elementos que a caracterizam de forma **TS**. O Livro 2 contém seções que possibilitam ao estudante conhecer, de maneira lúdica, alguns conceitos sobre a *Teoria da Relatividade*, ao apresentar pequenas tiras baseadas nas histórias em quadrinhos sobre a constância da velocidade da luz; enquanto o Livro 4 apresenta na seção especial "Física na História" uma síntese na forma de uma escala linear de tempo sobre os principais episódios históricos que marcaram a vida de Albert Einstein. Esses exemplares contêm textos ou seções especiais direcionados à essa finalidade, como se verifica a seguir:

> Essa foi uma das experiências de pensamento que convenceram Einstein de que a velocidade da luz deveria ter alguma característica muito especial. Embora na época em que essas questões o afligiam não houvesse nenhum princípio físico que "permitisse" ou "impedisse" uma pessoa de se ver no espelho na velocidade da luz, Einstein tinha a convicção de que essa era uma situação absurda. A natureza não a "permitiria". A luz não poderia ficar parada junto ao rosto da pessoa que voasse a tal velocidade ou ir para trás se ela acelerasse! E, de fato, não permite — é o que afirma o segundo postulado da teoria da relatividade restrita, formulada por Einstein (GASPAR, 2016, p. 229).

Ainda sobre essa categoria (*estímulo ao prazer de conhecer*), o Livro 3 a contempla de maneira **TS**, visto que ele apresenta discussões sobre as "Três contribuições importantes da relatividade geral", ao relacionar os conceitos dessa teoria à Astronomia e Astrofísica, áreas muito populares entre os estudantes e a população. Os Livros 1 e 5, por sua vez, atendem à categoria "g" de maneira **PS**. O Livro 1 adota uma abordagem quantitativa, com ênfase na descrição matemática para a discussão dos conceitos enquanto a obra número 5 contém pequenas seções intituladas de "Conceito em questão", em que os conceitos da Relatividade são descritos de forma simplificada, e, contudo, apresentam alguns erros conceituais sobre a relação massa-energia.

Sobre a **categoria "h"** (*apresentação da Física como cultura*), todos os exemplares a contemplam de forma **TS**. O Livro 1 aborda aspectos relevantes sobre as descobertas da *Teoria da Relatividade* e descreve sua formulação como uma forma de entendimento do mundo que nos cerca. O Livro 2, por sua vez, relata que tanto a arte quanto a ciência são tentativas humanas de interpretar o mundo, cada uma à sua maneira. O Livro 3 propõe uma atividade, apresentada sob a forma de um problema aberto sujeito à interpretação, em que o

estudante possa relacionar os conceitos da relatividade com as obras de Claude Monet e Jean Metzinger.

Ainda para a **categoria "h"**, o Livro 5 apresenta em uma seção especial denominada "Física tem história" relatos sobre a visita de Einstein ao Brasil em 1925 e sobre as palestras ministradas na Academia Brasileira de Ciências. Em particular, o Livro 4 traz alguns conceitos sobre a relatividade em uma letra composta por Caetano Veloso, que relaciona a percepção do senso comum com a percepção científica do tempo, como é mostrado no fragmento a seguir:

> Compositor de destinos
> Tambor de todos os ritmos
> Tempo, tempo, tempo, tempo
> Entro num acordo contigo
> Tempo, tempo, tempo, tempo ... [...]
> Peço-te o prazer legítimo
> E o movimento preciso
> Tempo, tempo, tempo, tempo
> Quando o tempo for propício
> Tempo, tempo, tempo, tempo …
> (VELOSO, 1979).

Referente a **categoria "i"** (*informações sobre a Teoria da Relatividade no Brasil*), dentre todas as obras analisadas, apenas duas a contemplam de maneira **TS**. Nesse contexto, as obras 1 e 5 contêm relatos aprofundados sobre a constatação experimental realizada no Brasil. Os Livros 2 e 3, por sua vez, abordam os aspectos dessa categoria de modo **PS**, tendo em vista que tais obras fazem uma breve menção ao local e a data em que as equipes de cientistas presenciaram o eclipse solar, sem adentrar em maiores detalhes.

O Livro 4 não atende à **categoria "i"**, pois não apresenta nenhum comentário sobre a verificação da curvatura da luz e o local sobre a realização das observações experimentais. Na sequência, é apresentado um trecho do Livro 5 sobre a descoberta que viria a confirmar a *Teoria da Relatividade Geral*, ocorrida na cidade de Sobral, no Ceará, em 1919 e sua divulgação em jornais mundiais:

> A comprovação da teoria geral da relatividade na cidade de Sobral, no Ceará, e na ilha de Príncipe, no golfo da Guiné, em 1919, fez mais pela fama de Albert Einstein do que todos os artigos revolucionários publicados entre 1905 e 1916. O resultado foi anunciado por pesquisadores ingleses em uma sessão solene da Academia de Ciências de Londres e noticiado como de grande importância para a ciência, primeiro no jornal The Times e depois pela imprensa de todo o mundo [...] (VÁLIO *et al.*, 2016, p. 267).

Quanto à **categoria "j"** (*orientações para o aprofundamento*), todas as obras discutem esse item de maneira **TS**. O Livro 1 faz uma breve menção sobre a obra de divulgação científica *ABC da Relatividade* de Bertrand Russel (2005), além de apresentar um pequeno trecho da mesma. O Livro 3 apresenta uma seção especial denominada "explorando o assunto" e faz uma descrição sobre uma das previsões da Relatividade Geral e apresenta informações atualizadas sobre a descoberta das ondas gravitacionais, conforme é transcrito a seguir:

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v. 4, n. 2, maio/ago 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

> Em 1916, após propor a teoria da relatividade geral, Einstein previu a possibilidade de que as ondas gravitacionais existissem. Como o espaço-tempo é modificado pela presença da massa, se houvesse uma mudança repentina de massa, haveria modificação que seria estendida para todo o Universo como uma onda (PIETROCOLA *et al.*, 2016, p. 199).

Ainda sobre a **categoria "j"**, o Livro 2 apresenta uma série de seções especiais que trazem à tona discussões interessantes sobre a *Teoria da Relatividade* e apresentam uma série de referências que podem ser estudadas para se aprofundar no tema. O Livro 4 contém uma seção intitulada "Para saber mais", em que sugere a leitura do livro "O tempo e o espaço do Tio Albert", cujo autor é Russell Stannard (2005). Essa seção apresenta uma síntese sobre a obra e contém um caráter lúdico.

O Livro 5, por sua vez, também indica a leitura de obras de divulgação científica, **Física:** Einstein para o ensino médio, cujo autor é Barreto (2009); e "O incrível mundo da física moderna", cujo autor é Gamow (1980).

5.2 ANÁLISE COMPARATIVA

Nesta seção será feita uma análise comparativa entre os dados obtidos durante a pesquisa com as informações e alguns de seus elementos, catalogadas no Guia Digital para o Livro Didático, disponibilizado no site do FNDE (BRASÍLIA, 2018). Optamos por realizar esse cruzamento de dados a fim de complementar a investigação e dar mais consistência à pesquisa.

Durante a análise comparativa, verificamos que grande parte das informações do Guia Digital destoam dos elementos desenvolvidos pelo Livro 1 sobre a *Teoria da Relatividade*, enquanto outras apresentam concordância. Com base no Guia, o livro-texto em questão apresenta possibilidades de articulação do conteúdo proposto com o cotidiano, além de sugerir a realização de atividades experimentais de baixo custo que integram a cultura escolar. Verifica-se que, de fato, elementos relacionados ao cotidiano e à História da Ciência são trabalhados de maneira satisfatória, conforme mostrado no Quadro 1. Por outro lado, o material atende de maneira parcial o critério de interdisciplinaridade, além de não conter nenhuma atividade de caráter experimental sobre o referido conteúdo.

Com relação ao Livro 2, é dito no Guia Digital que a obra contempla as aplicações no cotidiano, os aspectos relacionados à História da Ciência e que propõe atividades práticas. Além disso, constata-se no Guia que a obra discorre sobre a Física, enquanto construção humana e social, e relaciona esse elemento com a temática Ciência, Tecnologia e Sociedade e suas demais aplicações. De fato, durante a análise do livro-texto é possível notar que o foco da obra não é a interdisciplinaridade do referido conteúdo, tampouco seus elementos relacionados à organização didático-pedagógica. Em contrapartida, o material constrói, de maneira satisfatória, a História da Ciência, além de propor uma atividade experimental, ambas com foco no ensino de Relatividade. Tais fatos estão de acordo com o que é posto no Guia Digital do PNLD 2018-2020.

Na posterior análise, a partir das informações constantes no Guia Digital sobre o Livro 3, a obra enfoca os fatos históricos acerca da *Teoria da Relatividade*, além de contemplar a dimensão vivencial da temática, propor experimentos factíveis de serem realizados em sala de aula e apresentar orientações, guias e demais referências para o aprofundamento do conteúdo.

Nessa etapa, através do cruzamento de dados, identificamos que há um nível muito pequeno de concordância entre a análise realizada na pesquisa com as informações dispostas no Guia, visto que a obra prioriza outros elementos relacionados ao Ensino de Física.

A resenha do Livro 4 apresentada no site do FNDE relata a articulação entre a Física, a tecnologia e a História da Ciência. Diante disso, é possível inferir que a obra traz à tona elementos associados à interpretação dos fenômenos naturais e à interdisciplinaridade, fundamentadas nos elementos vivenciais e culturais do cotidiano. Por meio da interseção de informações, o único ponto apresentado no Guia que não condiz com os dados desta pesquisa diz respeito ao aspecto interdisciplinar da obra, visto que o material não discorre sobre a relação da Física com outra(s) ciência(s).

O Livro 5 foi a última obra investigada e, a partir da base catalogada no Guia Digital, a obra dá ênfase aos elementos relacionados à interdisciplinaridade, à História da Ciência e informações adicionais, com a finalidade de complementar o conteúdo. Durante a análise, fica claro que o livro-texto cumpre com os requisitos acima mencionados e as demais categorias de análise; em contrapartida, a referida obra deixa uma lacuna devido à carência da articulação do conteúdo com o cotidiano e à ausência de práticas experimentais.

5.3 ASPECTOS GERAIS E ESPECÍFICOS DO MATERIAL INVESTIGADO

Após a leitura e posterior análise dos Livros Didáticos, os quais foram objetos desta investigação, foi possível identificar algumas particularidades dessas obras durante a etapa 2 da pesquisa (*Exploração do material*). Dessa forma, destacam-se alguns elementos pertinentes sobre os aspectos gerais, no que se refere tanto à organização e disposição do próprio conteúdo dos livros didáticos quanto aos aspectos específicos atrelados à abordagem conferida aos conceitos e discussão dos mesmos.

Em primeiro plano, o volume 3 da coletânea *Física aula por aula*, cuja autoria é de Bonjorno *et al.* (2016), dispõe de uma organização bem comum para seus conteúdos, tal como vem sendo consolidada no contexto educacional ao longo das décadas (FNDE, 2018). Nesse ínterim, a abordagem adotada incorpora aspectos do Eletromagnetismo Clássico, bem como os aspectos matemáticos e conceituais da teoria. Há um destaque para a resolução de alguns exercícios propostos ao estudante, sendo necessário que este tenha um bom conhecimento do que foi tratado ao longo do capítulo.

De forma semelhante, o livro-texto *Compreendendo a Física*, de Gaspar (2016), também apresenta uma organização tradicional acerca das temáticas voltadas ao ensino médio e enfatiza o caráter matemático e conceitual dos conteúdos constantes na referida obra. A TR, em particular, é tratada na unidade 4, mais especificamente no capítulo 12, em que o autor apresenta conceitos como massa, energia e momento linear no âmbito da relatividade, bem como a dilatação temporal e a contração espacial, que trazem à tona um diálogo sobre os elementos fundamentais da teoria, conforme discutido por Ostermann e Ricci (2004). Cabe ressaltar que, além da ênfase ao conteúdo, o autor dedica uma parte considerável do capítulo à resolução de exercícios que buscam explorar os conceitos abordados.

O volume 3 da coletânea *Física para o Ensino Médio*, cujos autores são Kazuhito e Fuke (2016), contempla de forma usual os conteúdos da educação básica, ao realizar uma discussão dos conceitos e leis físicas, além de expressar um rigor no desenvolvimento das expressões

matemáticas. A obra trata sobre a TR no capítulo 17 e possui uma organização similar à adotada por Bonjorno *et al.* (2016) e Gaspar (2016). Ao final do referido capítulo há uma seção intitulada "Exercícios propostos", com ênfase na resolução de problemas com caráter quantitativo e algumas questões que exploram os conceitos que estão no cerne da teoria.

O terceiro volume da coleção *Física em Contextos*, cujos autores são Pietrocola *et al.* (2016), organiza os conteúdos de maneira distinta da maioria dos manuais didáticos do mesmo gênero. O cerne da obra é a concepção freireana para a aprendizagem, cuja base são os 3 Momentos Pedagógicos. Tal característica permite uma valorização das temáticas abordadas, bem como uma exploração pertinente sobre os conceitos fundamentais da Física relevantes para o seu desenvolvimento (FNDE, 2018). No capítulo 8, introduz-se uma discussão acerca da natureza da luz, em que os autores relatam as concepções de Newton, Huygens, Snell e Descartes sobre o fenômeno. Na sequência, discutem-se as ideias concebidas por Michelson e Morley ao final do século XIX, a fim de identificar a possível existência do éter luminífero como meio de propagação da luz. Após toda essa discussão, é que os conceitos da TR são apresentados no decorrer do capítulo.

A partir da análise realizada, percebe-se que a obra **Física:** Ser Protagonista, cujos autores são Válio *et al.* (2016) também possui uma organização distinta dos outros livros didáticos para o conteúdo de FMC, ao apresentar ao longo de todo o capítulo 9 tópicos de Astronomia e Astrofísica, TR e Física de Partículas. Nessa parte do livro-texto, os tópicos citados anteriormente estão dispostos de forma intercalada, sendo possível perceber que os autores apresentam várias relações entre esses conteúdos que estão condizentes com as diretrizes normativas dos PCN+ e da BNCC, e que podem ser exploradas pelo professor em sala de aula sob diferentes perspectivas, seja para relacionar os conceitos da TR com os modelos cosmológicos mais aceitos dentre a comunidade científica ou até mesmo para compreender a evolução das suas ideias em um contexto sociocultural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pudemos observar ao longo deste trabalho, o Livro Didático constitui-se como uma boa ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem em Física, inclusive para o ensino da temática *Teoria da Relatividade*, desde que seja utilizado de maneira adequada. Em contrapartida, a maioria das obras analisadas apresenta algumas fragilidades, visto que elas não contemplam alguns aspectos contidos nas diretrizes normativas dos PCN, OCN e BNCC, que na prática apresentam-se de maneira limitada e superficial nos livros-texto analisados.

Acreditamos que os dados e informações apresentados nesta pesquisa podem contribuir para o Ensino de Física, visando auxiliar os educadores a identificar as potencialidades de cada obra. Dessa forma, a investigação pode ser ampliada, mediante a análise de outros capítulos dos livros, que incluem tópicos que se enquadram no contexto da *Física Moderna e Contemporânea*; bem como a discussão sobre o currículo de Física e sua tradução operacional no espaço escolar.

Não obstante, apesar da qualidade dos Livros Didáticos, é estritamente necessária a inserção de materiais alternativos em sala de aula, como os livros de divulgação científica e a realização de práticas experimentais. Dessa forma, busca-se incorporar aspectos relacionados às dimensões pragmáticas, filosóficas e culturais do conhecimento para o contexto

educacional. Apesar da redução da carga horária de Física para o novo Ensino Médio, verifica-se que a confecção de produtos educacionais e materiais afins, bem como a implementação de estratégias metodológicas, têm crescido devido ao desenvolvimento das pesquisas em Ensino de Física realizadas no âmbito do MNPEF e constituem um elemento essencial para o contexto escolar.

Com base nas argumentações deste trabalho, é notório que há uma acentuada preferência dos conteúdos da *Física Clássica* em detrimento da *Física Moderna e Contemporânea*. Apesar de todas as dificuldades, esse quadro tem apresentado uma ínfima mudança em relação a períodos anteriores devido à implementação da BNCC, dos PCN e do Documento Curricular Referencial da Bahia – DCRB – (BAHIA, 2019), que apresentam uma grande influência acerca da forma e do conteúdo presente nos Livros Didáticos e seu uso em sala de aula.

Nesse sentido, para que se tenha uma melhor compreensão desse instrumento enquanto objeto de estudo, bem como uma análise dos seus diferentes aspectos e dimensões (social, política, econômica, pedagógica, etc.), as pesquisas sobre o Livro didático são extremamente relevantes. Dessa forma, percebe-se que há uma crescente nas investigações sobre o livro didático (ARTUSO *et al.*, 2019), com vistas a estabelecer diálogos sobre sua abrangência e o uso adequado desse material em simpósios e encontros, bem como artigos publicados em revistas, anais e periódicos acerca das pesquisas em Ensino de Física e sobre o uso adequado do Livro Didático.

Portanto, com base nos dados obtidos através da pesquisa, o Livro 2, cujo autor é Gaspar (2016), é o mais indicado para abordar a Teoria da Relatividade no Ensino Médio, tendo em vista que o material contempla de maneira totalmente satisfatória sete dentre as dez categorias de análise utilizadas nesta investigação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. B. de. A evolução do ensino de Física no Brasil. **Revista de Ensino de Física**, v. 1, n. 2, p. 45-58, 1979.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, p. 179-195, 2004.

ANGOTTI, J. A. P.; BASTOS; F. da P.; MION, A. R. EDUCAÇÃO EM FÍSICA: DISCUTINDO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE. **Ciência & Educação**, v.7, n. 2, p.183-197, 2001.

ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 1, p. 32-47, 1996.

ARTUSO, A. R.; *et al*. Livro didático de física – quais características os estudantes mais valorizam?. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, p. 1-16, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0292>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2015.

BARRETO, M. **Física:** Einstein para o ensino médio. 1. ed. Campinas: Papirus, 2009.

BERTRAND, R. **ABC da relatividade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2005.

BONJORNO, J. R. *et al*. **Física:** Eletromagnetismo e Física Moderna. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Economia do Brasil. **A Construção dos Livros Didáticos do PNLD:** Módulo 1 – A história dos Livros Didáticos. Brasília: Enap, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Diário Oficial da União. **Portaria n° 366, de 31 de janeiro de 2006**. Brasília, 2006.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Ensino Médio. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais+ (PCN+)**. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília: Biblioteca do STJ, 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>. Acesso em: 03 set. 2022.

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio**. Brasília: MEC, 2006.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/GNrkGpgQnmdcxwKQ4VDTgNQ/?lang=pt>. Acesso em: 19 mai. 2022.

D'AQUINO ROSA, M.; ARTUSO, A. R. O Uso do Livro Didático de Ciências de 6º a 9º Ano: Um Estudo com Professores Brasileiros. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 19, p. 709–746, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/14546>. Acesso em: 14 nov. 2021.

DARROZ, L. M.; SILVA, C. T. W. de; SILVA, J. C. de. Análise da Abordagem de Física Nuclear nos Livros Didáticos de Física. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 3, p. 56-72. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4387/2601>. Acesso em: 14 nov. 2021.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. Metodologia do ensino de ciências. São Paulo: Cortez, 2000.

Guia Digital do PNLD - Plano Nacional do Livro Didático. **Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação**. Brasília, DF: Guia Digital do PNLD, 2018. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/pnld-2018/>. Acesso em: 03 set. 2022.

GAMOW, G. **O Incrível Mundo da Física Moderna**. 3. ed. São Paulo: IBRASA, 2004.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: Tipos Fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/ZX4cTGrqYfVhr7LvVyDBgdb/?lang=pt>. Acesso em: 26 out. 2021.

HOSOUME, Y.; MARTINS, M. I. O Ensino de Física à luz dos livros didáticos (Da Reforma Capanema à Lei 5692/1971). Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 44, p. 1-16, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/kTqPSVgbqYXBm4d3FQbq6cB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 set. 2022.

KAZUHITO, Y.; FUKE, L. F. **Física para o Ensino Médio**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

KUHN, T.S. A Estrutura das Revoluções Científicas. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física Quântica no Ensino Médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 435-459, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n2p435/34624>. Acesso em: 03 set. 2022.

MARTINS, L. A-C. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Bg8wgfnLgqvKB3tyBKXShCd/?lang=pt#>. Acesso em: 28 out. 2021.

MARTINS, A. F. P. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO: HÁ MUITAS PEDRAS NESSE CAMINHO. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>. Acesso em: 02 nov. 2021.

MARTINS, R. de A. Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências. Subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006, p. 3-21.
MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>. Acesso em: 03 nov. 2021.

MORAES, J. U. P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 9., n. 2,

p. 1-5, 2015. Disponível em: <http://lajpe.org/jun15/08_972_Santos.pdf>. Acesso em: 04 set. 2022.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Área de Pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390. Acesso em: 08 dez. 2021.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade Restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em Livros Didáticos de Física. **Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85027/000340703.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 set. 2022.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade Restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 83-102, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6440>. Acesso em: 05 nov. 2021.

PEREIRA, O. da S. **Raios cósmicos:** introduzindo física moderna no 2° grau. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1997.

PIETROCOLA, M. *et al*. **Física em Contextos**. 1. ed. Salvador: Editora do Brasil, 2016.

POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações**. Brasília: editora UnB, 1982.

SAMPIERI, H.; COLLADO, F.; LUCIO, Ba. **Metodologia de Pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.

Secretaria da Educação do Estado da Bahia. **Documento Curricular Referencial da Bahia** para o Ensino Médio Regular e Educação Integral. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2019.

SOUZA, A. M. de; GERMANO, A. S. M. Análise de livros didáticos de Física quanto a suas abordagens para o conteúdo de Física Nuclear. *In:* **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 18., 2009. Anais do … Vitória: : Sociedade Brasileira de Ensino de Física, 2009, p. 1-10. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0872-2.pdf> . Acesso em: 15 nov. 2021.

STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, 1990.

STANNARD, R. **O tempo e o espaço do tio Albert**. 1. ed. São Paulo: Cia das Letras, 2005.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2° grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TORRE, A. C. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educación en Ciencias**, v. 2, n. 4, p. 70-71, 1998.

VÁLIO, A. B. M. *et al*. **Física:** Ser Protagonista. 3. ed. São Paulo: SM, 2016.

VOGT, C.; CERQUEIRA, N.; KANASHIRO, M. Divulgação e cultura científica. **ComCiência**, n. 100, 2008. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542008000300001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 nov. 2021.

ZANETIC, João. **Física também é Cultura**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1989.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Cienc. Cult.**, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252005000300014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 nov. 2021.

Recebido em: *31 de maio 2022*

Aceito em: *13 de setembro 2022*