

# Uma revisão de literatura sobre a inserção de tópicos de relatividade no ensino básico: um estudo envolvendo publicações especializadas em língua portuguesa, inglesa e espanhola

10.35819/scientiatec.v10i1.5578

José Felipe Guedes Feitosa<sup>1</sup>  
José Eduardo Melo dos Santos<sup>2</sup>  
Antônio Nunes de Oliveira Vieira<sup>3</sup>

**Resumo:** As observações do eclipse solar de 1919 possibilitaram a primeira comprovação experimental do desvio da luz pela gravidade, fato predito pela teoria da relatividade geral. Com essa comprovação, notícias em jornais de todo o mundo fizeram de Albert Einstein (1879-1955) uma celebridade internacional. Apesar do impacto histórico e tecnológico das teorias da relatividade, bem como da curiosidade e da consequente vontade dos alunos de compreender os fascinantes e intrigantes fenômenos a elas relacionados, o ensino de tópicos de relatividade ainda não faz parte do currículo de física de grande parte dos países do mundo. Neste trabalho é apresentada uma revisão de literatura envolvendo estudos publicados no Brasil e no mundo, com foco na área de ensino de física moderna e contemporânea e com recorte temporal entre os anos de 2010 e 2020. De forma abrangente, a pesquisa constatou que os periódicos analisados apresentam uma vasta quantidade de obras a respeito de física moderna e contemporânea, porém percebeu-se que, pelo volume escasso de trabalhos desenvolvidos a respeito do ensino de relatividade, a aplicação desses conteúdos no ensino básico encontra-se longe de sua concretização.

**Palavras-chave:** Relatividade; ensino; física moderna.

**Abstract:** The observations of the solar eclipse of 1919 allowed the first experimental proof of the deviation of light by gravity, a fact predicted by the theory of general relativity. With this proof, news in newspapers around the world made Albert Einstein (1879-1955) an international celebrity. Despite the historical and technological impact of relativity theories, as well as the curiosity and consequent willingness of students to understand the fascinating and intriguing phenomena related to them, the teaching of relativity topics is not yet part of the physics curriculum of most countries in the world. This paper presents a literature review involving studies published in Brazil and worldwide, focusing on the area of modern and contemporary physics teaching within the time frame between the years 2010 and 2020. In a comprehensive way, the research found that the journals analyzed present a vast amount of works about modern and contemporary physics, however, due to the scarce volume of research carried out regarding the teaching of relativity, the application of these contents in basic education seems far from its realization.

**Keywords:** Relativity; teaching; modern physics.

---

<sup>1</sup> Estudante do IFCE, E-mail: jose.felipe.guedes07@aluno.ifce.edu.br

<sup>2</sup> Estudante do IFCE, E-mail: jose.eduardo.melo07@aluno.ifce.edu.br

<sup>3</sup> Professor do IFCE, E-mail: nunes.vieira@ifce.edu.br

## INTRODUÇÃO

Na última década, as teorias da relatividade (relatividade restrita e relatividade geral) ganharam ainda mais destaque no cenário acadêmico, o que foi em parte motivado pelos inúmeros trabalhos de pesquisa na área de ensino de física, no cenário nacional e também internacional, os quais vêm apontando, entre outras coisas, para a necessidade de inserção de tópicos de relatividade nos currículos do ensino básico (EB). Algumas destas pesquisas, a exemplo de Kaur *et al.* (2017a), Kersting (2019) e Barbosa, Aquino e Calheiro (2020), indicam a necessidade de inserção de conteúdos das teorias da relatividade nos currículos da educação básica e mostram sua viabilidade já nos anos finais do ensino fundamental II, isto é, 8º e 9º anos.

Em setembro de 2015, foram detectadas pela primeira vez na história as denominadas ondas gravitacionais, uma das previsões da teoria da relatividade geral (TRG) até então abertas a comprovações experimentais pela comunidade científica. Mais recentemente, em abril de 2019, foi registrada a primeira imagem de um buraco negro, revelando mais uma vez o poder preditivo da TRG. As equações de Einstein previam que um corpo de densidade extremamente alta, chamado buraco negro, poderia se esconder atrás de seu horizonte de eventos, e nem mesmo a luz seria capaz de escapar de tal região, o que justifica o nome dado a tal objeto. Segundo Arriasecq e Greca (2018), essas comprovações experimentais têm o poder de despertar o fascínio e envolver os alunos nas aulas de física.

Assuntos ligados às teorias da relatividade (TR) estão cada vez mais presentes em noticiários e revistas e, conseqüentemente, têm ganhado cada vez mais espaço nos diálogos entre cientistas e cidadãos comuns. De fato, está cada vez mais clara a urgência da atualização curricular referente aos conteúdos de física no EB, de forma a incluir tópicos de física moderna e contemporânea (FMC), em especial os de relatividade. “Em vários países desenvolvidos, já foi superada a etapa de levantamento de justificativas para a inserção de FMC e seus sistemas escolares contemplam nos currículos, quase sem exceção, o tratamento de tópicos modernos” (OSTERMANN; RICCI, 2002, p. 177).

No cenário internacional, o interesse pela introdução de temas de FMC no EB vem crescendo (KAMPHORST *et al.*, 2019); “físicos e educadores científicos defendem a introdução da TRG nas escolas por causa de sua importância científica, filosófica e cultural de longo alcance” (KERSTING *et al.*, 2018, p. 010130-1). Além

disso, Pinheiro e Silva (2007) destacam que a TRG reúne conteúdos que despertam o interesse dos jovens, e que podem inclusive ser fonte de inspiração para levá-los à carreira científica.

Neste contexto, a discussão sobre as possibilidades de abordagens das TR no EB tem ganhado importância, tornando-se relevante averiguar o estado da arte das pesquisas que intentam propor discussões, estratégias e metodologias para levar tópicos de relatividade às salas de aulas do EB. Surgem então as seguintes questões de pesquisa: i) quais os principais estudos relacionados ao ensino de relatividade (ER) no EB, no âmbito nacional e internacional; ii) que tópicos são sugeridos e quais as principais metodologias propostas; iii) quais as principais constatações sobre a presença das TR nos livros didáticos.

Tendo em vista as questões supracitadas, o presente trabalho de pesquisa traz uma revisão bibliográfica de estudos publicados nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola, buscando responder às indagações feitas e contribuir com pesquisas posteriores, indicando prováveis caminhos para abordagens concretas e sugestões de novas investigações.

## **METODOLOGIA**

O trabalho em questão consiste em uma revisão de literatura, concretizada mediante uma pesquisa bibliográfica. Esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, jornais, revistas, dissertações, teses e anais de eventos científicos. Contudo, diante da disseminação de novos formatos de divulgação, surgem outras fontes para este tipo de pesquisa, como discos, fitas magnéticas, CDs, assim como o material disponibilizado na internet (GIL, 2017).

No âmbito da pesquisa bibliográfica, buscou-se verificar o perfil dos estudos desenvolvidos no âmbito do ensino de física que tratam do ensino de relatividade com foco na educação básica. A investigação contemplou textos da literatura nacional e internacional e buscou verificar quais tópicos aparecem com maior frequência e quais as metodologias propostas. Neste contexto, a pesquisa classifica-se como um estudo exploratório, que, segundo Botelho e Cruz (2013, p. 59), “tem como principais finalidades desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias objetivando a elaboração de problemas mais exatos para pesquisas posteriores [...]”.

Para compor um eixo de referência inicial, foram consultadas as bases de dados da Scielo, do Google Acadêmico e da CAPES, nas quais foi feito uso das seguintes palavras-chave e suas associações: relatividade; relatividade especial; relatividade geral; ensino de relatividade; ensino de física moderna e contemporânea. A busca foi feita em três línguas: português, inglês e espanhol, com a intenção de verificar o estado da arte das pesquisas sobre o ER e descrever possíveis lacunas ou potencialidades.

Realizada a busca inicial por trabalhos com o perfil desejado, partiu-se para uma pesquisa mais direcionada. Para tal fim, foram selecionados quatro periódicos em cada uma das línguas consultadas, levando-se em consideração a quantidade de publicações sobre o tema, sua relevância e o acesso público aos periódicos, os quais são expostos no Quadro 1, a seguir.

**Quadro 1:** Periódicos consultados

PERIÓDICOS EM PORTUGUÊS	PERIÓDICOS EM ESPANHOL	PERIÓDICOS EM INGLÊS
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revista Brasileira de Ensino de Física (A1-Brasil);</li> <li>▪ Caderno Brasileiro de Ensino de Física (A1-Brasil);</li> <li>▪ A Física na Escola (A3-Brasil);</li> <li>▪ Conexões – Ciência e Tecnologia (A2-Brasil).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias (A3-Colômbia);</li> <li>▪ Revista Mexicana de Física E (B2-México);</li> <li>▪ Revista de Enseñanza de la Física (A3-Argentina);</li> <li>▪ Enseñanza de las Ciencias (A1-Espanha).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ International Journal of Physics and Chemistry Education (Estados Unidos);</li> <li>▪ Physical Review Physics Education Research (Estados Unidos);</li> <li>▪ Physics Education – IAPT (Índia);</li> <li>▪ European Journal of Physics Education (Turquia).</li> </ul>

**Fonte:** Os autores, 2021.

No Quadro 1, os periódicos de língua inglesa não possuem Qualis associados, pois eles têm métricas diferentes para avaliação de qualidade.

A partir da amostra de periódicos elencados no Quadro 1, buscou-se categorizar os trabalhos neles publicados no período de 2010 a 2020, classificando-os de acordo com os seguintes temas: ensino de relatividade (ER), outras abordagens

das teorias da relatividade (TR) e demais temas sobre física moderna e contemporânea (FMC).

Seguindo esses procedimentos de pesquisa, foi realizada a análise dos trabalhos levantados, procurando-se elencar as justificativas trazidas pelos autores para a inserção das TR no EB e levantar propostas de ensino e possíveis metodologias capazes de favorecer a inclusão e implementações em sala de aula. Ademais, buscamos verificar a presença de conteúdo das TR nos livros didáticos do EB, cuja importância reside no fato de constituírem o material base dos professores e, portanto, acabarem influenciando – e até mesmo ditando – o currículo escolar (GATTI, 1997).

## **REVISÃO DE LITERATURA**

Diante da importância da presença de tópicos das TR no EB, as quais favorecem uma formação sólida e consistente com a realidade global, esta seção é destinada a uma revisão bibliográfica cujo recorte são as pesquisas direcionadas ao ensino de relatividade. Neste viés, abordam-se as justificativas para a inserção das TR no EB, as metodologias propostas para o ensino, e a atenção dada ao tema nos livros didáticos, bem como os tópicos recorrentes na maioria dos trabalhos encontrados durante a pesquisa.

Conforme Ostermann e Ricci (2002), Reis e Reis (2016), Arriasecq, Cayul e Greca (2017) e Neto, Siqueira e Vieira (2019), as teorias físicas desenvolvidas a partir do final do século XIX têm tido uma presença bastante tímida no currículo escolar da educação básica brasileira, o que se contrapõe à constatação de sua crescente importância no meio científico, bem como à sua viabilidade de inserção, conforme apontam Moore (2006), Pinheiro e Silva (2007), Oliveira, Sampaio e Siqueira (2019) e Silva e Errobidart (2019).

### **Justificativas para inserção de tópicos de teorias da relatividade no EB**

No EB brasileiro e de alguns outros países, os conteúdos científicos estudados são majoritariamente aqueles desenvolvidos até o século XIX (OSTERMANN; RICCI, 2002), deixando-se de lado temas atuais como os relacionados às TR. Para Pinheiro e Silva (2007, p. 9), abordar conteúdos de FMC “[...] ajuda na percepção dos alunos

de que a ciência tem um caráter renovador, não imutável, como muitas vezes é a concepção aceita por estes”.

Segundo Ostermann e Ricci (2002), Pinheiro e Silva (2007) e Arriasecq, Cayul e Greca (2017), as TR são de grande importância para a ciência atual, e parte dos conteúdos a elas relacionados, além de ser passível de compreensão pelos alunos do EB, gera curiosidade e fascinação, que se convertem em incentivo para a aprendizagem de física, e, por muitas vezes, ocasionam interesse do jovem pela carreira científica.

Pesquisas como a de Reis e Reis (2016) são recorrentes ao destacarem que, nas escolas de EB, os conteúdos que compõem a grade curricular de física abordam apenas descobertas científicas feitas até o século XIX, desprezando assim conhecimentos que foram desenvolvidos a partir do século XX, como as TR de Albert Einstein. Nesse sentido, Pinheiro e Silva (2007) destacam que a omissão da abordagem de conteúdos relacionados às teorias científicas modernas durante a formação dos estudantes da educação básica pode gerar um atraso científico para o país, além de acarretar desmotivação para os alunos com relação ao ingresso em uma carreira acadêmica no campo das ciências, pois são justamente as teorias modernas aquelas que mais fascinam os jovens.

No contexto da inserção de tópicos de FMC no EB, pesquisas como as de Otero, Arlego e Prodanoff (2015) e Castiblanco e Otero (2016) apontam para a necessidade de reformulação da grade curricular, aplicando inovações e melhorias no ensino praticado. Quando se fala em melhorias de ensino e inovação curricular, a inserção de tópicos de FMC no EB é apontada por pesquisadores da área de ensino de física, a exemplo de Neto, Siqueira e Vieira (2019), como sendo de grande importância para a formação científica cidadã, uma vez que possibilita aos estudantes compreender fenômenos reais, além de grande parte da tecnologia moderna, como o funcionamento do sistema de posicionamento global (GPS), e opinar sobre assuntos científicos que estão em destaque na mídia, como a detecção de ondas gravitacionais, a primeira imagem de um buraco negro etc.

No que tange à importância da relatividade, Moore (2006, p. 1) destaca que nas últimas décadas ela passou “[...] de um assunto comparativamente inativo e principalmente teórico para um tópico de suporte a programas de pesquisa experimental e computacional animados”. Esses avanços impõem a necessidade de compreensão de fenômenos físicos não perceptíveis a observadores que vivem em

baixas velocidades, ao mesmo tempo em que trazem a esperança de que um dia os assuntos de FMC sejam incluídos nos currículos do EB, possibilitando aos estudantes de nível básico a compreensão física da natureza que tanto é desejada por eles.

Fenômenos relativísticos como a dilatação dos intervalos de tempo e a contração de comprimentos são abordados, por exemplo, em desenhos animados de acesso a crianças (JARDIM; OTOYA; OLIVEIRA, 2015), as quais desde cedo já anseiam por explicações e compreensão. Além disso, famosas produções cinematográficas abordam estes e outros conceitos decorrentes da TR (BARBOSA; AQUINO; CALHEIRO, 2020), como é o caso do filme *Interestelar*, produzido pela Warner Bros, e da famosa série alemã *Dark*, exibida pela plataforma de *streaming* Netflix.

Diante do que foi exposto anteriormente, há um indicativo de urgência da inserção de tópicos elementares das TR no EB, o que é apontado em consenso geral pelos autores cujas publicações foram citadas ao longo de toda esta seção, nas três línguas consultadas. Algumas destas publicações, além de alegarem necessidade de inserção, apresentam propostas metodológicas e sequências didáticas que viabilizam um primeiro contato, ou até mesmo uma formação continuada, dos estudantes de nível básico com as TR. As propostas metodológicas presentes nessas pesquisas são assunto da seção a seguir.

### **Propostas metodológicas para o ensino de relatividade no EB**

Existem diversas propostas metodológicas indicadas na literatura com vista ao ER, sendo que nos trabalhos consultados a maioria das propostas advém de países europeus e da Austrália, com destaque para os trabalhos relacionados aos projetos ReleQuant (HENRIKSEN *et al.*, 2014) e Einstein-First (KAUR *et al.*, 2017b). Estes são colocados em relevo por seu alcance e pela riqueza de detalhes com que apresentam os conteúdos de relatividade.

O projeto ReleQuant desenvolve ambientes virtuais para o ER e de FMC no geral. Tal projeto é desenvolvido na Noruega, colaborando para o ensino da disciplina de física no último ano do ensino médio (KERSTING *et al.*, 2018). Por sua vez, o programa Einstein-First, na Austrália, visa introduzir conceitos da física einsteiniana no ensino médio através de analogias, modelos e experimentos acerca do conteúdo (KAUR *et al.*, 2017b).

Considerando os trabalhos no contexto do Brasil, cabe destacar o desenvolvido por Rodrigues, Sauerwein e Sauerwein (2014), que abordam o ER no EB a partir do estudo e da aplicação do GPS. Para tal metodologia, foi elaborado um planejamento didático composto de treze aulas, as quais tinham por objetivo possibilitar o ensino de conteúdos tradicionalmente não trabalhados nesse nível de ensino, visando aproximar os alunos de situações do cotidiano relacionadas à tecnologia.

Oliveira e Gomes (2016) buscaram inovar na maneira de apresentar física para os alunos do ensino médio, criando um teatro científico na cidade de Brejo Santo, no Ceará, como uma ferramenta de potencial didático-pedagógico no processo de ensino e aprendizagem. A dinâmica do teatro é mostrar a história da física, principalmente de grandes cientistas do século XX, como Albert Einstein, desvendando a relatividade e fazendo com que os alunos percebam a grandiosidade da teoria da relatividade restrita (TRR).

Com relação aos textos em espanhol, Arriasecq, Greca e Cayul (2017) apontam quais tópicos devem compor o conteúdo de TRR apresentado no ensino secundário, propondo ainda a articulação de aspectos epistemológicos, psicológicos e didáticos. Com isso, visam a elaboração de instruções destinadas à aplicação por professores em sala de aula. Em outro trabalho, Cayul *et al.* (2019) expõem uma sequência didática para a abordagem do conceito de ondas gravitacionais, em que um dos objetivos era expor aos alunos uma noção de gravidade diferente da visão newtoniana.

Otero, Arlego e Muñoz Guzmán (2019) propuseram-se a evidenciar, aos alunos de um colégio público da cidade de Medellín, na Colômbia, as consequências do uso e do não uso da soma clássica de velocidades para a aplicação conjunta do primeiro e do segundo postulados relativistas, que tratam, respectivamente, da validade das leis da Física em todos os referenciais inerciais, e, do fato que a medida da velocidade da luz no vácuo é a mesma em todos os referenciais inerciais, independentemente do movimento do observador ou da fonte (OLIVEIRA; SIQUEIRA, 2020). Após a prática, e em seguida à resolução de alguns problemas, o estudo constatou que os alunos obtiveram bons resultados de aprendizagem. Ao final, os autores afirmam que abordagens deste tipo “contribuem para a compreensão da relatividade da simultaneidade e permitem questionar a natureza absoluta do tempo nos primeiros anos do ensino secundário inferior” (OTERO; ARLEGO; MUÑOZ GUZMÁN, 2019, p.

319), nível escolar correspondente aos dois anos finais do ensino fundamental brasileiro.

### **Atenção dada aos conteúdos de relatividade nos livros didáticos do EB**

Mesmo diante dos argumentos destacados no decorrer do trabalho sobre a importância do ensino da FMC para alunos do EB, os sistemas de ensino não têm contemplado em seus currículos alguns desses conteúdos, em especial os de relatividade. Cabe destacar ainda que os autores de livros didáticos não trazem com frequência tais conteúdos em suas abordagens e, segundo Arriasecq, Greca e Cayul (2017), o currículo escolar é influenciado pelo conteúdo contemplado nos livros didáticos, uma vez que alunos e professores passam a utilizar o livro como um recurso fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

Ostermann (2000) aponta a carência dos currículos de física nas escolas do Brasil, os quais se limitam basicamente a cinemática, eletricidade e leis de Newton, ressaltando que toda a física desenvolvida após meados do século XIX é deixada de lado. Apesar de vários países já contemplarem a FMC em seus currículos, e de existirem materiais didático-pedagógicos para auxiliar os professores, alguns deles oriundos de pesquisas como as desenvolvidas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no Brasil ainda não se fala em reformular o currículo de física no EB (OSTERMANN, 2000).

Em um estudo sobre a contração de Lorentz-Fitzgerald, Ostermann e Ricci (2002), analisando livros didáticos do ensino médio editados a partir de 1996, constataram que a física moderna não é abordada como deveria, sendo notórias as imprecisões e omissões. Este cenário, segundo o estudo de Pinheiro e Silva (2007), pode induzir as pessoas a concepções alternativas em desacordo com o conhecimento científico.

Kersting *et al.* (2018) realizaram uma pesquisa em que uma das etapas consistia em analisar como o conteúdo da TRG é apresentado em dois livros que estão no mercado na Noruega e um livro de física do segundo grau da Áustria. O estudo pretendia obter uma visão do quão vagas eram as metas curriculares no ensino de física. O que foi percebido é que a atenção dada à TRG nesses países é semelhante, diferindo apenas no grau de detalhes fornecidos.

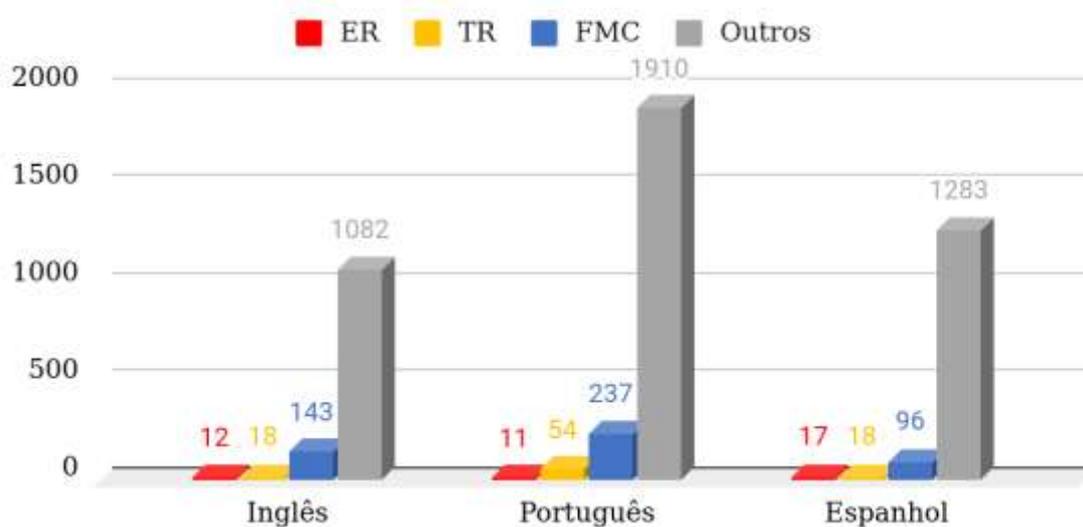
Em uma análise das abordagens do conceito de massa relativística em 14 livros didáticos de física aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em

2015, Jardim, Otoy e Oliveira (2015) perceberam que representações como as de energia-massa não estavam descritas adequadamente, pois apresentavam omissões e imprecisões, uma vez que pareciam mostrar que a energia mecânica de uma partícula livre se reduz à energia de repouso, nesse caso desconsiderando a energia cinética.

## DISCUSSÃO

Considerando o material publicado nos periódicos que compõem o Quadro 1, durante o período de 2010 a 2020, tornou-se possível fazer a categorização de trabalhos, apresentada em forma de gráfico na Figura 1. A divisão foi feita a partir das categorias já citadas na metodologia deste trabalho: ensino de relatividade (ER), outras abordagens das teorias da relatividade (TR) e demais temas sobre física moderna e contemporânea (FMC).

**Figura 1:** Quantidade de trabalhos por categoria e por língua do periódico de publicação



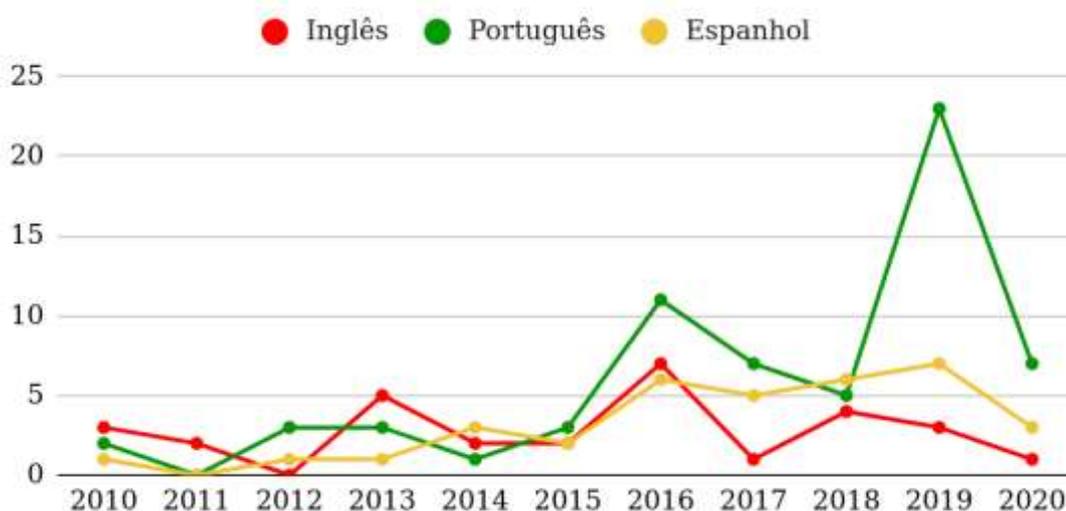
**Fonte:** Os autores, 2021.

Na Figura 1, a categoria 'Outros' foi utilizada para caracterizar todos os trabalhos que fogem ao interesse da pesquisa, mas que se encontram dentro do recorte temporal selecionado para análise.

Evidenciada a quantidade de trabalhos por categoria, percebemos uma tímida presença de textos que tratam do ER. Outra consideração a ser feita é que, embora os periódicos em língua portuguesa tenham a maior quantidade de trabalhos publicados dentre as línguas pesquisadas, neles quantifica-se o menor número de textos de interesse para esta pesquisa. Por outro lado, é em português que se encontra a maior parte dos trabalhos da categoria “outras abordagens das teorias da relatividade” (TR). Apesar de não tratarem diretamente do ER, os trabalhos dessa categoria servem como material didático base para aulas, e ainda como material de estudo para os alunos. Assim, mesmo que indiretamente, contribuem para o ensino da física einsteiniana, além de divulgarem o conhecimento obtido pelos estudos na área.

A Figura 2, a seguir, mostra uma linha temporal das publicações envolvendo assuntos relacionados às teorias da relatividade geral e restrita entre 2010 e 2020.

**Figura 2:** Quantidade de trabalhos das categorias ER e TR dispostas por ano



**Fonte:** Os autores, 2021.

Na Figura 2, observamos um pico de publicações de trabalhos em português no ano de 2019, quando foi comemorado o centenário do eclipse que comprovou a teoria da relatividade geral de Albert Einstein. Tal eclipse pôde ser observado a partir da cidade de Sobral, no Ceará, a qual ficou historicamente marcada pela primeira comprovação de uma das mais famosas teorias científicas. A comemoração do

centenário desse marco histórico tornou-se inspiração para diversos autores, o que justifica a maior concentração de trabalhos da categoria TR em língua portuguesa.

Levando em consideração apenas a análise gráfica dos dados coletados por esta pesquisa, passados 10 anos, percebe-se pouca evolução no quadro mundial com relação aos trabalhos que tratam do ER. Por outro lado, a partir da leitura dos materiais constantes nos periódicos consultados, observa-se um forte engajamento de pesquisadores com a área. Alguns destes pesquisadores conduzem projetos sólidos que vêm sendo construídos há vários anos e alcançam pessoas em diversos países, como é o caso do ReleQuant e do Einstein-First, citados anteriormente. Esforços como estes vêm possibilitando e incentivando a atualização curricular na educação básica com vista à inclusão de assuntos ligados às TR.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É notável que os conteúdos de FMC, em especial os relacionados às TR, requerem certo nível de abstração em seu processo de ensino e aprendizagem, uma vez que trazem concepções mais distanciadas do senso comum que permeia a física clássica. Mesmo assim, o seu conteúdo, por romper com o senso comum e instigar a imaginação dos estudantes, provoca neles a curiosidade e a conseqüente vontade de compreender os intrigantes fenômenos do mundo de altas velocidades, como, por exemplo, a dilatação dos intervalos de tempo e as contrações de comprimentos.

Mesmo diante de abstrações e conceitos contraintuitivos, os pesquisadores comprovaram que com ferramentas adequadas e abordagens dinâmicas, como as que foram citadas ao longo deste trabalho, é possível aos estudantes compreender conteúdos de relatividade e assim ter acesso a um modelo mais completo do Universo, revelando a física como uma ciência mutável e não estagnada, ao contrário do que pode ser inferido ao observarmos estritamente a física tratada pelo atual currículo da área. Tendo isso em vista, evidencia-se a importância de dar continuidade ao estudo e ao desenvolvimento de metodologias alternativas para a abordagem desses conteúdos, de modo que a FMC ganhe cada vez mais espaço no EB. Com a quantificação aqui realizada de publicações nas categorias de ER e TR, de maneira informativa e apresentando obras que deem aporte a uma boa base teórica e metodológica, esperamos tornar os professores cientes de tal importância.

De forma abrangente, como resultados dessa busca bibliográfica, destacamos que as publicações em periódicos apresentam uma vasta quantidade de obras a respeito da TRR e da TRG. Porém, no que diz respeito ao ER e ao currículo escolar, a aplicação desses conteúdos no EB ainda se encontra longe de uma concretização, o que é apontado principalmente pelos trabalhos em língua portuguesa e espanhola.

A escassez de materiais didáticos para o ER contribui para a omissão desse tema nos currículos escolares, pois o livro didático é uma ferramenta indispensável, que norteia e dita a base curricular desse nível de ensino, sendo ele muitas vezes o único material do qual o professor dispõe.

Cabe a pesquisas futuras investigar outras abordagens e estratégias metodológicas que possam somar-se às já desenvolvidas e contribuir com o ER, seja mostrando outros meios viáveis para o seu ensino, seja constatando a importância de sua presença na base curricular do EB e motivando a reconstrução dos currículos da escola básica.

Além disso, tendo em vista a redução da carga horária voltada ao componente curricular de física do Ensino Médio (EM), a partir das mudanças propostas na educação brasileira pelo novo EM, é preciso discutir a reformulação dos currículos escolares para que tópicos importantes da FMC não fiquem de fora na formação básica de nossos estudantes.

Por fim, ressaltamos a urgência de repensar os currículos da educação básica e chegar a um consenso do que realmente é importante que se contemple nesta etapa de formação. Destacamos ainda a urgência pelo incentivo às carreiras acadêmicas e científicas, as quais vêm passando por um processo contínuo de desinvestimento no Brasil. Neste cenário, percebe-se crescerem discursos anticientíficos aliados a movimentos políticos claramente antidemocráticos, mesmo depois de um momento de pandemia com sérias consequências globais, que deveriam ter trazido uma consciência generalizada da importância da ciência para a humanidade e do desenvolvimento científico para o crescimento do País.

## REFERÊNCIAS

- ARRIASSECQ, Irene; GRECA, Ileana M.; CAYUL, Esther E. Secuencias de enseñanza y aprendizaje basadas en resultados de investigación: propuesta de un marco teórico para el abordaje de la teoría especial de la relatividad. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 35, n. 1, p. 133-155, 2017.
- ARRIASSECQ, Irene; CAYUL, Esther; GRECA, Ileana M. Enseñanza de la teoría general de la relatividad en la escuela secundaria: por qué, qué y cómo. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 29, n. 2, p. 33-44, 2017.
- ARRIASSECQ, Irene; GRECA, Ileana. Ondas gravitacionales en contexto para la escuela secundaria: física contemporánea, divulgación científica y género. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 30, 2018.
- BARBOSA, Patrynie Garcia; AQUINO, Arthur Marques; CALHEIRO, Lisiane Barcellos. Representações sociais de alunos da educação básica sobre buracos negros. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 32, 2020.
- BOTELHO, Joacy Machado; CRUZ, Vilma Aparecida Gimenes da. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- CASTIBLANCO, Olga; OTERO, María Rita. Entrevista a María Rita Otero. **Revista Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 152-155, 2016.
- CAYUL, Esther *et al.* Análisis de la primera implementación de la propuesta didáctica “Ondas gravitacionales en contexto para la escuela secundaria: física contemporánea, divulgación científica y género”. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, 2019.
- GATTI, Décio. Livros didáticos, saberes disciplinares e cultura escolar: primeiras aproximações. **Revista História da Educação**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 29-50, set. 1997.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- HENRIKSEN, E. K. *et al.* Relativity, quantum physics and philosophy in the upper secondary curriculum: challenges, opportunities and proposed approaches. **Physics Education**, 2014.
- JARDIM, Wagner T.; OTOYA, Victor J. Vasquez; OLIVEIRA, Cristiane Garcia S. A teoria da relatividade restrita e os livros didáticos do ensino médio: discordâncias sobre o conceito de massa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, 2015.
- KAMPHORST, Floor *et al.* Students’ preinstructional reasoning with the speed of light in relativistic situations. **Physical Review Physics Education Research**, 2019.

KAUR, Tejinder *et al.* **Evaluation of 14 to 15-Year-Old Students' Understanding and Attitude towards Learning Einsteinian Physics**, 2017a.

KAUR, Tejinder *et al.* **Teaching Einsteinian Physics at Schools: Models and Analogies**, 2017b.

KERSTING, Magdalena *et al.* General relativity in upper secondary school: Design and evaluation of an online learning environment using the model of educational reconstruction. **Physical Review Physics Education Research**, 2018.

KERSTING, Magdalena. Navigating four dimensions – upper secondary students' understanding of movement in spacetime. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], 2019.

MOORE, Thomas A. Tips on Teaching General Relativity (with Tensors) to Undergraduates. **AAPT General Relativity Workshop**, 2006.

NETO, Jonas Guimarães Paulo; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar; VIEIRA, Antônio Nunes de Oliveira. O ensino de física moderna e contemporânea na concepção de alunos no ensino médio. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2019.

OLIVEIRA, Letícia Maria; GOMES, Maria Letícia Alves. Einstein e a relatividade entram em cena: diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de física criativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 943-961, dez. 2016.

OLIVEIRA, Antônio Nunes de; SAMPAIO, Wilton Souza; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar. Física moderna e contemporânea no ensino básico: o cinto de segurança como alternativa para a abordagem teórica do princípio de equivalência da relatividade geral. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 13, n. 4, 2019.

OLIVEIRA, Antônio Nunes de; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar. **Física Para Universidades e Concursos: Cinemática Relativística**. São Paulo: Livraria da Física, 2020.

OSTERMANN, Fernanda. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de física**. 2000. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste dos Santos Freire. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002.

OTERO, María Rita; ARLEGO, Marcelo; PRODANOFF, Fabiana. Design, analysis and reformulation of a didactic sequence for teaching the special theory of relativity in high school. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, 2015.

OTERO, María Rita; ARLEGO, Marcelo; MUÑOZ GUZMÁN, Edwin A. ¿Cómo y por qué estudiar la relatividad de la simultaneidad en la escuela secundaria?. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 303-321, 2019.

PINHEIRO, Gustavo; SILVA, Maria de Fátima Alves da. Transição da Relatividade Galileana para Einsteiniana através das concepções alternativas. **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, [s. l.], 2007.

REIS, Ueslei Vieira; REIS, José Claudio. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 744-778, dez. 2016.

RODRIGUES, Carla Moraes; SAUERWEIN, Inés Prieto Schmidt; SAUERWEIN, Ricardo Andreas. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

SILVA, Alanah Garcia da; ERROBIDART, Nádía Cristina Guimarães. Abordagem da teoria da relatividade restrita em periódicos de ensino de ciências 2005-2016. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, 2019.