

O ensino da Teoria da Relatividade Restrita

Alanah Garcia da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Instituto de Física/PPEC
lanah.garcia@gmail.com

Nádia Cristina Guimaraes Errobidart

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Instituto de Física/PPEC
nacriquer@gmail.com

Resumo

Esse trabalho apresenta uma revisão da literatura sobre o ensino da Teoria da Relatividade Restrita, através de uma consulta a artigos publicados da área de Ensino e Ciências em revistas do Brasil e duas do exterior, durante os períodos de 2005 a 2016. A pesquisa se concentrou em trabalhos relacionados ao ensino, contendo uma amostra de 18 artigos, sendo descartados artigos científicos e biografias sobre o autor. Organizamos os trabalhos sobre a teoria da relatividade restrita em três categorias, sendo: ensino de ciências, aparatos tecnológicos e mídias computacionais e por fim, história da ciência. É importante destacar que apesar da quantidade de artigos que envolvem sequências didáticas, poucos foram utilizados e avaliados em sala de aula, sendo preciso um maior enfoque a tais trabalhos, testando a sua eficiência.

Palavras chave: revisão bibliográfica, teoria da relatividade restrita, história da ciência.

Abstract

Até 150 palavras Texto do resumo em inglês, Times 12, justificado, 0pt antes, 6pt depois, espaço simples.

Key words: Arial 14 alinhado à esquerda, negrito, 18pt antes 0pt depois: mínimo de três e máximo de seis palavras chave em inglês, separadas por vírgula, em minúsculas, Arial 12, alinhado à esquerda, espaço simples

Introdução

No processo de transformação dos saberes em objetos de ensino, os professores na maioria das vezes fazem uso de diferentes livros didáticos para prepararem sua aula de acordo com os objetivos pedagógicos elencados no seu plano de ensino. Para a escolha desses livros didáticos, geralmente levam em consideração algumas características como, por exemplo: textos, ilustrações e atividades diversificadas, informações atualizadas, estímulo à reflexão e atividades experimentais fáceis de serem reproduzidas entre outros. Esses também são critérios observados nos documentos de avaliação dos exemplares adquiridos por programas governamentais como o Programa Nacional do Livro Didático (PLND) (NETO e FRACALANZA, 2003).

Em função da reestruturação do ensino médio, o Livro didático passou a se reorganizar de maneira que o ensino ficasse mais inovador e menos conteudista, baseado na contextualização e interdisciplinaridade, ao invés de reforçar os cálculos repetitivos e a memorização de fórmulas. Assim, além de reorganizar os conteúdos, o LD passou a abordar novos conceitos e maneiras de trabalhá-los, inserindo por exemplo, fatos históricos e biografias dos cientistas.

Com a inserção de fatos históricos, surgiu a necessidade do ensino de História da Ciência (HC), que passou a ser utilizada para dar significado aos conceitos abordados em sala de aula, já que muitas vezes, a maior dificuldade na compreensão dos alunos ocorre devido ao fato de que não conseguem assimilar alguns conceitos físicos devido ao alto grau de abstração na descrição dos fenômenos (HULSEDEGER, 2005).

“[...] para muitos alunos foi extremamente difícil perceber e estabelecer conexões entre as disciplinas, como se os conceitos estudados na Física não fizessem parte de um contexto cultural, e portanto, histórico. Foi preciso reconhecer que tal dificuldade não é culpa de alunos ou professores, pois ambos são resultados de uma fragmentação do conhecimento e, conseqüentemente, do ensino.” (HULSEDEGER, pag. 4, 2005).

Martins (2007) afirma que a História da Ciência pode ser pensada tanto como um conteúdo das disciplinas científicas, quanto como uma estratégia didática para facilitar a compreensão e teorias a serem estudadas.

Assim, a [história da Ciência] HC surge como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compressão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula. (MARTINS, pag. 115, 2007)

Considerando a importância dessa abordagem histórica no contexto de sala de aula surgiu nosso interesse em investigar a abordagem histórica da Teoria da Relatividade Restrita (TRR), conteúdo alicerçado nos conceitos básicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). O desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC) trouxe diversas inovações conceituais que modificaram a maneira de interpretar muitos fenômenos do Universo. Por exemplo, a Relatividade Geral traz uma nova interpretação de tempo e espaço, além da proposição da existência de buracos negros. Já a Mecânica Quântica se volta para o mundo do pequeno, e seus resultados abalam as bases do “determinismo clássico”; as partículas podem se comportar como ondas e as ondas, como partículas (KIKUCHI, ORTIZ; BATISTA, 2005, p. 02).

Autores como Moreira (1998) afirmam que é de fundamental importância que o estudante do ensino médio conheça os princípios básicos da tecnologia atual, uma vez que essa interfere diretamente sobre a sua vida e pode vir a definir o seu futuro tanto pessoal quando profissional.

Portanto, é de extrema importância que o professor ministre aulas sobre os conceitos básicos de FMC, e relacione os conteúdos em sala de aula com os equipamentos utilizados pela sociedade (uso de equipamentos tecnológicos, sistemas de controles, dispositivos automáticos etc). Este jovem precisa, então, ser curioso, pois está sempre em contato com novos materiais que estão em constante evolução, e o ensino de FMC pode desenvolver habilidades para construir, por exemplo, modelos e protótipos de dispositivos – neste caso, em específico, a Teoria da Relatividade, sem a qual não seria possível a utilização de aparelhos GPS – além de contribuir para que os estudantes se sintam motivados a seguirem carreira científica.

Considerando a relevância dessas temáticas realizamos uma pesquisa bibliográfica com o

objetivo de analisar a pesquisa sobre o ensino de relatividade restrita. Buscamos descrever, de forma sucinta, os trabalhos publicados em periódicos nacionais e internacionais da área de ensino e educação, apresentados tanto na forma de discussões teóricas, propostas de sequências didáticas, e abordagem com enfoque histórico epistemológico.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa realizada tomou como referência os procedimentos de pesquisa bibliográfica sugerido por Rosa (2015) que considera que é preciso: definir as palavras chave; realizar a definição do escopo; selecionar o escopo; e por fim, fazer a análise.

Para a escolha das palavras chave, (ROSA, 2015, p. 83) sugere a escolha de “vinte palavras ou expressões” para orientar o processo de seleção dos artigos que irão compor a pesquisa. Após essa definição, definimos o escopo, pensando em quais os tipos de documentos iríamos realizar a busca, no caso em periódicos da área de ensino; qual o intervalo de tempo, quais as fontes e os campos dos documentos que iríamos buscar as palavras chave. Posteriormente, realizamos a etapa de análise, na consiste na leitura dos documentos selecionados, buscando informações desejadas (ROSA, 2015)

Após essa etapa, “o processo de análise passa pelo fichamento dos textos coletados (elaboração de fichas de leitura para cada um dos documentos coletados)” (ROSA, 2015, p. 84-85). Esse fichamento consiste na anotação de ideias relevantes sobre o trabalho, na qual contém: título do documento, autores, local de publicação e data, resumo do texto e opinião pessoal sobre o trabalho. A análise termina quando se realiza uma construção de um texto, com relatos sobre a visão do autor, no qual a análise documental, segundo Rosa (2015) pode ser escrita no formato de crônica ou síntese.

Na primeira, tipo crônica, “descrevemos o que cada um dos trabalhos analisados produziu: qual pergunta respondeu, qual metodologia usou, quais resultados obteve e assim por diante” (ROSA, 2015, p. 87). Na segunda, tipo síntese, procura-se agrupar resultados semelhantes de diferentes trabalhos, apontando as igualdades e diferenças entre eles. Esse tipo é utilizado quando se tem interesse em “construir uma visão geral sobre o campo de estudo” (ROSA, 2015, p. 88).

Considerando essas orientações definimos como palavras chave: teoria da relatividade, teoria da relatividade restrita (TRR), ensino da TRR, história da TRR, sequências didáticas sobre a TRR, Einstein, TRR e livros didáticos e simulações sobre a TRR. Para efeito de comparação, também efetuamos uma busca usando Física Moderna e Contemporânea.

As buscas, utilizando as palavras chave citadas, foram realizadas nas seguintes escopo: Revista Brasileira de Ensino de Física e seu suplemento Física na Escola, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Investigação em Ensino de Ciências, Ciências e Ensino, Ciência e Educação, Revista Electronica de Ensenanza de Las Ciencias e Ensenanza de Las Ciencias.

No tópico seguinte apresentamos os resultados obtidos e o texto no tipo Crônica, no qual relatamos a revisão elaborada.

Resultados e discussão

Utilizamos o dispositivo de cada periódico, realizamos com o emprego das palavras chave a seleção de artigos publicados no período de 2005 até 2016, cujo resultado é apresentado no quadro 1. Identificamos um total de 52 artigos que apresentavam relação com a Teoria da

Relatividade e 222 com Física Moderna e Contemporânea. No quadro 1 apresentamos os resultados obtidos em cada periódico.

Revista	Teoria da Relatividade	Física Moderna e Contemporânea
Revista Brasileira de ensino de física	20	104
A Física Na escola	3	4
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	17	29
Ciência e Educação	0	18
Ciência e ensino	1	0
Ensaio: pesquisa em educação em Ciência	1	3
Investigações em ensino de Ciências	3	7
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	1	7
Enseñanza de las ciencias	4	3
Revista Electronica de Ensenanza de las Ciencia	2	47
Total	52	222

Quadro 1- Quantitativo dos trabalhos identificados em cada revista

É interessante relatar que esse valor de 52 artigos é próximo ao identificado por Rodrigues, Sauerwein e Sauerwein (2014), que em busca semelhante em periódicos da área de ensino e educação, no período de 2005 a 2009, analisou 35 artigos que discutiam assuntos referentes à teoria da relatividade. Esse valor representa quase 1/4 do montante associado a temas de Física Moderna e Contemporânea, aspecto que sinaliza o crescimento do interesse pela temática nos últimos anos.

Seguindo orientações de Rosa (2015) sobre ferramentas de análise de registro realizamos a pré-análise do material. Nela, após a leitura inicial do material selecionado, descartamos um total de 32 artigos que não atendiam aos critérios de exaustividade, representatividade, homogeneidade, pertinência e exclusividade. A maioria deles não apresentavam relação com o enfoque da pesquisa, pois abordavam biografias e textos científicos.

Dessa forma, foram selecionados para etapa de exploração do material os artigos apresentados no quadro 2.

Periódicos	Quantitativo	Artigos
Revista Brasileira de Ensino de Física	10	DAHMEN, Sílvia. Einstein e a Filosofia, (2006) GUERRA, Andréia et al. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem, (2007). KARAM, Ricardo Avelar et al. Relatividade no ensino médio: o debate em sala de aula, (2007). ZANOTTA, Daniel et al. O GPS: unindo ciência e tecnologia em aulas de física, (2011). RODRIGUES, Carla Moraes et al. Uma proposta de inserção da teoria da

		relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS, 2014. JARDIM, Wagner et al. A teoria da relatividade restrita e os livros didáticos do Ensino Médio: discordância sobre o conceito de massa, 2015 OTERO, Maria Rita et al. Design, analysis and reformulation of a didactic sequenc for teaching the special theory of relativity in high school, 2015.
Investigações em Ensino de Ciências	2	ARRIASSECQ, Irene. Introducción de la teoria de la relatividad especial en nível médio/polimodal de enseñanza: identificación de teoremas-em acto y determinación de objetivos-obstáculo, 2006. AYALA FILHO, Álvaro. A construção de um perfil para o conceito de referencial em Física e os obstáculos epistemológicos à aprendizagem da teoria da relatividade restrita, 2010.
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	4	KOHNLEIN, Janete; PEDUZZI, Luiz. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita, 2005. SANTOS, Ricardo. Relatividade Restrita com o auxílio de diagramas, 2006. CARUSO, Francisco. Física Moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas, 2009. GUERRA, Andréia. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX, 2010.
Revista Ensino de Ciências	1	FILHO, Marlen. Uma transposição didática da Teoria da Relatividade Especial, 2011.
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	1	SILVA, João Ricardo et al. O grupo de estudos e discussão como subsídio ao desenvolvimento de interações discursivas entre professores de física sobre a temática teoria da relatividade, 2013.
– Enseñanza de las Ciencias	1	VALADARES, Daniel et al. O GPS: unindo ciência e tecnologia em aulas de física, 2011
Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias	1	MACHADO, Daniel e NARDI, Roberto. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna, 2007.

Quadro 2: Relação de artigos selecionados para exploração do material, por periódicos

Durante a exploração dos artigos identificamos elementos comuns da narrativa e os agrupamos em três categorias: a TRR e o ensino de ciências; a TRR e Novas tecnologias da Informação e Comunicação (TIC); a TRR e a História e Filosofia da Ciência.

A Teoria da Relatividade Restrita e o Ensino de Ciências

Classificamos nessa categoria um total de **dez** artigos. Eles apresentavam discussões relacionadas sequências de ensino ou atividades de ensino desenvolvidas no contexto de sala de aula e ou materiais didáticos utilizados. Essa categoria não inclui atividades utilizando softwares ou outras mídias. A análise desses artigos é apresentada na forma de crônica, no texto abaixo.

Valadares (2005) apresenta um estudo histórico dos trabalhos de Lorentz, de 1904 e Einstein, de 1905 com base em aspectos teóricos e metodológicos do V epistemológico de Gowin. Discute sobre como os problemas são investigados a partir da escolha dos

objetos/acontecimentos, a simultaneidade de dados, as crenças a respeito do mundo e finaliza propondo uma transposição dessas ideias para o ensino de ciências, defendendo a utilização de estratégias investigativas e os pressupostos de Gowin.

Arriasecq e Greca (2006) realizam em seu trabalho uma análise das noções dos conceitos fundamentais da física clássica em estudantes do nível politécnico da Argentina, por meio de um levantamento que tinha por objetivo identificar quais as concepções dos alunos para trabalhar aspectos mais relevantes sobre a Teoria da Relatividade Restrita. Consideram que os alunos não conseguiram desenvolver sistemas adequados sobre o conceito, de forma correta, sendo necessário realizar a mediação uma nova proposta didática específica para a aprendizagem significativa da TRR.

O trabalho de Santos (2006) apresenta três diagramas interessantes que podem ser utilizados por professores, na explicação de conceitos sobre a Teoria da Relatividade Restrita, em particular para o nível de ensino médio. Esses diagramas podem ser utilizados na demonstração de conceitos como dilatação do tempo e contração espacial através da construção de um pêndulo. São elaborados com materiais de fácil acesso como cartolina, régua, esquadro e compasso. Segundo o autor são recursos que facilitam a inserção de conceitos mais abstratos de Física Moderna.

Karam, De Souza Cruz e Coimbra (2007) apresentam em seu trabalho parte de uma sequência didática que aborda tópicos da Teoria da Relatividade Restrita. Para analisarem os resultados, aplicaram um questionário com o objetivo de avaliar a assimilação dos conceitos explorados com os alunos do ensino médio. Com isso, concluíram que os resultados foram expressivos, uma vez que, apenas um dos alunos não assinalou a opção correta no questionário, e todos os outros justificaram as respostas mencionando o princípio da relatividade, permitindo verificar que a sequência didática alterou as respostas manifestadas no pré-teste, aplicado no início das atividades.

Caruso (2009) apresenta uma proposta de projeto de ensino relacionada a Teoria da Relatividade Restrita, fazendo uso de histórias em quadrinhos. As sete tirinhas apresentadas no trabalho foram elaboradas por um aluno que participou da Oficina de Educação através de Histórias em Quadrinhos e Tirinhas – EDUHQ. Os autores consideram que as tirinhas podem ser utilizadas como um instrumento de ensino com forte lado motivacional, que prende a atenção dos alunos, já que não exploram ferramentas matemática para explicar o conceito.

Ayala Filho (2010) utiliza a noção de Perfil Conceitual como instrumento para investigar a aprendizagem da Teoria da Relatividade Restrita e possíveis obstáculos epistemológicos dos alunos. Para isso, examinou o senso comum dos alunos em relação a conceitos de Física Newtoniana e da TRR. Conclui que tais obstáculos possuem duas origens: a primeira, em relação ao fato de associar a TRR a subsunções não adequados e a segunda, que associa o obstáculo a raciocínios espontâneos. Finaliza sugerindo que a TRR deve ser ensinada a partir de referenciais relativísticos, para facilitar a compreensão dos alunos.

Filho, Filho e Firme (2011) apresentam uma proposta para inserir a Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio, pautada numa abordagem de conteúdos de cinemática vetorial, consideram que a abordagem da TRR através de um conceito já conhecimento proporcionará um maior estímulo aos alunos para discutirem sobre o tema. Os autores consideram que essa abordagem pode contribuir para a elaboração de textos com linguagem acessível a sala de aula e no encorajamento dos profissionais em buscarem novas alternativas metodológicas que sejam compatíveis aos alunos.

Silva et al (2013) apresentam os resultados do estudo dos diálogos entre um grupo de professores de física sobre o estudo de Física Moderna e Contemporânea, pautada nas

proposições de Bakhtin e nas potencialidades do discurso. Nesse estudo, os autores verificaram que os grupos de estudo e discussão tiveram efeito significativo nos professores, principalmente ao aprendizado em conjunto de tópicos de FMC, além de identificar como os professores se posicionavam em relação a organização, eficácia e como conduziam/mediavam as discussões.

Jardim et al (2015) realizam em seu trabalho a análise dos conceitos de massa relativística e massa em repouso em 14 livros de Física indicados pelo PNL, em 2015. Os autores concluíram que os resultados indicam que a maioria dos livros não destacam a quantidade de movimento de uma partícula relativística, apresentando então, concepções errôneas sobre a Teoria. Consideram que os resultados são semelhantes aos obtidos por Ostermann e Ricci (2004), aproximadamente dez anos antes.

Os autores Otego et al (2015) implementam e avaliam uma sequência didática para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio, por meio de um conjunto de situações planejadas. Discutiram sobre como os estudantes realizaram produções pré galileanas. Concluíram que é necessário reformular a sequência para que a mesma favorecesse a conceitualização, possibilitando que os alunos reproduzissem os seus conceitos, explorando aspectos mais complexos.

A Teoria da Relatividade Restrita e Novas tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)

Identificamos três artigos que apresentavam uma discussão relacionada a utilização de softwares ou outras ferramentas tecnológicas, no ensino da teoria da relatividade.

O trabalho de Machado e Nardi (2007) discutem sobre os resultados associados a produção e utilização de um software educacional para o estudo de conceitos da Teoria da Relatividade Restrita e fenômenos nucleares. Especificamente conceitos como: referenciais inerciais; velocidade da luz no vácuo; dilatação temporal entre outros. O software foi organizado em seis módulos: visão inicial sobre a teoria; teoria da Relatividade; tecnologia e sociedade; história da ciência; ciência e filosofia e fronteiras da ciência de forma com que cada um possuísse textos ilustrados com imagens, filmes e animações para facilitar a construção do conceito por parte dos estudantes. Para a avaliação do software, foi efetuada uma adaptação da ficha de avaliação utilizada no Programa Nacional do Livro Didático (Brasil, 2005), a elaborada por Athayde (1990) e na avaliação de sistemas desenvolvida por Campos (1994). Os resultados apontam que o software contribuiu para a aprendizagem devido a ampla discussão sobre os conceitos, além do fato de que os alunos procuraram ajudar os colegas, proporcionando uma maior interação entre os estudantes.

Zanotta et al (2011) apresentam uma atividade com alunos de graduação do curso de Física, abordando os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita. Eles utilizam o Sistema de Posicionamento Global (GPS) a partir do ponto de vista histórico e didático. Os autores pontuam que o aparato pode ser utilizado com um minilaboratório de Física Moderna, é de fácil acesso e pode ser empregado como recurso motivacional, nas aulas.

Rodrigues, Sauerwein e Sauerwein (2014) discutem sobre as potencialidades do ensino da Teoria da Relatividade Restrita por meio de explicações utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS). Para isso, desenvolveram uma sequência composta de 13 aulas. A atividade, realizada antes da abordagem conceitual, buscou simular o posicionamento como GPS, utilizando três fios de linhas, colados nos cantos da sala, de modo ortogonal e que coincidisse com a origem. Os resultados das atividades se mostraram positivos devido ao

fato de despertar o interesse nos alunos e sair da rotina, além de proporcionar o debate entre os alunos por meios de questionamentos problematizadores.

A teoria da Relatividade Restrita e História e Filosofia da Ciência

Foram classificados nessa categoria um total de quatro artigos.

Considerando as dificuldades encontradas para ensinar a Teoria da Relatividade Restrita, Kohnlein e Peduzzi (2005) apresentam uma reflexão sobre os componentes de um módulo didático, pautado em uma abordagem histórica-filosófica, estruturado nos três momentos pedagógicos. O módulo é composto por 15 horas aulas, com 45 minutos de duração cada. Inicialmente, foi aplicado um questionário aos alunos, com o objetivo de proporcionar aos alunos, uma reflexão sobre o tema. Num outro momento, os alunos foram solicitados a desenvolver histórias em quadrinhos abordando procedimentos adotados por um determinado cientista e no momento final, apresenta-las aos colegas. Os autores consideram que os resultados se mostraram positivos, uma vez que os alunos realizaram várias discussões em sala de aula, aspecto que a diferenciava de uma abordagem tradicional. Pontuaram ainda o aspecto motivacional associado ao desenvolvimento das atividades.

Dahmen (2006) apresenta uma discussão sobre o envolvimento de Einstein com a Filosofia e com filósofos da ciência e como tais influências tiveram participação no seu texto “Física e Realidade”. Apresenta manuscritos de Einstein sobre a Teoria da relatividade, destacando suas indagações filosóficas e questões epistemológicas, relacionadas 5a questões sobre o espaço-tempo.

Guerra et al (2007) descrevem uma proposta curricular, que foi aplicada em uma escola da rede federal de ensino na qual defende o pressuposto de que o ensino de física deve explorar as teorias científicas, da maneira em que foram formuladas, ou seja, levando em consideração o contexto em que foi produzida, a época e as ideias associadas. Os autores sugerem que os professores podem utilizar trabalhos interdisciplinares com produções culturais, para solucionar o problema em relação aos pré-requisitos relacionada a temas de Física Moderna e Contemporânea, como por exemplo, a TRR.

Guerra et al (2010) apresentam uma discussão sobre a introdução da Teoria da Relatividade Restrita em sala de aula, explorando uma construção textual que possibilitasse ao estudante identificar os problemas segundo contexto histórico do século XX, ou seja, utilizando a realidade histórica da época. Eles consideram que é importante utilizar a abordagem histórica para uma melhor compreensão dos fatos, uma vez que a contextualização propicia maior entendimento sobre os mesmos, além de possibilitar o ensino em várias áreas como Filosofia, Artes entre outras.

Conclusão

O estudo realizado representa uma etapa inicial de uma pesquisa empírica que está em andamento. Ele possibilitou um mapeamento das pesquisas realizadas sobre a temática de interesse e dos principais resultados obtidos até então. Apresentou contribuições importantes para a elaboração dos objetivos e uma reflexão sobre as metodologias utilizadas no estudo da Teoria da Relatividade Restrita.

Os artigos selecionados para exploração do material apresentam contribuições significativas sobre propostas de sequências didáticas, emprego de ferramentas tecnológicas e elaboração tirinhas ou história em quadrinhos como estratégia de ensino.

É importante destacar que apesar da quantidade de artigos que envolvem sequências didáticas, poucos foram utilizados e avaliados em sala de aula, sendo preciso um maior enfoque a tais trabalhos, testando a sua eficiência.

Referências

ARRIASSECQ, Irene; GRECA, Ileana M. Introducción de la teoría de la relatividad especial en nivel medio/polimodal de enseñanza: identificación de teoremas-em-acto y determinación de objetivos-obstáculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 189-218, 2006.

AYALA FILHO, Álvaro Leonardi. A construção de um perfil para o conceito de referencial em Física e os obstáculos epistemológicos à aprendizagem da teoria da relatividade restrita. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 155-179, 2010

CARUSO, Francisco; FREITAS, Nilton. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

DAHMEN, Sílvio R. Einstein e a Filosofia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n.1, p. 3 – 7, 2006.

FILHO, Marlen Moura e Silva; FILHO, Francisco Cordeiro; FIRME, André Bessadas Penna. Uma transposição didática da Teoria da Relatividade Especial. **Revista Ensino de Ciências**, v. 2, n. 1, 2011.

GUERRA, Andréia; BRAGA, Marco; REIS, José Cláudio. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

GUERRA, Andreia; REIS, José Cláudio; BRAGA, Marco. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3 : p. 568-583, 2010.

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, 2506, 2015.

KARAM, Ricardo Alvelar Sotomaior; DE SOUZA CRUZ, Sonia Maria S.C; COIMBRA, Débora. Relatividade no ensino médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n.1, p. 105-114, 2007.

KOHNLEIN, Janete Francisca K.; PEDUZZI, Luiz O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1 : p. 36-70, 2005.

MACHADO, Daniel Iria; NARDI, Roberto. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 90-116, 2007.

NETO, Jorge Megid; FRACALANZA, Hilário. O LIVRO DIDÁTICO DE CIÊNCIAS: PROBLEMAS E SOLUÇÕES Science textbooks: problems and solutions. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. 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.

OTERO, Maria Rita; ARLEGO, Marcelo; PRODANOFF, Fabiana. Design, analysis and reformulation of a didactic sequenc for teaching the special theory of relativity in high school. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, 4301, 2015.

PEREIRA, Alexsandro; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 393-420, 2009

ROSA, P R da S. Uma introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino. 1. ed. Campo Grande: Editora UFMS, 2015. v. 1. 167 p.

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.

SANTOS, Ricardo Paupitz B. Relatividade Restrita com o auxílio de Diagramas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2 : p. 238-246, 2006.

SILVA, João Ricardo Neves da et al. O grupo de estudos e discussão como subsídio ao desenvolvimento de interações discursivas entre professores de física sobre a temática teoria da relatividade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 9-25, 2013.

VALADARES, Jorge António. Da história da ciência ao ensino da ciência: o exemplo clarificador da construção da teoria da relatividade restrita. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 1-5, 2005.

ZANOTTA, Daniel; CAPPELLETTO, Elaine; MATSUOKA, Marcelo. O GPS: unindo ciência e tecnologia em aulas de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, 2313, 2011