

# Análise do Conteúdo de Relatividade nos Livros de Física Aprovados pelo PNLEM (2009 - 2011): Uma Perspectiva Histórica e Filosófica.

Analysis of Relativity Content in Physics textbooks Approved by PNLEM (2009 - 2011): a Historical and Philosophical Perspective.

*Tiago Ferraz Rodrigues*, Licenciado em Física – UEFS,  
*ti\_hiago@hotmail.com*

*Marildo Geraldête Pereira*, Prof. Dr. Depto. de Física – UEFS,  
*marildo@uefs.br*

*Elder Sales Teixeira*, Prof. Dr. Depto. de Física – UEFS,  
*elder@uefs.br*

## Resumo

A necessidade de introdução de conceitos de Física Moderna no ensino médio se faz hoje necessária diante dos muitos adventos tecnológicos associados com este tema. Nesta perspectiva, conteúdos que normalmente não eram abordados, tal como a Teoria da Relatividade, passaram a constar nos livros didáticos. Neste sentido, este trabalho faz uma análise do conteúdo de Relatividade apresentado nos livros didáticos aprovados pelo PNLEM com a finalidade de verificar se os mesmos estão seguindo as recomendações contidas no PCN. Desta forma, discutimos aqui estes conteúdos atentando para aspectos positivos/negativos do conteúdo apresentado nas obras. Realizou-se um estudo histórico/epistemológico de forma a dar subsídio para a construção de uma proposta de apresentação do conteúdo de Relatividade.

**Palavras - chave:** ensino de relatividade, livros didáticos, PNLEM.

## Abstract

The necessity to introduce concepts of modern physics in high school becomes fundamental on the perspective of many technological advents addresses this issue today. In this perspective, contents that were not usually covered, such as The Theory of Relativity, began to appear in textbooks. Thus, this work does an analysis of the Relativity contents presents in the textbooks approved by PNLEM in order to verify if they are following the recommendations contained in the PCN. The contents of the books are discussed attempting to positive / negative aspects into the texts. It is conducted a historical / epistemological study to provide subsidies to the construction of a proposal for presenting the contents of Relativity in high school level.

**Keywords:** teaching relativity, textbooks, PNLEM.

## Introdução

Nas últimas décadas, foi implantada uma série de políticas públicas com o objetivo de melhorar o ensino básico, onde cabe destacar a elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB). Outra medida realizada pelo governo foi a criação do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) que objetivava controlar a qualidade dos livros adotados nas escolas públicas.

Neste sentido, os trabalhos de Nogueira et al. (2009), Monteiro & Carvalho (2011) e Groch & Bezerra (2009) buscaram verificar se os livros selecionados pelo Ministério da Educação por meio do PNLEM apresentavam alguns equívocos, analisando os conceitos de Gravitação, Som e Relatividade, respectivamente.

Além disso, existe uma tendência em inserir física moderna nos programas de física do ensino médio. Tal tendência, segundo Porto & Porto (2008), se justifica devido à necessidade da população de se apropriar do conhecimento atinente à Física Moderna, uma vez que este patrimônio cultural já é bem estabelecido e transformou a visão de mundo que permeava por mais de 200 anos. Além disso, a população já tem acesso a tecnologias que utilizam dos pressupostos da Física Moderna para construção e funcionamento de aparatos tecnológicos, o que torna imprescindível o conhecimento desta ciência.

Por sua vez, Ostermann & Moreira (2000) apresentam várias razões para justificar essa necessidade de ensinar Física Moderna na escola, como, por exemplo, os enunciados por Torres apud Ostermann & Moreira (2000):

- Conectar o estudante com a sua própria história;
- Protegê-lo do obscuralismo, das pseudociências e das charlatanias pós-modernas;
- Que o aluno possa se localizar corretamente como ser humano na escala temporal e espacial da natureza;
- A Física Moderna possui múltiplas e evidentes consequências tecnológicas;
- Por sua beleza, pelo prazer do conhecimento, porque é parte inseparável da cultura, porque o saber nos faz livres e valoriza a humanidade. (TORRES apud OSTERMANN & MOREIRA, 2000, pg. 25)

Fazendo o uso de argumentos históricos, epistemológicos, tecnológicos e sócio-culturais os autores supracitados apresentam a necessidade de atualização do currículo de Física, uma vez que o homem atual cresce sobre influências desses conteúdos os quais são necessários para o entendimento do mundo criado por ele.

Pesquisas como Arriassecq & Greca (2006), Santos (1986), relatam as dificuldades dos estudantes, do ensino médio e do ensino superior, em concretizar uma aprendizagem significativa da Teoria Relatividade. Nessa perspectiva, uma abordagem diferenciada do conteúdo tem um papel fundamental para superação dos obstáculos epistemológicos.

A história da ciência é uma alternativa, uma vez que, ao expor o estudante a conteúdos que deram sustentação a Teoria da Relatividade Restrita, o coloca em conflitos implícitos e explícitos com os seus conceitos espontâneos e newtonianos, como também lhe apresentam a gênese, ou seja, a construção epistemológica (ARRUDA & VILLANI, 1996).

Nesta compreensão de ensino, as concepções prévias dos estudantes têm um papel fundamental tanto na valorização cultural do indivíduo quanto na transposição dos obstáculos epistemológicos e concepções alternativas. Neste processo de construção do conhecimento, ao educando é proporcionado conhecer o conteúdo como um todo, não apenas a teoria final, mas todo o processo de sua construção.

Dentro desta proposta, a abordagem da Teoria da Relatividade, a partir de uma concepção histórica-filosófica, é de grande importância para se discutir os períodos de crises e de revoluções científicas, bem como o papel da comunidade científica na construção das teorias, possibilitando ao estudante a visão de que o conhecimento científico é mutável, da mesma forma que toda construção humana é sujeita a mudanças e contestações. Neste sentido, corroboram autores como Woff & Mors (2006) e Köhnlein & Peduzzi (2005), com o uso de módulos didáticos, de produção própria, conseguiram verificar a possibilidade de se trabalhar com o tema através de uma abordagem histórica-filosófica.

Por sua vez, Martins (2005), Renn (2004), Silveira (2004) dão subsídio para a reconstrução epistemológica, no que diz respeito ao desenvolvimento e evolução dos conceitos físicos abordados pela teoria, permitindo assim, a visualização da complexidade do processo de criação da teoria, afastando de uma versão distorcida e empobrecida do relato empírico.

Quanto a este ponto, pode-se questionar se é realmente possível falar em uma concepção adequada ou distorcida da ciência, afinal os próprios filósofos da ciência, educadores e cientistas não partilham de um consenso sobre o que vem a ser um entendimento epistemológico apropriado da atividade científica (McCOMAS et al., 1998; GIL-PÉREZ et al., 2001). Parece difícil, dessa forma, estabelecer a existência de alguma visão consensual acerca da natureza da ciência em um nível mais profundo de compreensão (LEACH et al., 2000). Entretanto, se levarmos em conta os objetivos mais modestos do uso didático de história e filosofia das ciências para estudantes e professores (MATTHEWS, 1998), é possível, para fins pedagógicos, chegar a um termo comum sobre o que pode ser considerada uma visão adequada (ou não distorcida) sobre alguns aspectos acerca da natureza da ciência, de acordo com as concepções epistemológicas predominantes num dado período, através de um número de características atualmente pouco ou não controversas sobre a natureza da ciência em acordo com uma visão pós-positivista da ciência, visão esta que passou a tomar corpo a partir da segunda metade do sec. XX (LAUDAN, 2003).

De acordo com Santos (2006, pg. 2), “umas das grandes dificuldades encontradas pelos professores de Física do ensino médio em nosso país, diz respeito à explicação de fenômenos de Física Moderna em sala de aula”, como por exemplo, a Relatividade. Apesar de ser um tema de grande interesse, segundo ele, a teoria apresenta alguns aspectos de difícil abordagem, uma vez que discute tópicos que não são intuitivos. Neste contexto, a situação é agravada pelo fato de que a maioria dos estudantes do ensino médio não desenvolverem a abstração necessária para entender a descrição matemática de grande parte dos fenômenos físicos. Nesta perspectiva, Santos (2006) sugere a utilização de diagramas como os propostos por Bucher (1988) para facilitar o entendimento do conteúdo, pois os recursos dos diagramas são de fácil utilização e se faz necessário apenas a utilização de recursos matemáticos básicos para o seu entendimento, como por exemplo, o Teorema de Pitágoras. Fenômenos como contração de Lorentz e dilatação do tempo podem ser representados por esse recurso.

Outra linha de trabalho que busca dar suporte ao professor no ensino de relatividade é apresentado por Caruso & Freitas (2009) com auxílio de tirinhas<sup>1</sup>. Esse recurso didático é relevante porque além de utilizar uma abordagem lúdica e divertida, faz com que, através da arte, haja uma composição articulada entre “ensino-aprendizagem” e “conhecimento-sociedade” o que converge com os arts. 3º e 26º da LDB.

Portanto, este trabalho irá analisar como os livros didáticos, selecionados pelo PNLEM, articulam os elementos de História e Filosofia da Ciência com o conteúdo de Relatividade, uma vez que o PCN se estrutura baseado em dois pilares: a interdisciplinaridade e a contextualização, sendo que a contextualização recomendada por essa diretriz aponta para contemplar aspectos sócio-culturais, ambientada no cotidiano do estudante, colocando para segundo plano a contextualização histórica (WESTPHAL et al., 2005). Mas, com a publicação PCN+ houve uma consolidação das posições apresentada no PCN, possibilitando elencar uma série de habilidades os quais os estudantes devem adquirir ao concluir o ensino básico, expondo a história da ciência como competência importante para “compreender o conhecimento científico e tecnológico como resultado de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (BRASIL, 2002, pg. 14), neste sentido o ensino de Física deve-se articular com o eixo de história e filosofia da ciência para promover as seguintes competências aos estudantes:

- Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. [...]
- Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas.
- Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas conseqüências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades. [...]
- Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. [...] (BRASIL, 2002, pg. 14).

Diante do exposto, houve uma mudança na concepção dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN-EM) a respeito da contextualização histórica, o que representa um avanço, uma vez que, se por um lado, a contextualização sócio-cultural aproxima a ciência do ambiente onde o estudante vive, por outro lado, a contextualização histórica aproxima o estudante do cientista. Neste sentido, ambas as contextualizações são complementares e importantes para a formação do indivíduo.

## **Considerações Sobre a Construção Epistemológica da Teoria da Relatividade**

Ao introduzir o conceito de referencial inercial, Galileu fundamentou uma das bases da Mecânica, visto que este conceito não é apenas uma definição do que venha ser um referencial inercial, ele define o “universo” do qual a teoria é válida, no qual todo

---

<sup>1</sup> Segundo Caruso & Freitas tirinhas são pequenas histórias com dois ou três quadrinhos.

fenômeno observado a partir deste referencial (ou outro que se mova, relativamente ao primeiro, em linha reta, com velocidade constante, ou permaneça parado), devem obedecer às mesmas leis físicas, criando, assim, o que é chamado do Princípio da Relatividade de Galileu.

Posteriormente, Newton rebuscou o conceito e o agregou na formulação do seu trabalho, também conhecido como Mecânica Newtoniana, fundamentada em três leis físicas.

Na segunda metade do século XIX, Maxwell e outros cientistas, como por exemplo, Fresnel e Kelvin, acreditavam na existência de um meio de propagação para luz, o éter (MARTINS, 2008). Portanto, não é de se espantar que a formulação do eletromagnetismo de Maxwell fosse desenvolvida inicialmente como leis que se aplicam apenas ao estudo de fenômenos descritos em relação a um referencial privilegiado (parado em relação ao éter). Nesta perspectiva, se os mesmos fenômenos fossem analisados em relação a outro referencial (o éter em movimento), deveriam surgir outros efeitos que possibilitavam medir a velocidade do corpo em relação ao éter através de experimentos eletromagnéticos.

A crença na existência do éter e as “previsões” de sua teoria do eletromagnetismo fizeram com que Maxwell se debruçasse sobre a questão e planejasse experimentos para medir a velocidade da Terra em relação ao éter (MAXWELL, 1861). Assim, baseado numa análise desenvolvida por Maxwell, Michelson construiu em 1881 a primeira versão do interferômetro que buscava medir a velocidade da Terra em relação ao éter (MICHELSON, 1881).

Antes de explanar sobre o resultado da experiência de Michelson, realizada em 1881, é importante ressaltar que existiam duas teorias importantes que descreviam o éter: a de Fresnel e a de Stokes. E que Fizeau realizou experimentos que buscavam detectar a existência do éter, alcançando resultados que corroboravam com a teoria do éter de Fresnel (FIZEAU, 1859).

Neste contexto, Michelson em 1881 utilizou sua primeira versão do interferômetro buscando medir os efeitos do movimento da Terra através do éter, partindo de uma suposição inicial equivocada que “quando o percurso da luz fosse perpendicular ao vento do éter, não haveria nenhuma mudança do tempo de ida e de volta da luz” (MARTINS, 2008). Nesta perspectiva, não se conseguiu medir o efeito esperado e concluiu que o efeito não existia, o que levou a deduzir que existia algum problema com a teoria do éter estacionário de Fresnel. Mas Michelson não negou a existência do éter, propôs apenas que ele deveria obedecer à outra teoria, a de Stokes (MICHELSON, 1881).

Posteriormente, Michelson percebeu que houve um equívoco na suposição inicial e que o efeito esperado é praticamente equivalente aos erros experimentais, ou seja, o experimento não tinha sensibilidade suficiente para detectar o efeito.

Então em 1886 Michelson, retomou o problema de detecção do éter refazendo o experimento de Fizeau, que ainda não tinha sido reproduzido até então, chegando às mesmas conclusões de Fizeau (MICHELSON & MORLEY 1886).

Em 1887, Michelson, com a colaboração Morley, reconstruiu o interferômetro, com uma precisão dez vezes maior do que o construído em 1881. Ao fazer as medições eles não conseguiram constatar os efeitos esperados, contidos na teoria de Fresnel. Assim, concluíram que o efeito era nulo e que não era possível medir a velocidade da Terra em relação ao éter (MICHELSON & MORLEY, 1887)

Numa tentativa de salvar a teoria do éter de Fresnel, Lorentz e Fitzgerald imaginaram que poderia ocorrer algum efeito como a contração do comprimento do braço do interferômetro que se move paralelamente ao movimento da Terra através do éter, ou se ficasse mais largo o braço do interferômetro que se move perpendicular ao movimento da Terra, ambos os fatores cancelariam os efeitos medidos. Como já dito, não existia nenhum fator que indicasse a ocorrência destes fenômenos na época, era mais uma tentativa de salvar a teoria de Fresnel (BARROS et. al., 2005)

Desta forma, a situação vivenciada na ciência por volta de 1900 era bastante confusa; se por um lado, existiam trabalhos como de Lorentz e Fitzgerald que forçavam uma explicação para o insucesso do experimento Michelson – Morley; por outro lado, Larmor (1893) e Poincaré (1895) relatavam que a própria teoria do éter apresentava dificuldades que coibia a sua detecção, como evidenciado por Poincaré apud Martins (2008, pg. 24):

É impossível medir o movimento absoluto da matéria, ou melhor, o movimento relativo da matéria em relação ao éter. Só se pode evidenciar o movimento da matéria em relação à matéria. (POINCARÉ apud MARTINS, 2008, pg. 24)

Portanto, a detecção do éter que era inviável apenas para aproximações primárias para Fresnel, passou a ser entendida como uma lei exata, para Poincaré.

Desta forma, a não detecção experimental do éter fez surgir à necessidade de que, todas as leis físicas obedecessem ao princípio da relatividade. Culminando, assim, com o surgimento de duas teorias da relatividade: a Relatividade de Lorentz – Poincaré, onde é mantido o éter como um conceito útil, embora impossível de detectar; e a Relatividade Restrita de Einstein, onde há um rompimento com o conceito de éter.

Einstein publicou a sua versão da Relatividade em dois momentos: o primeiro foi em 1905, onde ele apresenta sua teoria válida para referenciais inerciais (EINSTEIN, 1905), trabalho conhecido como Relatividade Restrita (ou Especial) e o segundo momento foi em 1916, onde ele generalizou os resultados obtidos com a teoria de 1905, para serem aplicados a referenciais acelerados, trabalho que ficou conhecido como Relatividade Geral (EINSTEIN, 1916).

Cabe ressaltar, seja pela posição ontológica realista, seja pela maior simplicidade, a teoria de Einstein se destacou e se consolidou na comunidade científica.

## **Procedimentos Metodológicos**

No que diz respeito aos critérios utilizados na análise das obras, para fins didáticos, foram divididos em duas linhas de investigação: aspectos do conteúdo e aspectos didáticos. Essa classificação facilita a avaliação das obras, uma vez que os aspectos do conteúdo se destinam a analisar como o texto apresentado nos livros didáticos se relaciona com o saber de referência, abordando fatores que vão desde a estrutura teórica do texto até sua relação com os outros conteúdos na obra. Também foi avaliado neste momento como o conteúdo se apresenta em relação à estrutura do livro, tais como as concepções Históricas e Epistemológicas envolvidas na construção e evolução da teoria, a noção de ciência contida na obra, e se apresenta conflitos conceituais com a teoria de referência.

Por sua vez, os aspectos didáticos avaliam a originalidade e o compromisso do autor ao realizar a transposição didática para cumprir o contrato didático-pedagógico.

Apesar dos aspectos de conteúdo e didáticos serem linhas de investigação que se cruzam e interagem constantemente, a distinção para fins didáticos e para elaboração deste trabalho é bastante útil, porque permitem apontar problemas relativos a equívocos conceituais, como também, problemas de cunho pedagógico, identificando limitações do livro didático.

As coleções utilizadas para análise foram as indicadas pelo catálogo do PNLEM:

- FILHO, A. G., & TOSCANO, C. **Física** (1º ed., Vol. único). Scipione, 2005.
- GASPAR, A. **Física** (1º ed., Vol. único). Ática, 2005.
- LUZ, A. M., & ÁLVARES, B. A. **Física** (1º ed., Vols. 1, 2, 3). Scipione, 2005.
- PENTEADO, P. C., & TORRES, C. M. **Física - Ciência e Tecnologia** (1º ed., Vols. 1, 2 e 3). Moderna, 2005.
- SAMPAIO, J. L., & CALÇADA, C. S. **Física** (2º ed., Vol. único). Atual, 2005.
- SAMPAIO, J. L., & CALÇADA, C. S. **Universo da Física** (2º ed., Vols. 1, 2, 3). Saraiva, 2005'.

## Análise dos Livros

### Aspectos Didáticos

Das coleções apresentadas pelo catálogo do PNLEM, apenas a coleção de Filho & Toscano (2005) não aborda a Teoria da Relatividade (**Quadro 1**).

Por sua vez, as coleções de Sampaio & Calçada (2005), Sampaio & Calçada (2005') E Penteado & Torres (2005) abordam a Teoria da Relatividade num capítulo único contido em uma unidade dedicada à Física Moderna. Já a obra de Gaspar (2005) utiliza a estratégia de abordar apenas alguns tópicos da Teoria da Relatividade apresentados dentro de um capítulo dedicado a Física Moderna.

Luz & Álvares (2005), por sua vez, abordam alguns tópicos da Teoria da Relatividade apresentando-os dentro de duas seções de "Tópicos Especiais", essas seções tentam articular a introdução da Física Moderna a partir dos conteúdos de Física Clássica.

Se, por um lado, esta forma de abordagem é um avanço, uma vez que os conteúdos de Física Moderna não são apresentados de forma desarticulada no final do livro. Por outro lado, esta coleção expõe as seções de forma muito sucinta, deixando de discutir aspectos importantes da teoria. Este tipo de procedimento faz com que o texto pareça destinado à divulgação científica, divergindo dos objetivos desta etapa da educação, não atendendo ao contrato didático-pedagógico. As seções que tratam da Teoria da Relatividade são apresentadas com um projeto gráfico-editorial diferenciado do resto do capítulo, o que induz os estudantes e professores a utilizarem as seções como uma leitura suplementar, e não como uma continuação do próprio capítulo.

**Quadro 1:** Quadro comparativo Forma de Apresentação – Quantidade de Páginas

| <b>Coleções</b>        | <b>Forma de Apresentação</b>   | <b>Nº Páginas</b> |
|------------------------|--|-------------------|
| Filho & Toscano (2005) | Não aborda o tema  | 0                 |
| Gaspar (2005)          | Dentro de uma seção dedicada a Física Moderna  | 3                 |
| Luz & Álvares (2005)   | Tenta articular Física Moderna com Física Clássica apresentando a Teoria da Relatividade | 10                |

|                           |  |    |
|---------------------------|--|----|
|                           | dentro de capítulos dedicados a Física Clássica. |    |
| Penteado & Torres (2005)  | Capítulo único                                   | 24 |
| Sampaio & Calçada (2005)  | Capítulo único                                   | 12 |
| Sampaio & Calçada (2005') | Capítulo único                                   | 16 |

Dados da Pesquisa.

### Aspectos do Conteúdo

No que diz respeito às abordagens históricas e epistemológicas, todas as coleções analisadas apresentaram problemas como descontextualização histórica, omissões e distorções, o que vem contribuindo para um entendimento limitado do processo de construção da ciência. Como por exemplo, na página 391, da obra de Sampaio & Calçada (2005), os autores atribuem a Albert Einstein a criação da Teoria da Relatividade, o que representa uma ausência de informação sobre as contribuições de outros cientistas. Pois, uma teoria científica não é criada apenas por um cientista, é uma construção epistêmica, ao contrário do que o autor deixa implícito, é um trabalho árduo que envolve vários cientistas.

No caso da relatividade, o problema nasce da necessidade de transformar as leis físicas do eletromagnetismo em co-variantes, ou seja, de modo a se terem a mesma forma em todos referenciais inerciais, uma vez que os experimentos realizados no século XIX não conseguiram detectar o éter. Nesta perspectiva, surgiram duas teorias que chegavam aos mesmos resultados, mas usando estrutura e abordagens ontológicas diferentes: a de Lorentz - Poincaré e a de Einstein. Portanto, dizer que a Teoria da Relatividade foi criada somente por Einstein (SAMPAIO & CALÇADA, 2005, pg. 391) é uma omissão do debate científico. Logo, o que Einstein fez foi uma versão para a Teoria da Relatividade que teve sua primeira etapa, publicada em 1905, ficando conhecida mais tarde como Teoria da Relatividade Especial.

Gaspar (2005, pg. 519) também apresenta esta omissão de criação científica. Ele dá “andamento” no texto citando apenas o cientista Albert A. Michelson, ao relatar que ele fez experimentos para tentar detectar o éter, mas sem entrar em maiores detalhes, e mobilizando informações de modo inadequado, como pode ser visto no texto abaixo:

(...) outra grande dificuldade experimental da época: a detecção do éter, meio hipotético criado pelos físicos para servir de suporte à propagação da luz, pois, como onda ela necessitava de um meio elástico que possibilitava a sua propagação. Mas todas as tentativas experimentais para detectá-lo, desde a primeira realizada pelo físico americano Albert A. Michelson (1852 - 1931), em 1881, até a década de 1950 fracassaram. (GASPAR, 2011, pg. 521 e 522)

Segundo Martins (2008, pg. 12), as preocupações com o Princípio da Relatividade se acentuaram no século XIX, por causa de experimentos que tentaram medir a velocidade da Terra em relação ao éter, e não conseguiram. Existiam duas teorias para descrever o éter, basicamente: uma criada por Fresnel que admitia um éter em repouso em todo universo, onde essa substância seria capaz de atravessar todos os objetos, por mais espessos que fossem; e outra criada por Stokes, o qual propunha que o “éter seria um líquido viscoso, que aderiria à superfície dos corpos, sendo quase totalmente arrastado pela Terra, ficando em repouso em relação a ela na região próxima ao solo”.

A teoria do éter de Fresnel fazia algumas previsões quantitativas que poderiam ser verificadas, como por exemplo, que um corpo material transparente em movimento através do éter arrastaria parte do éter consigo. Essa previsão teórica foi testada e confirmada por Fizeau, no experimento que media, indiretamente, a velocidade da luz dentro de um tubo onde havia água em movimento, com certa velocidade  $u$ . (MARTINS, 2008, pg. 13)

No que diz respeito aos experimentos realizados por Michelson, vejamos:

- Em 1881, foi realizada a primeira versão do experimento com o interferômetro, que visava medir a velocidade da Terra em relação ao éter. Num primeiro momento, ele supôs que quando o percurso da luz fosse perpendicular ao vento do éter, não haveria mudança do tempo de ida e volta da luz. Ao realizar o experimento ele não conseguiu medir o efeito esperado e concluiu que o efeito não existia, o que leva a deduzir que existia algum problema com a teoria do éter estacionário de Fresnel. Nesta perspectiva, Michelson não negou a existência do éter, mas que ele deveria obedecer à outra teoria, a de Stokes.

Posteriormente, Michelson percebeu que houve um equívoco na suposição inicial e que o efeito esperado é praticamente equivalente aos erros experimentais, ou seja, o experimento não tinha sensibilidade suficiente para detectar o efeito.

- Em 1886, Michelson refez o experimento de Fizeau, o qual ainda não tinha sido reproduzido até então, chegando as mesmas conclusões de Fizeau, apresentando apenas 1% de discordância entre os resultados experimentais e teóricos.

- Em 1887, Michelson, com a colaboração de Morley, reconstruiu o interferômetro, com uma precisão dez vezes maior do que o construído em 1881. Ao fazer as medições, eles não conseguiram constatar os efeitos esperados, contidos na teoria de Fresnel. Assim, concluíram que o efeito era nulo e que não era possível medir a velocidade da Terra em relação ao éter (MARTINS, 2008, pg. 14 e 15).

Portanto, Michelson tinha em “mãos” dois resultados: um que corroborava com a teoria de Fresnel, e outro que não conseguiu medir os efeitos previstos na teoria do éter de Fresnel, o que diverge da afirmação exposta anteriormente por Gaspar (2011, pg. 521 e 522). Entretanto, a Teoria da Relatividade Restrita viria a elucidar a controvérsia, em 1905.

Assim, a afirmação apresentada na obra de Gaspar (2005, pg. 521 e 522) se apresenta incoerente.

## Conclusões

Conforme apresentado ao longo deste artigo, a introdução de conteúdos referentes à Teoria da Relatividade na escola básica é uma tendência, visto que, se compararmos os dados obtidos neste trabalho com os dados obtidos por Ostermann & Moreira (2000), os quais relatam que, na década de 90, os livros comercializados no Brasil, corriqueiramente, não abordavam a Teoria da Relatividade Restrita. Por conseguinte, comparando-o com os de Rodrigues & Oliveiras (1999) que por sua vez expõem a existência, em 1999, de apenas duas obras que tratavam do referido tema. Desta forma, pode-se concluir que houve um aumento no número de coleções que versam sobre o conteúdo de Relatividade, devido ao incentivo de políticas educacionais, através de programas como PNLEM.

Entretanto, é preocupante o fato de todas as coleções apresentarem em seu bojo concepções equivocadas de história da ciência, além de mobilizarem aspectos

epistemológicos de maneira inadequada, contribuindo, assim, para a construção de uma noção de ciência distorcida, e distanciando o estudante de construir competências das quais o PCN-EM julga importante, como o de propiciar “compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas” (BRASIL, 2002, pg. 14). Neste sentido, as omissões do debate científico, apresentadas em todas as coleções, representam um afastamento do reconhecimento, da atividade, como uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Com relação à forma que a Teoria da Relatividade Restrita é apresentada ao longo das coleções, os textos que especificamente foram formulados em um capítulo dedicado exclusivamente à teoria se mostraram mais coesos e apresentaram menos equívocos conceituais. Todavia, é importante se introduzir a Física Moderna explorando os limites da Física Clássica, a fim de que haja um melhor aprendizado. Nesta perspectiva, se destaca a metodologia utilizada por Luz & Álvares (2005) que tentou inserir alguns tópicos de Relatividade no “corpo” do texto destinado a Física Clássica. Porém, a qualidade do texto usado deixa a desejar uma vez que, se aproxima mais de um texto destinado a divulgação científica do que ao público de uma Escola de Ensino Básico, não cumprindo assim com o objetivo pedagógico.

Já no que concerne a relação do PCN-EM com questões atinentes a este artigo, se por um lado, houve um avanço na abordagem da física numa perspectiva histórica e filosófica da ciência, reconhecendo-a como uma construção importante para a formação do cidadão, por outro lado, em relação à abordagem da Teoria da Relatividade no Ensino Médio, esta diretriz se apresentou de maneira tímida, uma vez que os PCN-EM não apresentam como conteúdo em nenhuma das unidades temáticas.

Entretanto, a organização feita pelo PCN-EM dos conteúdos propicia a trabalhar a Teoria da Relatividade em todos os temas estruturadores. Dentro desta perspectiva, e levando em conta os dois pilares (contextualização e interdisciplinaridade) os quais norteiam a construção dos PCN-EM, faz-se necessário apresentar uma posposta pedagógica para o Ensino de Relatividade, fazendo intervenções na estrutura de organização das unidades:

- 1º Momento: Será aplicada no início do 1º ano do Ensino Médio, inserido no tema estruturador “Movimento: variações e conservações”. Nesta etapa, a Teoria da Relatividade deverá ser abordada de forma qualitativa, fazendo uma construção epistemológica do conceito, dialogando com componentes das disciplinas de História e Filosofia, buscando promover competências relacionadas à contextualização histórica e social.
- 2º Momento: Será aplicada no final do 3º ano do Ensino Médio, inserido no tema estruturador “Matéria e Radiação”. Nesta etapa, será realizado um estudo quantitativo da formulação da Relatividade proposta por Einstein, discutindo questões relacionadas às Matrizes Energéticas e Energia Nuclear. Neste sentido, será um tema articulador com componentes das disciplinas de História, Sociologia, Matemática e Geografia Política, buscando promover competências relacionadas a representação e comunicação, a investigação e compreensão, a contextualização histórica e social.

## Referências

- ARRIASSECQ, I.; GRECA, I. M. Introducción de la Teoría de la Relatividad Especial en el nivel medio /polimodal de enseñanza: identificación de teoremas - en - acto y determinación de objetivos - obstáculo. *Investigações em Ensino de Ciências* , 11, 189-218, 2006.
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Sobre as Origens da Relatividade Especial: Relações entre Quanta e Relatividade em 1905. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* , 13, 32 – 47, 1996.
- BRASIL, Ministerio da Educação (MEC), Secretaria da Educação Básica (SEB). **PCN+ Ensino Medio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. 2002.
- BUCHER, M. Diagrams for Relativistic Length Contraction and Time Dilation. **Am. J. Phys.**, Vol. 56, No. 10, 1988.
- BARROS, A.; MONTE E. M.; ARAÚJO, I. G.; OLIVEIRA, J. C. T.; VIEIRA, S. Sobre a contração de Lorentz – Fitzgerald. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 27, n. 4, pg. 621 – 623, 2005.
- CARUSO, F.; FREITAS, N. Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* , 26, 355-366, 2009.
- EINSTEIN, A. Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento. Tradução: Ricardo Soares Vieira. **Annalen der Physik**, nº 17, 891 – 921 1905.
- \_\_\_\_\_. Relativity: The Special and General Theory. Tradução: Robert W. Lawson. Editora: **Methuen & Co Ltd**, 1916.
- FILHO, A. G.; TOSCANO, C. *Física* (1º ed., Vol. único). Scipione, 2005.
- FIZEAU, H. Hypotheses on luminous ether and on an experiment that appears to demonstrate that the motion of bodies changes the velocity with which light propagates in their interior. **Ann. de Chim. et de Phys.** 57: 385–404. 1859. (TRADUÇÃO NASA, 1971).
- GASPAR, A. *Física* (1º ed., Vol. único). Ática, 2005.
- GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma Imagem Não-Deformada do Trabalho Científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GROCH, T. M.; BEZERRA, A. G. O Ensino de Relatividade Restrita e Geral nos Livros didáticos do PNLEM 2009. *XVIII Simposio de Ensino de Física - SNEF*. Vitória, ES, 2009.
- KÖHNLEIN, J. F., & PEDUZZI, L. O. (2005). Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a Teoria da Relatividade Restrita. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* , 22, 36 - 70.
- LARMOR, J. A. A Dynamical Theory of the Electric and Luminiferous Medium. (Parte I) **Phil. Trans. R. Soc. Lond.** Cambridge, 1893.
- LAUDAN, R. In: HEILBRON, J. L. (Ed.). The Oxford Companion to the History of Modern Science. **New York: Oxford University Press**, 2003. p. 670-671.
- LEACH, J. et al. Epistemological Understanding in Science Learning: the Consistency of Representations across Contexts. **Learning and Instruction**, Oxford, v. 10, n. 6, p. 497-527, 2000.
- LUZ, A. M.; ÁLVARES, B. A. *Física* (1º ed., Vols. 1, 2, 3). Scipione, 2005.

MCCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The Nature of Science in Science Education: an Introduction. **Science & Education**, Dordrecht, v. 7, n. 6, p. 511-532, 1998.

MARTINS, R. A. A dinâmica relativística antes Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 27, 11 – 26, 2005.

\_\_\_\_\_. **Teoria da Relatividade Especial**. Campinas: Grupo de História e Teoria da Ciência, 2008.

MATTHEWS, M. In Defense Of Modest Goals When Teaching about the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 35, n. 2, p. 161-174, 1998.

MAXWELL, J. C. On Physical Lines of Force. **Philosophical Magazine and Journal of Science**. Londres, 1861.

MICHELSON, A. A. The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether. **American Journal of Science**, 22: 120-129, 1881.

MICHELSON, A. A.; MORLEY, E. Influence of Motion of the Medium on the Velocity of Light. **American Journal of Science**, vol. 31, n. 185: 377 – 386, 1886.

\_\_\_\_\_. On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether. **American Journal of Science**, 34 (203): 333–345, 1887.

MONTEIRO, F. N. Jr.; CARVALHO, W. L. P. O Ensino de Acústica nos Livros Didáticos de Física Recomendados pelo PNLEM: Análise das Ligações entre a Física e o mundo do Som e da Música. **Holos**, vol.1, 2007.

NOGUEIRA, K. L.; DIAS, W. S.; JUNIOR, M. F. R. A Gravitação nos Livros de Didáticos No Ensino Médio: Uma Análise à Luz de um dos Critérios do PNLEM. **Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF**, 2009.

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**, 5, 23 – 48, 2000.

PENTEADO, P. C.; TORRES, C. M. **Física - Ciência e Tecnologia** (1º ed., Vols. 1, 2 e 3). Moderna, 2005.

POINCARÉ, H. Analysis Situs. **Journal de l'École Polytechnique**, 1 – 123, 1895.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. Uma visão do espaço na mecânica newtoniana na teoria da relatividade de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 30, 2008.

RENN, J. (2004). A Física Clássica de Cabeça para Baixo: Como Einstein Descobriu a Teoria da Relatividade Especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 27, 27 - 36.

RODRIGUES, C. D.; OLIVEIRA, M. P. Qual a Fonte da Abordagem da Relatividade Restrita em Livros Didáticos do Ensino Médio? **Atas do II Encontro de Pesquisa em Educação Científica**, 1999.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Física** (2º ed., Vol. único). Atual, 2005.

\_\_\_\_\_. **Universo da Física** (2º ed., Vols. 1, 2, 3). Saraiva, 2005'.

SANTOS, H. V. Relatividade e Realidade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 3, 83-84, 1986.

SANTOS, R. P. Relatividade Restrita com auxílio de diagramas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 23, 238-246, 2006.

SILVEIRA, F. L. Os resultados negativos do experimentos de Michelson - Morley refutarm a teoria do éter? A teoria da relatividade restrita se originou dos experimentos de Michelson – Morley?. *Revista online Spin Eletrônico*, N°406, 2004.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T. C.; TEIXEIRA, C. S. PCN-EM: Contextualização Ou Recontextualização. *Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física (XVI SNEF)*. Rio de Janeiro. 2005.

WOFF, J. F.; MORS, P. M. Relatividade no ensino médio: uma experiência com motivação na historia. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14 – 22, 2006.