



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS SÃO RAIMUNDO NONATO
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

JANE KELLY DE SOUZA MOTA

**ANÁLISE DO CONTEÚDO DE RELATIVIDADE RESTRITA EM LIVROS
DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

SÃO RAIMUNDO NONATO

2022

JANE KELLY DE SOUZA MOTA

**ANÁLISE DO CONTEÚDO DE RELATIVIDADE RESTRITA EM LIVROS
DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus São Raimundo Nonato.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Sousa Ribeiro.

SÃO RAIMUNDO NONATO

2022

JANE KELLY DE SOUZA MOTA

**ANÁLISE DO CONTEÚDO DE RELATIVIDADE RESTRITA EM LIVROS
DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus São Raimundo Nonato.

Aprovada em: 12 /09/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Sousa Ribeiro (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof^a. Ma. Mauryleia Marques Ferreira de Medeiros
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof^a. Aline Simões dos Santos
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

M917a Mota, Jane Kelly de Souza
Análise do conteúdo de Relatividade Restrita em livros didáticos de Física
no Ensino Médio. / Jane Kelly de Souza Mota. – 2022.

68 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto
Federal do Piauí, Campus São Raimundo Nonato, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Sousa Ribeiro.

1. Teoria da Realidade Restrita. 2. Ensino de Física. 3. Física Moderna
e Contemporânea. I. Título

CDD – 530.1

Ficha catalográfica: Josué de Moura Costa (Bibliotecário) – CRB3/1130

Dedico este trabalho, a Deus pela proteção e alívio, e a
minha mãe pela dedicação e apoio em todos os
momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo o dom da vida e por ter me permitido chegar até aqui.

A minha família, em especial à minha mãe, Janeide de Souza Filha, ao meu padrasto Adilson Gomes dos Santos e aos meus irmãos, Jany Kelson de Souza Mota e Adilson Gomes dos Santos Filho pelo carinho e incentivo ao longo desta caminhada.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – *Campus* São Raimundo Nonato e seus servidores pelo acolhimento durante o curso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Sousa Ribeiro pela orientação deste trabalho.

Agradeço a todos os meus professores do curso de Licenciatura em Física do IFPI - *Campus* São Raimundo Nonato, que contribuíram para o meu aprendizado, em especial aos professores, Antônio Sousa, Mauryléia Marques, José Moreira, Sergiane Neves e Leia Soares.

Aos meus colegas de turma, pelo companheirismo durante os estudos.

As minhas amigas, em especial, Indiara Braga, Jaciária Ferreira, Nair Lorrany de Negreiros e Aline da Mata pelo apoio e torcida.

Aos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

A todos vocês, o meu muito obrigada.

“É um tempo maravilhoso de se viver!”.

Albert Einstein.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar como o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita é apresentado em livros didáticos de Física, da terceira série do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018. Trata-se de uma pesquisa básica com características bibliográficas, descritiva e quali-quantitativa de três livros didáticos de Física submetidos à Análise de Conteúdo. Os resultados mostraram que o conteúdo analisado é organizado em unidades e capítulos diferentes, contendo formas de abordagens similares e distintas.

Palavras-chave: Teoria da Relatividade Restrita; livros didáticos de Física; ensino de Física; Física Moderna e Contemporânea; Ensino Médio.

ABSTRACT

This work aims to analyze how the content of the Special Theory of Relativity is presented in Physics textbooks, from the third grade of High School approved by the PNLD 2018. It is a basic research with bibliographic, descriptive and qualitative characteristics of three Physics textbooks submitted to Content Analysis. The results showed that the analyzed content is organized in different units and chapters, containing similar and different approaches.

Keywords: Special Theory of Relativity; Physics textbooks; Physics teaching; Modern and Contemporary Physics; High school.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Albert Einstein.	29
Figura 2- Uma experiência imaginária sobre simultaneidade.	32
Figura 3 – Capa do Guia de Livros Didáticos de Física – Ensino Médio – PNLD 2018.	38
Figura 4 – Print da página do portal do FNDE.	39
Figura 5- Ilustração das capas dos livros didáticos de Física escolhidos para análise do conteúdo de Relatividade Restrita nesse estudo.	41
Figura 6 – Imagem do início do capítulo do livro L1- Compreendendo a Física.	45
Figura 7 – Imagem do início do capítulo do livro L2--Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano.	47
Figura 8 – Imagem do início do capítulo do livro L3-Conexões com a Física.	48
Figura 9 – Exemplos das ilustrações distribuídas ao longo do capítulo sobre Relatividade Restrita nos livros didáticos de Física analisados nesse estudo.	53
Figura 10- O aspecto visual de um carro em movimento representado a contração relativística, presente em L3.	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Quantidade de ilustrações utilizadas para abordar o conteúdo sobre a Teoria da Relatividade Restrita presentes nos três livros didáticos de Física PNLD 2018.	55
Gráfico 2- Quantidade de textos complementares e propostas de experimentos relacionadas ao conteúdo de Relatividade Restrita presentes nos livros didáticos de Física da terceira série do Ensino Médio incluídos nesse estudo.	56
Gráfico 3- A quantidade de exercícios que se referem ao conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita contidos em três livros didáticos de Física para o Ensino Médio do PNLD 2018.	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Referências dos três livros didáticos de Física da terceira série do Ensino Médio aprovados pelo PNLD – 2018.	40
Quadro 2- Critérios para Análise do Conteúdo de Relatividade Restrita contidos em Livros Didáticos de Física aprovados no PNLD 2018.....	42
Quadro 3- Organização do conteúdo de Relatividade Restrita nos Livros Didáticos de Física da Terceira Série do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018.	49
Quadro 4- Abordagem dos textos ao longo do capítulo referente à Teoria da Relatividade Restrita em livros aprovados pelo PNLD 2018.	51
Quadro 5- Abordagem da História e de alguns conceitos da Teoria da Relatividade Restrita presente em livros didáticos de Física aprovados pelo PNLD 2018.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Curricular Comum
EB	Educação Básica
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FC	Física Clássica
FM	Física Moderna
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
L1	Livro 1
L2	Livro 2
L3	Livro 3
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PNC	Parâmetros Nacionais Curriculares
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
TRG	Teoria da Relatividade Geral
TRR	Teoria da Relatividade Restrita

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	17
2.2	O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	20
2.3	A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	22
2.4	RELATIVIDADE RESTRITA	26
2.4.1	Albert Einstein e a Teoria da Relatividade Restrita	27
2.4.2	Os Postulados da Teoria da Relatividade Restrita	29
2.4.3	Simultaneidade	30
2.4.4	Dilatação temporal	32
2.4.5	Contração do comprimento	34
2.4.6	Energia relativística	35
3	METODOLOGIA.....	37
3.1	A BUSCA DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA PARA PESQUISA	38
3.2	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICO DE FÍSICA.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

O livro didático de Física é uma ferramenta pedagógica utilizada tanto no nível médio quanto no nível superior, fornecendo aos professores e aos alunos informações sobre os mais variados assuntos dessa ciência, de forma geral e/ou específica. Esse tipo de material, seja na forma impressa ou não, orienta a prática docente e possibilita o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, uma vez que, disponibiliza conteúdos essenciais para obtenção de conhecimentos físicos.

De acordo com Freitas e Andrade Neto (2019), o livro didático de Física é o recurso pedagógico mais utilizado pelo professor em comparação com os outros recursos existentes, servindo de orientação para a definição dos conteúdos e das atividades a serem desenvolvidas em sala de aula. Em alguns casos, é a única ferramenta pedagógica utilizada para o ensino e através desse material é possível despertar a curiosidade e interesse dos alunos pelos estudos.

Ao longo da história do ensino de Física, os livros didáticos sofreram diversas transformações, exigidas pelos Parâmetros Nacionais Curriculares (PNC) e pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que foram incluídas nesses livros pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Devido a essas transformações existe a curiosidade e preocupação com a qualidade do livro didático utilizado nas escolas, por esta razão, há uma crescente e diversificada quantidade de pesquisas avaliando esse material didático.

Segundo Salvador e Portela (2020), a análise dos livros didáticos para o Ensino Médio (EM) possui um papel importante tanto para a formação inicial dos professores quanto para aqueles que atuam na Educação Básica (EB), com o objetivo de alcançar o máximo aproveitamento no processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Os autores afirmam que, para os licenciandos, a prática de análise contribui para futuras escolhas de livros, refletindo e estabelecendo critérios e categorias, para selecionar o material mais apropriado para o ensino.

Os primeiros exemplares de livros didáticos de Física foram distribuídos pelo Programa Nacional de Livros Didáticos para o Ensino Médio (PNLEM), em 2009, para todas as escolas públicas do Brasil. Em virtude disso, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas para analisar a qualidade desses livros de uma forma geral ou específica, abordando temas de Física Clássica (FC) e/ou Física Moderna e Contemporânea (FMC).

Dentre as pesquisas (Dominguini, 2012), que analisaram a presença do conteúdo de FMC nos livros didáticos de Física do EM, foi constatado que esse conteúdo é abordado nesses livros, de forma variável, podendo ser apresentada em um capítulo ou apenas uma seção. De acordo com Pereira, Guerini e Sá-Silva (2019), atualmente, todos os livros didáticos

de Física aprovados no PNLD possuem o conteúdo de FM. Entretanto, a presença desse conteúdo nesses livros, não garante que eles sejam abordados em sala de aula pelo professor de Física.

É comum algumas pessoas relatarem que nas escolas em que concluíram o EM o ano letivo acabava e os conteúdos do livro didático de Física não eram concluídos, ou seja, quando essas pessoas cursaram esse nível de escolaridade, elas não tiveram conhecimento de todos os conteúdos contidos nesse livro, dentro da sala de aula. Dessa forma, os conteúdos de FMC não foram trabalhados nessas escolas, uma vez que, os últimos capítulos desses livros são dedicados a esse assunto.

Neste contexto, existem estudos que investigam como inserir o conteúdo de FMC no EM, investigando a aplicação de diversos recursos pedagógicos e metodologias aplicadas em uma sequência didática produzindo evidências científicas de como inserir esses conteúdos nesse nível de ensino. Segundo Wolff (2005), muitas escolas do EM não estão preparadas para inserção de conteúdos de FMC, especificamente o conteúdo da Teoria da Relatividade Especial dentro da sala de aula, esbarrando na dificuldade em encontrar material didático apropriado para o ensino, que contenha o assunto no nível adequado, com uma contextualização histórica apropriada.

A Teoria da Relatividade Especial ou Restrita foi proposta por Albert Einstein, em 1905. Essa teoria se baseou em dois postulados: (1) Princípio da relatividade e (2) Princípio da constância da velocidade da luz. Segundo Nussenzveig (1998), o primeiro postulado diz que as leis da física são as mesmas em todos referenciais inerciais e o segundo diz que a velocidade da luz no vácuo é a mesma em todos os referenciais inerciais, independente do movimento da fonte em relação ao observador.

A inserção da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) no EM pode ser uma alternativa, para quem busca tornar a Física mais interessante para o aluno. Ressaltando a importância e a riqueza do tema para discutir o papel da comunidade científica na construção das teorias e para mostrar que o conhecimento científico não é imutável, e sim, uma construção humana que pode ser contestada e modificada (KÖHNLEIN E PEDUZZI, 2005).

Vários estudiosos (OSTERMANN e RICCI, 2002; WOLFF, 2005; NEVES, 2014; JARDIM, VASQUEZ OTOYA e OLIVEIRA, 2015) estão analisando como o conteúdo da TRR ou Especial está sendo abordado nos livros didáticos de Física para o EM, em diferentes linhas de pesquisa, considerando a análise do conteúdo da teoria como um todo e/ou a análise de tópicos específicos dessa teoria, os resultados mostram que a maioria dos livros analisados apresenta erros conceituais ou representativos sobre o tema em questão. Segundo Jardim et al

(2015), essas inadequações poderiam gerar interpretações equivocadas tanto por parte dos professores quanto dos alunos. Nessa perspectiva, o presente trabalho possui como problema de pesquisa, o seguinte questionamento: Como é apresentado o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) nos livros didáticos de Física aprovados pelo PNLD 2018 para o Ensino Médio?

O interesse em analisar essa problemática, deve-se ao fato de que o terceiro ano do Ensino Médio será a última oportunidade para alguns estudantes verem esse assunto caso eles não sigam alguma área da Física e/ou afins. Como o livro didático de Física é a principal ferramenta pedagógica utilizado nesse nível de escolaridade, é importante analisar como o conteúdo da TRR é abordado nesses exemplares.

Essa pesquisa tem relevância para comunidade acadêmica e demais interessados sobre o assunto abordado nesse estudo, pois pretendemos apresentar e discutir o conteúdo da TRR através dos itens de critérios de Análise de Conteúdo (técnica de coleta de dados), apontando onde os autores dos livros analisados podem melhorar a abordagem do conteúdo em questão, visando contribuir com informações relevantes para o ensino de Física no EM.

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo geral, analisar como o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita é apresentado em três livros didáticos de Física, da terceira série do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018. Para atingir esse objetivo, tivemos os seguintes objetivos específicos: (1) Descrever como a Teoria da Relatividade Restrita é apresentada em cada material didático; (2) Comparar como o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita é abordado nos livros didático analisado e (3) Apontar se existe algum erro conceitual e/ou representativo do conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita contido nos materiais didáticos analisados.

A metodologia utilizada se classifica como uma pesquisa básica com característica bibliográfica, descritiva e quali-quantitativa, analisando o conteúdo de Relatividade Restrita de três livros didáticos de Física, da terceira série do Ensino Médio, aprovados pelo PNLD 2018. Os livros foram analisados através de seis critérios de Análise de Conteúdo. Este trabalho está dividido em tópicos e subtópicos. A seguir, mostraremos a fundamentação teórica, metodologia, resultados e discussões e considerações finais deste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

O livro didático é uma ferramenta pedagógica de extrema importância para o ensino, sendo utilizado na Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio e Ensino Superior, tanto pelos professores quanto pelos alunos. Segundo Ferreira (2017), didático é o livro que será utilizado em aulas e cursos, que provavelmente foi escrito, editado, vendido e comprado, pensando nessa utilização escolar e sistemática. A importância do livro didático aumenta ainda mais em países como o Brasil, onde existe uma precária situação educacional que faz com que esse tipo de livro acabe determinando conteúdos e estratégias de ensino, marcando de forma decisiva, o que se ensina e como se ensina.

No contexto da educação brasileira, o livro didático é utilizado pelo professor como um guia de orientação para planejar, desenvolver e avaliar sua prática pedagógica. O livro didático é um elemento determinante na relação do estudante com a disciplina, sendo para boa parte da população o único contato com a leitura que se tem acesso (NEVES, 2014). Essa afirmação deixa evidente a importância do livro didático e a precária situação educacional que perdura até os dias atuais.

Apesar de termos, atualmente, acesso a um acervo bem maior de obras literárias nas escolas públicas, observa-se ainda, uma escassez de materiais sobre determinados assuntos. Assim, em situações como essas, alguns professores de Física ou de outras disciplinas, disponibilizam livros em formato PDF para complementar o ensino, entregam cópias sobre o conteúdo que será abordado em sala de aula ou deixam esses materiais em algum estabelecimento que realizem impressão e/ou fotocópias. Essas são estratégias viáveis para ampliar o acesso e diversificar as informações sobre o que se pretende ensinar. Ressaltando que esses materiais devem ser utilizados dentro e fora do ambiente escolar para reforçar e complementar o que foi aprendido em sala de aula.

Segundo Freitas e Andrade Neto (2019), o livro didático é material didático mais utilizado pelo professor de Física, servindo de orientação para a definição dos conteúdos e das atividades a serem desenvolvidas em sala de aula. Em alguns casos, o livro didático é a única ferramenta didática utilizada para o ensino e através desse material é possível despertar a curiosidade e interesse dos alunos pelos estudos.

O livro didático de Física no Ensino Médio (EM) é a ferramenta didática mais

utilizada em sala de aula em comparação a outros recursos pedagógicos, seja por opção do professor ou falta de familiarização com os recursos tecnológicos existentes que podem possibilitar a aplicação do ensino de Física. Desse modo, o livro didático de Física representa a principal fonte de conhecimento de Física utilizada tanto por professores quanto por estudantes.

Ao longo da história do ensino de Física, os livros didáticos sofreram diversas transformações, exigidas pelos Parâmetros Nacionais Curriculares (PNC) e pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que foram incluídas nesses livros pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). O PNLD foi criado com o intuito de assegurar a qualidade dos livros didáticos adotados pelas escolas brasileiras. Esse programa foi desenvolvido para realizar uma avaliação pedagógica dos livros didáticos antes deles serem utilizados na sala de aula (SANTOS; MARTINS, 2011).

O PNLD é um programa voltado para a distribuição gratuita de obras didáticas às escolas públicas. Esse programa existe há décadas com diferentes nomes e formas de execução. Foi estabelecido pelo Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985. Nesse documento de sua criação, foi determinada a participação efetiva do professor na escolha dos livros didáticos, mediante análise e indicação dos títulos dos livros adotados, cuja seleção far-se-á por escola, série e componente curricular.

Ao longo dos anos, o PNLD tem-se aperfeiçoado com relação à distribuição de livros didáticos para as escolas públicas. Inicialmente, esse programa, só assegurava a distribuição gratuita dos livros didáticos para as escolas públicas do Ensino Fundamental, porém com o passar dos anos, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), assegurando a distribuição gratuita de livros didáticos para as escolas públicas de Ensino Médio e dentre outros.

De acordo com o Portal do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação- FNDE, a distribuição de obras didáticas para os estudantes do Ensino Médio das escolas públicas, foi assegurada em 2004, pela Resolução nº 38 do FNDE, que implementou o PNLEM. Os primeiros exemplares distribuídos por esse programa foram os livros das disciplinas de Português e Matemática, distribuídos na região norte e nordeste. Ao decorrer dos anos, os livros de outras disciplinas também foram distribuídos por esse programa de forma integral para todas as escolas de todas as regiões do país. Os livros didáticos de Física só foram distribuídos para as escolas públicas em 2009. A partir de 2010 os livros didáticos de Física para o EM passaram a ser distribuído pelo PNLD.

Anualmente, o PNLD lança um documento chamado Guia do livro didático. Tal

documento tem como finalidade orientar os docentes da Educação Básica na nova escolha dos livros didáticos das escolas públicas federais, estaduais e municipais. Este tipo de documento apresenta resenhas das obras aprovadas no PNLD vigente e critérios (Critérios eliminatórios comuns a todas as áreas abrangidas pelo PNLD vigente; Critérios eliminatórios da área de Ciências da Natureza; Critérios eliminatórios específicos para o componente curricular física). A execução do PNLD é realizada anualmente de forma alternada. A cada ano é atendido um nível de ensino diferente, variando entre: educação infantil, anos iniciais e anos finais do ensino fundamental e ensino médio.

O PNLEM e PNLD disponibilizaram até o ano de 2020, Guias com orientações para a escolha dos livros didáticos para o EM elaborados em 2008, 2009, 2012, 2015 e 2018. Dentre os anos que o PNLD foi voltado para o EM os guias referentes às disciplinas desse nível de ensino foram sendo introduzidos gradualmente nesses documentos, sendo disponibilizando em 2008 o Guia de Livros Didáticos de História e Química e em 2018 os Guias de Livros Didáticos de várias disciplinas, tais como: Biologia, Espanhol, Filosofia, Física, Geografia, História, Inglês, Língua Portuguesa, Matemática, Química e Sociologia. Além de Guias voltados para Arte e obras literais para o EM.

Neste cenário, foram lançados quatro Guias de Livros Didáticos de Física nos anos de 2009, 2012, 2015 e 2018. As Resenhas contidas nesses Guias possuem informações de coleções, contendo três volumes e de livros de volume único que constituem as obras aprovadas durante esses anos. As resenhas das obras aprovadas estão organizadas em seções: Visão Geral, contendo uma breve apresentação da coleção, destacando elementos de identificação; Descrição da obra, contendo a estrutura geral da coleção, as diferentes seções que a compõem e a organização dos conteúdos trabalhados; Análise da obra, destacando aspectos da proposta didático-pedagógica da coleção, da organização do conteúdo abordado e do Manual do Professor; e em sala de aula, que oferece algumas orientações práticas ao professor para o desenvolvimento dos conteúdos e atividades propostas pela coleção.

Para o PNLEM de 2009, foram aprovadas três coleções e três livros de volume único. Totalizando 06 obras de Física; para o PNLD de 2012, foram aprovadas dez coleções de Física; para o PNLD de 2015, foram aprovadas quatorze coleções de Física e para o PNLD de 2018 foram aprovadas dose coleções de Física. Observa-se um aumento da quantidade de obras didáticas dessa componente curricular, ampliando as opções de livros didáticos para a seleção dos professores responsáveis pelo ensino de Física no Ensino Médio das escolas públicas brasileiras.

2.2 O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Antes de abordarmos sobre o ensino de Física no Ensino Médio (EM) destacaremos alguns artigos que constituem a Lei nº 9.394 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional brasileira. De acordo com a LDB (2020), são estabelecidos em relação aos Níveis e Modalidades de Educação e Ensino os seguintes artigos:

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos [...] (LDB, 2020, p. 25).

Art. 36. O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

I - linguagens e suas tecnologias;

II - matemática e suas tecnologias;

III - ciências da natureza e suas tecnologias;

IV - ciências humanas e sociais aplicadas;

V - formação técnica e profissional [...] (LDB, 2020, p. 27).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento normativo que contém habilidades e competências estabelecidas para o ensino na Educação Básica. Esse documento está organizado por áreas do conhecimento. No Ensino Médio, a área do conhecimento de ciências da natureza e suas tecnologias engloba as disciplinas de Biologia, Química e Física ensinadas da primeira a terceira série do nível médio (BRASIL, 2018).

O ensino de Física no EM é composto por temas da Física Clássica (FC) e da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Conforme Ostermann e Ricci (2002), a Física é dividida em três períodos, de acordo com a ordem cronológica do seu processo evolutivo: A Física Clássica - até o final do século XIX; A Física Moderna - final do século XIX até a década de 1940; e A Física Contemporânea - aproximadamente da década de 1940 até os dias atuais.

Pires e Veit (2006) apontam que nos últimos anos, a carga horária das aulas de Física está reduzindo, levando os docentes a priorizarem os conteúdos de Mecânica Clássica em suas aulas, ou provocando distorções ao abordarem superficialmente os conteúdos, dando a entender, para os estudantes, que a Física é um ramo da Matemática devido a forma que ela é ensinada. Este fato é observado principalmente quando o professor de Física não possui formação em Física, o que é comum no ensino público.

O ensino de Física, geralmente, é ministrado no EM das escolas públicas brasileiras por professores que não possuem formação específica em Física, devido à escassez de profissionais formados nessa área de atuação e para complementar a carga horária dos

professores que possuem outro tipo de formação acadêmica, acarretando em um ensino de Física superficial, com enfoque na memorização de fórmulas e resolução de exercícios, sem a devida discussão e entendimento dos conceitos envolvidos nessa disciplina.

De acordo com Santos (2019), o ensino de Física no EM, vem priorizando a memorização de conteúdo, fórmulas e técnicas de resolução de problemas, com prejuízo do entendimento das bases conceituais envolvidas nos conteúdos estudados e da relação dos conceitos com o funcionamento e uso de equipamentos tecnológicos de uso diário dos estudantes.

Nessa perspectiva, é possível observar, em alguns casos, que os alunos memorizam as fórmulas, mas não sabem aplicá-las corretamente, eles possuem dificuldade de associar os conceitos físicos com os cálculos matemáticos. Eles leem o exercício proposto, não entendem o que a questão está pedindo e/ou se sentem inseguros para distinguir qual é a fórmula mais adequada para a situação.

Segundo Silva et al (2018), a persistência dos professores em adotarem metodologias tradicionais no ensino de Física, ocorre devido a fatores, tais como: o ensino precário durante a formação do professor, desvalorização profissional e até mesmo devido à falta de recursos para ensinar melhor os fenômenos físicos para os alunos. Faz-se necessário ter professores comprometidos em mudar suas metodologias, uma vez que, o aluno que apresenta dificuldades, pode melhorar sua aprendizagem se o professor fizer essas mudanças.

Dessa forma, a metodologia utilizada pelos professores para ministrar as aulas de Física pode despertar ou não o interesse dos alunos em aprender essa disciplina, por este motivo, é interessante que o professor esteja sempre atualizado, devendo buscar diferentes métodos e ferramentas pedagógicas que contextualize o ensino para despertar o interesse dos alunos em aprender física.

Despertar o interesse pela Física pode não ser uma tarefa fácil, mas pode se tornar possível com o uso de algumas propostas metodológicas, como por exemplo, o uso de experimentos, filmes relacionados com determinados conteúdos físicos e a explicação de conceitos físicos visando à aprendizagem da teoria para entender a utilização da Matemática (SILVA et al, 2018).

O professor é o mediador do processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Ele tem autonomia para escolher as referências complementares para o ensino e para decidir qual é o momento mais adequado para introduzir outras ferramentas pedagógicas, tais como: experimentos, vídeos, jogos, podcast, aplicativos dentre outros recursos tecnológicos. Apesar da existência desses recursos pedagógico-tecnológicos, o livro didático de Física é o

principal instrumento utilizado em sala de aula. Seja por preferência do professor ou por falta de familiarização com os outros instrumentos pedagógicos existentes.

2.3 A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) é uma exigência dos Parâmetros Nacionais Curriculares (PNC) que foi mantida pela BNCC nesse nível de escolaridade. Em relação a isso, o PNC no EM possui as seguintes informações:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PNCEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão de ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem [...](BRASIL, 2002, P.59).

[...] Alguns aspectos da chamada física Moderna serão indispensáveis para permitir jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constituía matéria, de forma que tenha contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores [...] (BRASIL, 2002, P.70).

Apesar de ser exigida por esses documentos a inserção da FMC no EM, é observado até os dias atuais a ênfase em tópicos de Física Clássica. Nessa perspectiva, é discutida a importância da sua introdução nos currículos escolares e formas alternativas de inserir essa Física nesse nível de ensino. Segundo Silva, Arengi e Lino (2013, p.70), a inserção da FMC no EM é uma linha de pesquisa em ascensão dentro do Ensino de Física. Os autores afirmam que “Essa linha de pesquisa se concentra em desenvolver estratégias e metodologias para inserir esses tópicos no ensino de Física”.

Segundo Salomão, Araujo e Mackedanz (2020), é importante introduzir a FMC no EM, pois essa possibilita o contato dos alunos com conhecimentos responsáveis por explicar o funcionamento de aparelhos tecnológicos que estão em nossa volta, possibilita a compreensão de como se desenvolve o conhecimento científico. Os autores afirmam que a FMC pode despertar o interesse dos alunos por disciplinas de Física e até mesmo motivá-los a cursar algum curso relacionado à Física no Ensino Superior.

Mas a implementação desses conteúdos nas escolas, é marcada por alguns obstáculos que dificultam sua abordagem dentro da sala de aula, tais como: a carga horária reduzida e o fato dos conteúdos de FMC serem apresentados nos últimos capítulos dos livros didáticos de Física (MOURA e VIANA, 2019; SANTOS, 2017; OLIVEIRA e ALMEIDA, 2013), a falta de infraestrutura das escolas, o ensino de tradicional enraizado, a dificuldade dos alunos em matemática, a falta de preparo dos professores, a não obrigatoriedade desses conteúdos na Matriz Curricular do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM (SALOMÃO, ARAUJO E MACKEDANZ, 2020), à necessidade de preparar os alunos do terceiro ano do EM para os exames de seleção para o ingresso nas universidades que geralmente ocorrem a partir do mês de outubro, que raramente abordam esse tipo de assunto (SANTOS, 2017) e a escassez de livros e materiais didáticos que incluam com clareza temas e atividades inovadoras (NICOLAU JUNIOR, 2014).

A maioria dos professores segue rigorosamente as atividades recomendadas no livro didático. Por isso, a análise constantemente da abordagem dos conteúdos é necessária para que atenda às necessidades básicas do EM (PEREIRA, 2019). Os livros didáticos de Física, voltados para o EM, apresentam o conteúdo de FMC, incluindo capítulos com noções de Física Quântica, Relatividade, Física Nuclear, Cosmologia e Partículas Elementares. As duas primeiras noções são as que mais aparecem nesse tipo de obra didática. Os capítulos de FMC são apresentados na última seção dos livros didáticos de Física destinados à terceira série do EM, obedecendo a aspectos organizacionais históricos para tal apresentação.

Dessa forma, alguns estudantes concluem o EM sem aprenderem os tópicos de FMC. O fato desses conteúdos não serem trabalhados em sala de aula, não impede os alunos de terem acesso a esses conteúdos, pois eles estão presentes nos livros didáticos de Física que foram distribuídos pelas escolas públicas no início do ano letivo. Entretanto, faz-se necessário que o professor auxilie esse estudo, para facilitar a compreensão sobre esses assuntos, esclarecer as dúvidas e fornecer informações extras que podem não está presente nas obras didáticas adotadas para o ensino.

Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009), realizaram um estudo entrevistando professores de Física sobre as suas dificuldades em introduzir a FMC no EM, e revelaram que a maioria dos entrevistados destaca a carga horária reduzida, como um dos principais impedimentos para a inserção desses conteúdos no EM. Os professores alegam que o tempo disponibilizado para as aulas de Física não é suficiente nem para trabalhar o conteúdo de FC, pois são apenas duas aulas por semana. Além disso, os professores relatam que os alunos chegam com deficiências no EM, como por exemplo, matemática básica e interpretação de

texto, devido a isso, os docentes não conseguem avançar o conteúdo e terminar os assuntos de FC. Também foi mencionado por alguns entrevistados, que a deficiência da sua formação docente impossibilita a introdução da FMC nas aulas de Física.

É comum, ouvir relatos como esses nos dias atuais, dentre outros fatores. Segundo Santos (2017), alguns professores de Física relatam que não se sentem preparados para ministrar aulas sobre os conteúdos de FMC devido ao formalismo matemático exigido no assunto. Nessa perspectiva, muitos educadores se lamentam que esses conteúdos são muito complexos para o aluno do EM, e que devido a isso não incluem os conteúdos de FMC em suas aulas.

Nesse contexto, Ostermann e Moreira (2001), afirmam que é possível ensinar FMC no EM, é um equívoco dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos. Corroborando com isso, Santos (2017), afirma que é possível que os estudantes do nível médio aprendam FMC, cabe ao professor a tarefa de querer trabalhar esses conteúdos e buscar formas adequadas para ensinar esses tópicos em sala de aula. A utilização de recursos didáticos é necessária para facilitar a compreensão sobre esse assunto.

Vários pesquisadores estão investigando metodologias alternativas para inserir a FMC no EM. Ostermann e Moreira (2000), realizaram uma revisão de literatura através da consulta a artigos em revistas, dissertações, teses e livros didáticos que abordam a FMC no EM, e constataram que há uma necessidade de amadurecimento dessa linha de pesquisa. Os autores revelaram dentre outros aspectos, que existem divergências a respeito de questões metodológicas para ensinar esse conteúdo nas escolas. Além disso, existem poucas publicações explorando tópicos importantes desse conteúdo, sendo necessário, aumentar a quantidade de tópicos de FMC nos textos que contemple esse assunto.

Dominguini (2012), analisou a existência do conteúdo de Física Moderna (FM) em livros didáticos de Física disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM), e verificou que todos os livros analisados apresentaram o conteúdo, seja em forma de capítulo, unidade, apêndice ou texto complementar ao longo da obra. Essas formas de apresentação demonstram a opinião dos autores sobre a importância da inserção da FM no EM. Dentre os cinco livros analisados, três defendem que a FM seja um conteúdo imprescindível aos alunos, enquanto, dois apenas o recomendam como leituras complementares.

Nesse contexto, dependendo do autor e obra adotada, as apresentações dos tópicos de FM podem variar completamente. Corroborando com isso, Wolff (2005), afirma que a forma

de abordagem do conteúdo de FMC nos livros didáticos de Física é variável, existem autores que incluem um capítulo ou apenas uma seção para abordar esse assunto nos livros didáticos de Física. O autor, afirma que muitas escolas do EM não estão preparadas para a inserção de conteúdos de FMC, especificamente o conteúdo da Teoria da Relatividade Especial dentro da sala de aula.

A Relatividade Especial ou Restrita é uma das duas teorias de Albert Einstein sobre a Relatividade que vem sendo analisada nos livros didáticos de Física do Ensino Médio por vários pesquisadores, seja analisando todo o conteúdo e/ou algum tópico específico dessa teoria. Ostermann e Ricci (2002), analisaram livros didáticos de Física para o nível médio, e concluíram que a maioria das obras analisadas não aborda a Relatividade Restrita e quando o tema é tratado, muitas vezes a abordagem deixa a desejar, pela sua superficialidade. Os autores constataram que, quando o assunto é abordado nas obras analisadas, observam-se omissões ou imprecisões sobre o conteúdo analisado que podem provocar má interpretação do leitor.

Nessa perspectiva, estudos recentes, comprovam a persistência de omissões e imprecisões do conteúdo de FMC de forma geral ou tratando de conteúdos específicos, como a TRR nos livros didáticos de Física do EM. Conforme Pereira, Guerini e Sá-Silva (2019), algumas pesquisas que avaliaram a qualidade dos livros didáticos de Física com relação ao conteúdo de FMC, revelam que os livros analisados apresentam incoerências no texto ou imagem associados a equívocos conceituais de conteúdos de Física, assim como a falta da contextualização histórica, omissão e distorções da história da Física e etc. Os autores destacam a importância e necessidade de realizar pesquisas que apontem baseado em evidências, onde os autores dos livros didáticos podem melhorar a qualidade dos conteúdos de FMC, para contribuir com a construção do pensamento crítico e reflexivo dos professores e estudantes.

Jardim, Otoyá e Oliveira (2015), analisaram um tópico da TRR em livros de Física aprovados no PNLD 2015, e verificaram que a maioria dos livros analisados apresenta erros conceituais ou representativos que poderiam gerar interpretações equivocadas tanto por parte dos professores quanto dos estudantes que lesem essas obras didáticas.

Diante disso, vê-se a importância de refletir e criticar o que está nos livros didáticos de Física, uma vez que existe a possibilidade de erros, apesar de ter todo um planejamento para a construção desses livros. Corroborando com isso, Ferreira (2017), afirma que cabe aos professores utilizar o livro didático de forma reflexiva, orientando seus alunos sobre os conteúdos que são apresentados, pois nem tudo que está exposto são verdades prontas e

acabadas, há outras versões de uma mesma história, portanto, as informações contidas nos livros didáticos podem e devem ser questionadas.

2.4 RELATIVIDADE RESTRITA

Quando falamos sobre Relatividade Restrita é comum que algumas pessoas estranhem esse termo e surjam expressões, tais como: O que? O que é isso? Diante disso, iremos explicar o significado desse termo para facilitar a compreensão sobre o assunto abordado neste trabalho. Nesta perspectiva, antes de apresentar a definição propriamente dita de Relatividade Restrita, iremos esclarecer cada palavra que constitui esse termo separadamente.

Segundo Ferreira (2011), a palavra Relatividade possui dois significados: o primeiro significa qualidade ou estado do que é relativo. O termo relativo é definido como algo que não é tomado em seu sentido absoluto, que se define em relação à outra coisa; e o segundo significa a Teoria da Física que relaciona o espaço e o tempo, não podendo ser considerados independente um do outro.

Um exemplo bastante utilizado para mostrar algo relativo, no ensino de Física, é o movimento. O movimento é um fenômeno físico que ocorre quando um corpo muda de posição com o passar do tempo; caso contrário, esse corpo encontra-se em repouso. Ou seja, o conceito de movimento e repouso é apresentado na Física a partir de uma posição que marca os possíveis lugares em que um corpo pode ser encontrado em determinada situação com o passar do tempo. Ao estudarmos o movimento, o repouso e a posição é possível observar que esses termos são relativos a um referencial. Dessa forma, um mesmo corpo pode estar em movimento em relação a um referencial e em repouso em relação a outro.

Segundo Doca, Biscuola e Bôas (2016), o referencial é um corpo (ou um conjunto de corpos) em relação ao qual são definidas as posições de outros corpos. Em alguns casos é conveniente associar um sistema de eixos cartesianos ortogonais ao corpo tomado como referencial. A posição de um corpo é representada pelas coordenadas desses eixos, sendo expressas em unidades de comprimento.

Para Hewitt (2015), o sistema de referência é o local em que é observado e medido o movimento. O autor afirma que um mesmo objeto pode ter diferentes valores de velocidade em relação a diferentes sistemas de referência. Nessa perspectiva, ao considerarmos um corpo que se move em relação a um sistema de referência que não esteja sujeito a nenhuma

interação, se a velocidade do corpo for constante, este sistema é dito inercial.

Segundo Barcelos Neto (1994), o conceito de referencial inercial está relacionado à Primeira Lei de Newton. Assim, ao consideramos um corpo que se move em relação a um determinado sistema de referência e que não esteja sujeito a nenhuma interação, e se a velocidade desse corpo for constante, este sistema é dito inercial. Dessa forma, outros sistemas que se movem com velocidades constantes em relação a este serão também inerciais. Outro ponto importante a ser lembrado, quando falamos sobre o conceito de referencial inercial, é o princípio da relatividade de Galileu, que diz que as leis da natureza devem ser as mesmas para todos os referenciais inerciais.

A Primeira Lei de Newton é a Lei da Inércia. Essa lei é enunciada da seguinte forma: “todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele” Nussenzveig (2002, p. 68). Um referencial é inercial se nele vale a lei da inércia, ou seja, uma partícula não sujeita a forças permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme Nussenzveig (1998).

Para Halliday; Resnick e Walker (2016), a relatividade é uma área importante da Física, voltada para a medição de eventos (qualquer coisa que acontece), considerando onde e quando ocorrem e qual é a distância que os separa no espaço e no tempo. Para os autores a relatividade, tem a ver com relação existente entre os valores medidos em referenciais que estão se movendo um em relação ao outro.

A Teoria da Relatividade Restrita ou Especial (a palavra especial é usada em inglês para se referir à palavra restrita) foi proposta por Albert Einstein, em 1905. Segundo Halliday; Resnick e Walker (2016), o adjetivo Restrita é utilizado para indicar que a teoria se aplica apenas a referenciais inerciais, ou seja, em referenciais em que são válidas as leis de Newton.

2.4.1 Albert Einstein e a Teoria da Relatividade Restrita

Albert Einstein nasceu no dia 14 de março de 1879, em Ulm, Alemanha. Faleceu em 18 de abril de 1955, em Princeton, USA. Era filho de Hermann Einstein e Pauline Koch. Em 1900, fez exame de admissão para o Instituto Federal de Tecnologia (ETH) de Zurique, passou nos exames finais, obtendo seu diploma como professor de ciências. Conseguiu seu primeiro emprego em maio de 1901 como professor substituto numa escola secundária em

Winterthur. Em julho de 1902 conseguiu uma posição permanente no Escritório de Patentes de Berna (PIRES, 2011).

Em 1905, doutorou-se pela Universidade de Zurique e publicou sua tese, e mais quatro outros artigos, no *jornal Annalen der Physik*. O primeiro sobre o efeito fotoelétrico, o segundo explicava o movimento de browniano fornecendo uma evidência direta para a existência dos átomos. Os outros dois eram sobre a teoria da Relatividade Restrita. Em 1921 ganhou o Prêmio Nobel de Física (PIRES, 2011). Devido a essas publicações, o ano de 1905 ficou conhecido como o *Ano Miraculoso* de Einstein (DIONÍSIO, 2005). Ao decorrer dos anos, Einstein publicou mais 350 artigos e registrou 45 patentes (PIRES, 2011).

Em 1905, aos 26 anos, Albert Einstein escreveu o artigo sobre a Relatividade Restrita, intitulado “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”. Segundo Hewitt (2015), Einstein mostrou que as leis de Maxwell podem ser, da mesma forma que as leis de Newton, interpretadas como independentes do estado de movimento de um observador. Para obter essa visão unificada das leis da natureza ocorreu uma revolução total na maneira como entendemos o espaço e o tempo. Einstein mostrou que quando as forças entre cargas elétricas são afetadas pelo movimento, as próprias medições de espaço e de tempo também são afetadas pelo movimento (HEWITT, 2015).

A ideia da teoria da relatividade não foi concebida por um único homem, de forma independente, nem formulada de uma hora para outra. A Teoria da Relatividade Restrita é resultado do aperfeiçoamento de teorias anteriores elaboradas por diversos nomes da ciência que marcam a evolução da teoria da relatividade do movimento até chegar à Teoria da Relatividade proposta por Albert Einstein que conhecemos hoje.

De acordo com Fraga (2019), a teoria da relatividade é um trabalho coletivo:

Einstein é considerado um gênio de nossa era, por ser unicamente atribuído a ele a elaboração da TRR; no entanto seu trabalho foi um trabalho coletivo, embasado nos trabalhos desenvolvidos por outros cientistas tão importantes quanto ele, de modo que os resultados não surgiram do nada, e não podemos perpetuar a ideia de um trabalho individual. Conforme Martins, a teoria da relatividade em sua maior parte se desenvolveu antes do envolvimento de Einstein, graças a importantes pesquisadores, como por exemplo Newton, Galileu, Maxwell, Lorentz e Poincaré, entre outros, antes mesmo da sua formulação, assim como após formulada ainda contou com colaboração dos físicos Minkowski, Planck e Von Laue (FRAGA, 2019, p.17).

No artigo fundamental sobre a Teoria da Relatividade Restrita de 1905, chamado de “Sobre a Eletrodinâmica dos corpos em movimento”, Einstein mostrou que os problemas existentes na Eletrodinâmica poderiam ser resolvidos fazendo a suposição que a velocidade da luz era a mesma para todos os observadores em movimento uniforme. Na introdução, descarta

o conceito de éter dizendo que ele será supérfluo, pois sua análise não exigiria a introdução do conceito de espaço absoluto, mas em uma palestra proferida em 1902 na Universidade de Leyden ele disse:

Reflexões mais cuidadosas nos ensinam, todavia, que a Teoria da Relatividade Restrita não nos obriga a negar o éter. Podemos supor a existência de um éter, apenas devemos desistir de prescrever a ele um estado de movimento definido (PIRES, 2011).

A Figura 1 mostra uma fotografia de Albert Einstein quando estava começando ficar conhecido pelas suas publicações.

Figura 1- Albert Einstein.



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

2.4.2 Os Postulados da Teoria da Relatividade Restrita

A Teoria da Relatividade Restrita de Einstein apóia-se em dois postulados, o primeiro postulado refere-se ao princípio da relatividade e o segundo postulado refere-se à constância da velocidade da luz. Segundo Barcelos Neto (1994, p. 19), os postulados dessa teoria são enunciados da seguinte maneira: “1º) As leis da natureza são invariantes para todos os observadores inerciais. 2º) A velocidade de propagação das interações é finita e independente do sistema de referência”.

O primeiro postulado, afirma que todas as leis da Física (sejam elas pertencentes à mecânica, termodinâmica, óptica, eletromagnetismo, etc.) são as mesmas para qualquer sistema de referência que se movem com velocidade constante. Com esse postulado, Einstein ampliou a ideia de relatividade de Galileu e Newton que dizia que as leis da mecânica eram as

mesmas para os observadores localizados referenciais inerciais, para incluir todas as leis da Física, especialmente as do eletromagnetismo e da ótica. Ressaltando que este postulado não afirma que os valores experimentais das grandezas físicas são os mesmos para todos os observadores inerciais, e sim, que as leis físicas, que expressam as relações entre os valores experimentais de duas ou mais grandezas físicas, é que são as mesmas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Seria muito estranho se as leis da mecânica variassem para observadores que se movimentam com diferentes valores de velocidade. Isso significaria, por exemplo, que um jogador de sinuca em um navio de passageiros navegando no mar calmo teria de se ajustar seu estilo de jogar de acordo com a rapidez do navio, ou mesmo com estações do ano quando a Terra varia sua rapidez orbital em torno do Sol. Sabemos de nossa experiência comum que tal ajuste não é necessário. E de acordo com Einstein, essa mesma insensibilidade ao movimento se estende ao eletromagnetismo. Nenhum experimento, mecânico, elétrico ou óptico, jamais revelou o movimento absoluto. É isso que significa o primeiro postulado da relatividade (HEWITT, 2015, p.661).

O segundo postulado afirma que existe uma velocidade limite que é a mesma para todos os observadores inerciais. A velocidade limite é a velocidade da luz no vácuo representada pela letra “c” que possui um valor finito específico: $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$. Esse valor em alguns casos é aproximado para $2,998 \times 10^8\text{ m/s}$ ou para $3,0 \times 10^8\text{ m/s}$. A velocidade da luz no vácuo é a mesma em todas as direções e em todos os referenciais inerciais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Uma das perguntas que Einstein, quando jovem, se indagava “como pareceria um feixe luminoso se você estivesse se deslocando lado a lado com ele?”. De acordo com a física clássica, o feixe estaria em repouso em relação a esse observador. Quando mais pensava sobre isso, mais Einstein se tornava convencido de que alguém podia se deslocar junto com um feixe de luz. Ele chegou finalmente à conclusão de que, não importando quão rápido os observadores possam se mover uns em relação aos outros, cada um deles mediria a rapidez da luz que passa por eles como sendo igual a 3000.000 quilômetros por segundo. Este foi o segundo postulado de sua teoria especial da relatividade (HEWITT, 2015, p.662).

Os postulados supracitados acarretaram consequências muito importantes para a Teoria da Relatividade Restrita, tais como: a simultaneidade, a dilatação temporal, a contração do comprimento e etc.

2.4.3 Simultaneidade

A simultaneidade é uma consequência do segundo postulado de Einstein. Segundo Young e Freedman (2009), o conceito de simultaneidade envolve a medida do tempo e de um intervalo de tempo. Ao considerar um sistema de referência, um evento é uma ocorrência

caracterizada por valores definidos da posição e do tempo. Por exemplo, quando você diz que se sentou para ler este tópico às 15:00 horas, está afirmando que dois eventos aconteceram simultaneamente (você sentar e o relógio indicar 15:00 horas).

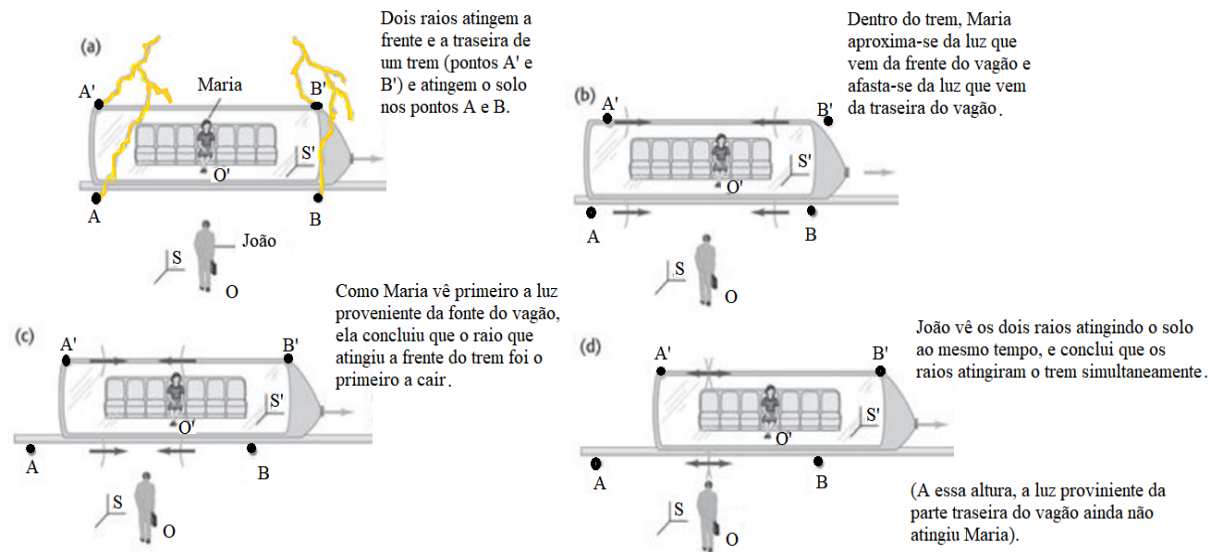
Segundo Serway (2004, apud CELESTINO, 2020), o conceito de simultaneidade é absoluto na Mecânica de Newton e com a Teoria da Relatividade Restrita (TRR) de Einstein ele passou a ser relativo. O autor menciona em seu estudo que Newton considerava o tempo absoluto, por ser o mesmo para todos os observadores.

Dessa forma, Newton aceitava a simultaneidade como um fato e não uma consequência de onde está sendo feita a medida. Sendo assim, na Mecânica de Newton, o espaço e o tempo eram tidos como absolutos. Desse modo, um evento que ocorresse simultaneamente a outro em relação a um observador A era simultâneo para outro observador B existindo ou não um movimento uniforme e retilíneo entre eles. Na TRR de Einstein, não necessariamente os eventos simultâneos para um observador inercial A deviam ser simultâneos para outro observador inercial B. Tendo como consequência disso, medições de intervalos de tempo e distancia para dois observadores, que podem variar, podendo ser iguais ou diferentes a depender da velocidade relativa deles. Confirmando assim, que o tempo e o espaço não são absolutos (CELESTINO, 2020).

Na teoria de Einstein, a simultaneidade é relativa, pois as medidas de tempo dependem do referencial adotado. Sendo assim, eventos simultâneos para um observador não necessariamente devem ser simultâneos para observadores em referenciais inerciais distintos. Corroborando com isso, Hewitt (2015, p. 662), afirma que “dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move em relação ao primeiro”.

Na Figura 2, apresentaremos uma experiência imaginária sobre simultaneidade.

Figura 2- Uma experiência imaginária sobre simultaneidade.



Fonte: YOUNG; FREEDMAN, (2009) reformulada pela autora.

Na Figura 2, nota-se que a queda dos raios atingiu o trem e o solo em duas regiões específicas (frente e traseira). Considerando o ponto de vista dos observadores inerciais, Maria e João, é possível perceber que a queda dos raios aconteceu de forma diferente para cada observador. Para João a queda dos raios ocorreu no mesmo instante de tempo, ou seja, foram eventos simultâneos e para Maria a queda dos raios que atingiram as duas regiões distintas do trem e do solo não foram eventos simultâneos.

Segundo Young e Freedman (2009), não existem nenhuma base para afirmar qual das duas observações está correta ou errada. De acordo como princípio da relatividade, não podemos afirmar que um sistema de referencial inercial é mais correto do que o outro, pois, cada observador está correto em seu respectivo sistema de referência.

2.4.4 Dilatação temporal

A dilatação temporal também é uma consequência do segundo postulando da TRR. Para compreendermos o que é dilatação do tempo é essencial conhecer o conceito de simultaneidade, uma vez que, a simultaneidade é um conceito relativístico que está relacionado diretamente com a relatividade do tempo. Como vimos no tópico anterior, na concepção de Hewitt (2015), a simultaneidade relativística é uma discrepância entre as

observações realizadas por observadores em movimento relativo. Considerando um mesmo referencial inercial, se existir um movimento relativo entre os observadores A e B, os observadores não concordarão em suas medidas de espaço e de tempo.

O espaço em que vivemos é tridimensional, dessa forma podemos especificar a posição de qualquer local no espaço com três dimensões. Geralmente, utilizamos as coordenadas x , y e z para representar a posição de um ponto P no espaço. Quando queremos uma descrição mais completa de algum evento, podemos analisar uma quarta dimensão, o tempo. Nessa perspectiva, não podemos falar de espaço sem envolver o tempo, pois, as coisas existem no espaço-tempo.

Supondo que o observador A esteja em um referencial S e o observador B esteja em um referencial S' , ambos os observadores estão analisando um evento específico, considerando a quarta dimensão. Nessa situação, as medidas de tempo podem variar dependendo do referencial inercial adotado para medir o tempo. Assim conforme Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 330):

Quando dois eventos ocorrem no mesmo lugar em um referencial inercial, o intervalo de tempo entre os eventos, medido nesse referencial, é chamado de intervalo de tempo próprio ou tempo próprio. Quando o intervalo de tempo entre os mesmos eventos é medido em outro referencial, o resultado é sempre maior que o intervalo de tempo próprio.

Segundo Hewitt (2015), Dois observadores lado a lado, em repouso um em relação ao outro, compartilham de um mesmo sistema de referencia. Ambos concordariam em suas medições do espaço e dos intervalos de tempo entre eventos dados, portanto, dizemos que eles compartilham a mesma região do espaço-tempo. Entretanto, se existir movimento relativo entre eles, os observadores não concordarão em suas medições do espaço e do tempo. Para os mesmos valores de velocidade, as diferenças entre suas medidas serão imperceptíveis, mas para valores de velocidade próximas a da luz (denominadas velocidades relativísticas, as diferenças tornam-se consideráveis.

Cada observador se encontra em uma região diferente do espaço-tempo, e suas medições do espaço e do tempo diferem daquelas realizadas por um observador que esteja numa outra região do espaço-tempo. As medidas diferem não por acaso, mas de maneira tal que cada observador sempre medirá a mesma razão entre o espaço e o tempo para a luz; quanto maior for à distância espacial medida, maior será o intervalo de tempo medido. Essa razão constante entre espaço e tempo para a luz, c , é o fator unificador entre diferentes regiões do espaço e constitui a essência do segundo postulado de Einstein (HEWITT, 2015).

A equação da dilatação temporal é:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad (1)$$

onde γ é o fator de Lorentz: $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$.

$\gamma \geq 1$, $\Delta t' \geq \Delta t_0$, logo, Δt_0 é o intervalo de tempo próprio, ele é sempre menor ou igual ao tempo entre os eventos em qualquer referencial inercial.

2.4.5 Contração do comprimento

A contração do comprimento é outra consequência do segundo postulado da Relatividade Especial de Einstein. Vimos no tópico anterior, que o intervalo de tempo, medido em dois eventos, por um observador em repouso e outro observador em movimento, apresenta alterações no tempo. Assim como o tempo, o comprimento terá valores diferentes para observadores que se encontram em movimento relativo em relação ao outro (CELESTINO, 2020; WOLFF, 2005).

Assim como temos o tempo próprio entre dois eventos, temos também o comprimento próprio. Para Halliday, Resnick e Walker (2016), o comprimento próprio é o comprimento medido por um observador em um referencial inercial no qual o objeto está em repouso. Quando um mesmo objeto é medido por um observador situado em um referencial inercial que se movimenta com certa velocidade em relação ao observador em repouso, paralelamente ao objeto medido, o comprimento medido é sempre menor que o comprimento próprio.

Em síntese, o comprimento próprio é o comprimento medido para quem está em repouso em relação ao objeto médio e comprimento contraído é o comprimento médio para quem está em movimento relativo ao objeto (WOLFF, 2005). A contração do comprimento sempre ocorre na mesma direção do movimento (CELESTINO, 2020; WOLFF, 2005).

Segundo Hewitt (2015, p.676), “quando os objetos se movem pelo espaço-tempo, tanto o espaço como o tempo sofrem alterações”. O espaço sofre contração, fazendo com que os objetos pareçam mais curtos quando estão se movendo em relação a nós com velocidades relativísticas. Essa contração do comprimento foi proposta pela primeira vez pelo físico George F. Fitzgerald e expressa matematicamente por outro físico, Hendrick A. Lorentz. Enquanto estes físicos fizeram a hipótese de que era a própria matéria que sofria contração, Einstein percebeu que o que sofre contração é o próprio espaço. Apesar disso, uma vez que a fórmula obtida por Einstein é a mesma que a de Lorentz, chamamos este efeito de contração

de Lorentz.

Segundo Wolff (2005), existe duas interpretações dadas para a contração do comprimento: a primeira, dada por Lorentz e FitzGerald, onde a contração era resultado da modificação da estrutura da matéria: o éter (meio hipotético onde a luz se propagava) afetava as forças moleculares; a segunda, dada por Einstein, onde a contração do comprimento passou a ter um outro significado, deixando de ser uma contração que afetaria a estrutura da matéria, passando a ser uma contração devido à aparência visual dos objetos em movimento relativo. Advertindo que muitos livros de ensino médio ainda interpretam como Lorentz e FitzGerald.

A contração do comprimento é dada por:

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (2)$$

Onde v é o valor da velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c , é a rapidez de propagação da luz, L é o comprimento medido para o objeto em movimento e L_0 é o comprimento medido do objeto em repouso.

2.4.6 Energia relativística

Einstein ligou não apenas o espaço e o tempo, mas também massa com energia. Um pedaço de matéria, mesmo estando em repouso e não interagindo com qualquer coisa, possui uma “energia de existência”. Ela é chamada de energia de repouso. Einstein concluiu que é necessário energia para haver massa, e que ocorre liberação de energia se desaparecer massa. A quantidade de energia E está relacionada à quantidade de massa m pela mais famosa equação do século XX:

$$E = m \cdot c^2 \quad (3)$$

O termo c^2 é o fator de conversão entre as unidades de energia e de massa. Devido ao grande valor de c , uma pequena massa corresponde a uma enorme quantidade de energia.

A validade da equação (3) não se restringe às reações químicas e nucleares. Uma variação da energia de qualquer objeto em repouso vem acompanhada de uma variação em sua massa. A massa de um objeto é proporcional a sua energia. Se a energia do objeto aumentar (por exemplo, se ele aumentar de temperatura ou aumentar de velocidade), sua massa também sofrerá um aumento correspondente (HEWITT, 2015).

Em unidades ordinárias de medidas, a rapidez da luz c é uma quantidade grande e seu

quadrado maior ainda, portanto, uma pequena quantidade de massa armazena uma grande quantidade de energia. A quantidade c^2 é o “fator de conversão”. Ele converte a medição de massa em uma medição de energia equivalente. Ou ainda, ela é a razão entre a energia de repouso e a massa: $E/m = c^2$. Seu aparecimento em ambas as formas desta equação não tem nada a ver com a luz ou com o movimento. O valor de c^2 é 90 quatrilhões (9×10^{16}) J/kg. Um quilograma de matéria possui uma energia de existência” igual a 90 quatrilhões de joules. Mesmo um grão de matéria com massa de apenas 1 mg possui uma energia de repouso de 90 bilhões de joules.

A equação (3) é mais do que uma fórmula, para a conversão de massa em outros tipos de energia, ou vice-versa. Ela exprime mais do que isso, a saber, que massa e energia são a mesma coisa. Massa é energia solidificada. Se você deseja saber quanta energia existe em um sistema, meça sua massa. Para um objeto em repouso, sua energia é sua massa (HEWITT, 2015).

3 METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa básica com característica bibliográfica, descritiva e quali-quantitativa. A pesquisa foi realizada analisando os conceitos de Realidade Restrita contidos em três Livros Didáticos de Física, da terceira série do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018. Os livros foram selecionados dentre as obras contidas no Guia de Livro Didático de Física - Ensino Médio - PNLD 2018.

O termo “pesquisa” é definido como um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução de um problema, tendo como base procedimentos sistemáticos. Entende-se por pesquisa científica a atividade humana, que tem como objetivo conhecer cientificamente um ou mais aspectos de determinado assunto. Para tanto, existem vários tipos de pesquisas científicas para chegar a esse fim. Entretanto, nenhum tipo de pesquisa é auto-suficiente. Desse modo, as pesquisas científicas podem ser classificadas de acordo com os seguintes pontos de vista: da sua natureza; de seus objetivos; dos procedimentos técnicos; e da forma de abordagem do problema (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Nessa perspectiva, este trabalho é uma **pesquisa básica** quanto à natureza da pesquisa; é uma **pesquisa bibliográfica** quanto aos procedimentos técnicos da pesquisa; é uma **pesquisa descritiva** quanto à forma de abordagem do objetivo da pesquisa; e é uma **pesquisa quali-quantitativa** quanto à forma de abordagem do problema da pesquisa. A seguir, apresentamos os objetivos de cada um desses tipos de pesquisas científicas.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa básica tem como objetivo gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista, envolvendo verdades e interesses universais.

Para Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa bibliográfica tem como objetivo colocar o pesquisador em contato direto com tudo que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto. Esse tipo de pesquisa engloba toda bibliografia já publicada em relação ao tema de estudo, desde livros, pesquisa, revistas, teses, monografias e etc.

Conforme Gil (2017), a pesquisa descritiva tem como objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno, podendo também estabelecer a existência de relações entre variáveis, além de determinar a natureza dessas relações. Nesse tipo de pesquisa o pesquisador deve apenas registrar e descrever os fatos observados, sem interferir neles (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Segundo Creswell (2007), a pesquisa quali-quantitativa/ quanti-qualitativa ou método misto é uma abordagem que combina e associa a pesquisa qualitativa com a pesquisa

quantitativa e vice versa. O nome da pesquisa é determinado pelo peso das fases qualitativas e quantitativas em um estudo. Essa abordagem tem com o objetivo ampliar as informações coletas, uma vez que, a utilização dessas duas formas de pesquisa em conjunto em um estudo, permite coletar mais informações do que a utilização dessas pesquisas de forma isolada. Para Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa quantitativa é o tipo de pesquisa que envolve tudo que pode ser quantificável, ou seja, traduz em números informações e opiniões para classificá-las e analisá-las. Já a pesquisa qualitativa, é a pesquisa em que a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são realizadas como base dessa abordagem, sem utilizar métodos e técnicas estatísticos para explicar as relações obtidas.

3.1 A BUSCA DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA PARA PESQUISA

Inicialmente baixamos o Guia de Livros Didáticos de Física - Ensino Médio - PNLD 2018 em formato PDF (Figura 3), para obtermos mais informações sobre os livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2018.

Figura 3 – Capa do Guia de Livros Didáticos de Física – Ensino Médio – PNLD 2018.

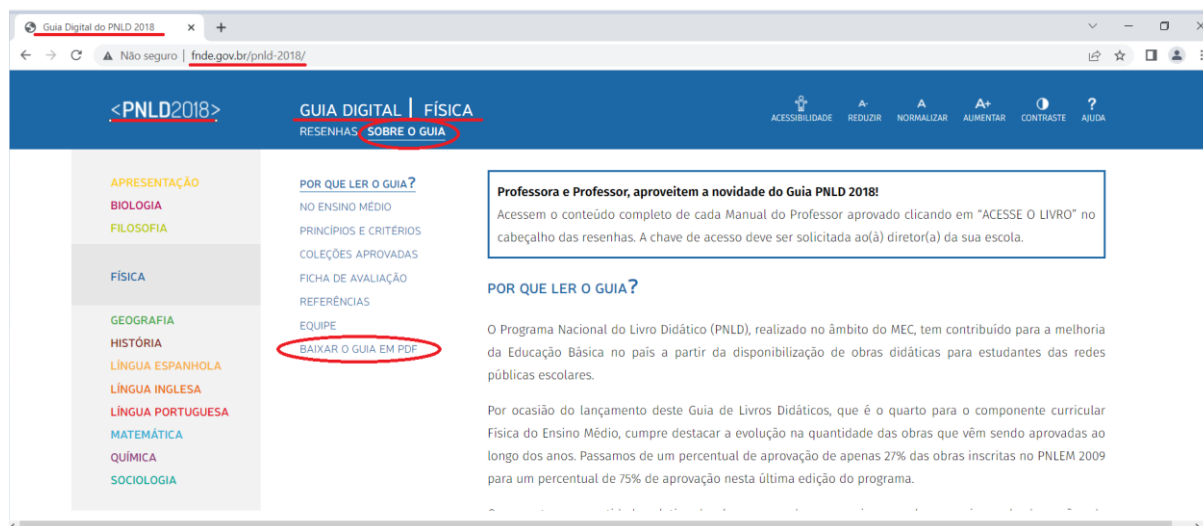


Fonte: BRASIL, 2017.

Fonte: Elaborada pela autora.

Esse Guia foi baixado na opção SOBRE O GUIA contido no item Guia Digital do PNLD 2018 fornecido pela página do portal do FNDE (Figura 4).

Figura 4 – Print da página do portal do FNDE.



Fonte: FNDE.

Ao folhear o Guia de Física PNLD 2018, verificamos que foram aprovadas doze obras didáticas de Física, diversificando as opções de escolha dos professores das escolas públicas brasileiras de nível médio. Todas as obras aprovadas nesse Guia, são coleções didáticas que possuem três volumes (1, 2 e 3), voltados para as três séries do Ensino Médio respectivamente.

Ao conhecer as informações contidas no Guia supracitado, verificamos que o conteúdo de Relatividade está presente somente no volume três das coleções aprovadas pelo PNLD 2018, dedicado à terceira série do EM. Diante disso, analisamos neste trabalho, o conteúdo de Relatividade Restrita contido no volume três de três coleções diferentes aprovadas pelo PNLD 2018.

Ressaltando que dentre as doze obras aprovadas no PNLD 2018 analisamos apenas três desses exemplares, pois, inicialmente o nosso trabalho era voltado para análise desse mesmo conteúdo, em três livros didáticos de Física, da terceira série do Ensino Médio adotados por três escolas diferentes (Federal, Estadual e Particular) da zona urbana da cidade de São Raimundo Nonato. Entretanto, não foi possível concluir essa pesquisa, devido à divergência de PNLD (2018 e 2021) que as escolas utilizavam, contrariando um dos critérios de inclusão na nossa antiga pesquisa, que seria análise de diferentes livros didáticos de Física do mesmo PNLD, considerando livros didáticos específicos de Física. No PNLD 2021, o conteúdo de Física, Química e Biologia estão contidos em um mesmo livro, contrariando esse

critério de inclusão, já o PNLD 2018 possui um livro específico para Física. Diante disso, trocamos a linha de pesquisa, e decidimos escolher três livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2018 para analisar o conteúdo de Relatividade Restrita.

Os livros didáticos de Física escolhidos para análise do conteúdo sobre Relatividade Restrita foram: Compreendendo a Física, de Alberto Gaspar; Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano, de Benigno Barreto Filho e Claudio Xavier da Silva; e Conexões com a Física, de Glorinha Martini, Walter Spinelli, Hugo Carneiro Reis e Blaidi Sant'Anna.

A escolha da obra Compreendendo a física, deu-se pelo fato desta ser utilizada na terceira série do Ensino Médio da Instituição de ensino da qual a autora realizou o estágio supervisionado. Diante disso surgiu a curiosidade em analisar como o conteúdo de Relatividade Restrita é abordada neste exemplar. As demais obras analisadas foram escolhidas, baseado na pesquisa de Lira; Shivani; Souza, (2020) que apresenta o ranking de distribuição dos livros nas escolas públicas brasileiras no ano de 2018.

O Quadro 1 apresenta as referências dos três livros didáticos de Física escolhidos para o desenvolvimento dessa pesquisa. Nesta tabela, identificamos os livros por um código: L1, L2 e L3, que representa o Livro 1, Livro 2 e o Livro 3 respectivamente.

Quadro 1- Referências dos três livros didáticos de Física da terceira série do Ensino Médio aprovados pelo PNLD – 2018.

Código do livro	Referências dos livros didáticos de Física
L1	GASPAR, Alberto. Compreendendo a física . 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.
L2	BARRETO FILHO, Benigno.; SILVA, Claudio Xavier da. Física aula por aula: eletromagnetismo, física moderna, 3º ano . 3.ed. São Paulo: FTD, 2016.
L3	MARTINI, Gorinha et al. Conexões com a Física . 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como uma forma de familiarização, apresentamos na Figura 5, a ilustração das capas dos livros mencionados anteriormente. Os três livros didáticos de Física que foram escolhidos para a análise do conteúdo da Relatividade Restrita nesse estudo, correspondem ao volume três de suas respectivas coleções.

Figura 5- Ilustração das capas dos livros didáticos de Física escolhidos para análise do conteúdo de Relatividade Restrita nesse estudo.



Fonte: Elaborada pela autora.

Todos os livros didáticos de Física escolhidos para análise do conteúdo de Relatividade Restrita, são manuais do professor. Esses livros, além de conterem o conteúdo destinado ao aluno, possuem instruções do autor para o professor. Optou-se por estes exemplares dos professores pelo fato de que foi o único tipo de livro que tivemos acesso.

3.2 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICO DE FÍSICA

Neste trabalho, utilizamos como técnica de pesquisa a Análise de Conteúdo, tendo como fonte os três livros didáticos de Física de nível médio supracitados. Segundo Moraes (1999, p.2 apud CARDOSO; OLIVEIRA; GHELLI, 2021), a Análise de Conteúdo é utilizada como um método para descrever e interpretar o conteúdo de comunicações verbais e não-verbais em uma pesquisa. Esse tipo de análise, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens contidas nas comunicações e atingir uma compreensão maior de seus significados comparado a uma leitura comum.

A técnica de Análise de Conteúdo divide-se em três partes: A primeira é a **Pré-análise**, que tem como objetivo preparar o material que será analisado; A segunda é a **Análise**, que consiste em realizar a leitura do material, decompor o material em suas partes e determinar as relações que prevalecem entre as partes de um todo; e a terceira é a **Interpretação**, que

procura associar os dados encontrados com o conhecimento de quem analisa, sobre o mesmo tema.

Dessa forma, na parte de **Pré-análise** fizemos os seguintes procedimentos: Escolhemos dentre as dose obras aprovadas no PNLD 2018, três livros didáticos de Física de três coleções diferentes (Compreendendo a Física, Física aula por aula e o Conexões com a Física), da terceira serie do Ensino Médio. Em seguida, localizamos o conteúdo de Relatividade Restrita nesses livros.

Na **Análise**, que é a segunda parte, realizamos os seguintes procedimentos: Fizemos a leitura do conteúdo de Relatividade Restrita nos três livros didáticos de Física incluídos nessa pesquisa e elaboramos alguns critérios para a Análise do Conteúdo (Quadro 2). Os livros foram analisados seguindo a ordem de identificação mencionada anteriormente.

O Quadro 2 apresenta os critérios que foram considerados para realizar a Análise do Conteúdo da Relatividade Restrita presentes em três livros didáticos de Física, do terceiro ano do Ensino Médio. Neste quadro, são apresentados seis itens e suas respectivas descrições.

Quadro 2- Critérios para Análise do Conteúdo de Relatividade Restrita contidos em Livros Didáticos de Física aprovados no PNLD 2018.

Item	Descrição
1	Como o conteúdo é organizado no capítulo do livro?
2	Como o texto é abordado no capítulo do livro? -linguagem simples ou complexa; -linguagem clara ou confusa; -contextualidade; -interdisciplinaridade.
3	O livro possui ilustrações para representar o conteúdo? -ilustração entre os textos, ilustrações em caixas de textos e ilustrações em algum tipo de exercícios. - quantidade de ilustrações utilizadas em cada tipo de ilustração e a quantidade total de ilustrações apresentadas no capítulo do livro.
4	O livro possui textos complementares e propostas de experimentos relacionadas ao conteúdo? -quantidade de textos complementares e de propostas de experimentos relacionadas ao conteúdo.
5	O livro possui exercícios sobre o conteúdo?

	-exercícios resolvidos, exercícios propostos ou de fixação do conteúdo, exercícios em textos complementares. -quantidade de exercícios utilizados em cada tipo de exercícios e a quantidade total de exercícios sobre o conteúdo.
6	O livro aborda a história da teoria e os principais conceitos sobre o conteúdo? -Presença de textos, ilustração, exemplo e equação.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para concluir essa parte da Análise de Conteúdo, descrevemos como esse conteúdo é abordado em cada obra didática analisada, seguindo os critérios mencionados anteriormente. Além disso, construímos alguns quadros e gráficos para organizar e comparar os dados obtidos. Para a análise dos conceitos do conteúdo da Relatividade Restrita utilizamos como base dois livros didáticos de referência sobre a Relatividade Restrita: Fundamentos de Relatividade Especial, de João Barcelos Neto (1994) e Física Conceitual, de Paul G. Hewitt (2015).

Na terceira parte, que é a **Interpretação**, fizemos o seguinte procedimento: Produzimos um texto síntese para cada um dos critérios analisados, de modo a expressar nossas reflexões sobre os dados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico, apresentamos os resultados obtidos na Análise do Conteúdo de Relatividade Restrita, realizada nos três livros didáticos de Física, da terceira série do Ensino Médio PNLD 2018. Os dados obtidos na análise realizada foram registrados seguindo a ordem dos objetivos específicos desse trabalho, ordem de identificação dos livros e a ordem de apresentação dos Critérios de Análise de Conteúdo contidos no Quadro 2.

Nesse contexto, as informações dos resultados obtidos, são apresentadas em três tópicos: Descrevendo como a Teoria da Relatividade Restrita é apresentada em cada material didático; Comparando como o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita é abordado nos livros didáticos analisados, apontando se existe algum erro conceitual e/ou representativo do conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita contido nos materiais didáticos analisados.

Cada tópico apresenta o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) analisado nos livros didáticos de Física, volume 3, os livros analisados foram: L1-Compreendendo a Física, de Gaspar (2016); L2-Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano, de Barreto Filho e Silva (2016) e L3-Conexões com a Física, de Martini et al (2016).

Seguindo os critérios de Análise de Conteúdo, levando em consideração à organização do conteúdo; a abordagem do texto no capítulo; a presença de ilustrações, textos complementares, propostas de experimentos, exercícios, história da teoria e os principais conceitos sobre o conteúdo da TRR. Consideramos como principais conceitos da TRR, os seguintes itens: os postulados da Relatividade Restrita, simultaneidade, dilatação temporal, contração do comprimento e energia relativística.

Os nossos critérios de Análise de Conteúdo apresentam características que se assemelham às características que os professores utilizam para analisar e escolher as obras didáticas que serão adotados pelas escolas que atuam. Conforme Silva et al (2019), os professores analisam as obras didáticas, seguindo as seguintes características fundamentais: textos explorando a História da Ciência, contextualização e/ou aplicação no cotidiano, ilustrações, informações atualizadas, atividades diversificadas e propostas de atividades experimentais. A seguir apresentamos a Análise de Conteúdo realizada nesse estudo, seguindo a ordem de apresentação supracitada.

DESCREVENDO COMO A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA É APRESENTADA EM CADA MATERIAL DIDÁTICO

No livro L1-Compreendendo a Física, de Gaspar (2016), o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) não possui um capítulo específico para esse assunto. Neste livro é abordado a Relatividade de Einstein de uma forma geral, contendo tópicos da TRR e da Teoria da Relatividade Geral (TRG). O conteúdo da TRR é apresentado e organizado na unidade 4, capítulo 12, contendo 8 tópicos e 17 páginas dedicadas a esse assunto. O capítulo apresenta textos e 18 ilustrações para abordar e representar o assunto. Além disso, esse livro possui 4 textos complementares e 9 exercícios ao longo do capítulo. O livro aborda a história da teoria e os seguintes índices sobre a TRR: 1. Introdução; 2. A relatividade e o movimento ondulatório; 3. O enigma do éter; 4. Os postulados da teoria da relatividade restrita; 5. A impossibilidade da simultaneidade; 6. A dilatação do tempo; 7. A contração dos comprimentos; 8. Energia Relativística.

Figura 6 – Imagem do início do capítulo do livro L1- Compreendendo a Física.



Fonte: GASPAR, 2016.

Os textos desse capítulo possuem uma linguagem simples e clara, abordando partes introdutórias, definições, equações, exemplos e textos complementares do conteúdo. Apresenta situações que utilizam objetos que podem ser encontrados no dia a dia dos alunos para exemplificar e representar os conceitos discutidos, como por exemplo: relógio, espelho,

avião, vagão de trem, pêndulo e etc. Além disso, apresentam abordagens que possibilita a reflexão da interação da Física com as demais componentes curriculares da Educação Básica (EM), em situações específicas, como análise de uma obra de Arte.

No L1 o capítulo de Relatividade se inicia mostrando a obra intitulada: “A persistência da memória”, de 1931, obra do pintor surrealista Salvador Dali, para expressar o impacto da concepção de tempo trazida pela Teoria da Relatividade Restrita. Em seguida, o autor faz uma breve introdução sobre a história de Albert Einstein, suas obras, até chegar à TRR. A História da teoria é apresentada e exemplificada com textos, ilustrações e uma equação. Os postulados são apresentados e exemplificados com textos. A impossibilidade da simultaneidade é exemplificada com textos e ilustrações. A dilatação do tempo, a contração dos comprimentos e a energia relativística são apresentadas e exemplificadas com ilustrações e equações para representar os conceitos. Essas informações foram abordadas em tópicos específicos da obra em questão.

No livro L2-Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano, de Barreto Filho e Silva (2016), o conteúdo da TRR possui um capítulo específico para esse assunto. O conteúdo da TRR é apresentado e organizado na unidade 5, capítulo 13, contendo 6 tópicos, 13 subtópicos e 18 páginas dedicadas a esse assunto. O capítulo apresenta textos e 21 ilustrações para abordar e representar o conteúdo. Esse livro possui 4 textos complementares e 39 exercícios ao longo do capítulo. O livro aborda a história da teoria e os seguintes índices sobre TRR: 1. Breve histórico sobre a medida da velocidade da luz (O experimento de Michelson e Morley; O surgimento da Teoria da Relatividade); 2. A relatividade de Galileu (As transformações da relatividade de Galileu); 3. A relatividade de Einstein (Primeiro postulado: princípio da relatividade; Segundo postulado: princípio da constância da velocidade da luz; A relatividade da simultaneidade); 4. As transformações da relatividade de Einstein (Definição de sincronismo; Transformações de Lorentz; Dilatação do tempo. Pense além- A persistência da memória, de Salvador Dali (1931), Contração do comprimento. Você sabia? Viagem no escuro. 5. Massa e energia; 6. Quantidade de movimento relativístico (Física no cinema-Interestelar).

Figura 7 – Imagem do início do capítulo do livro L2--Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano.



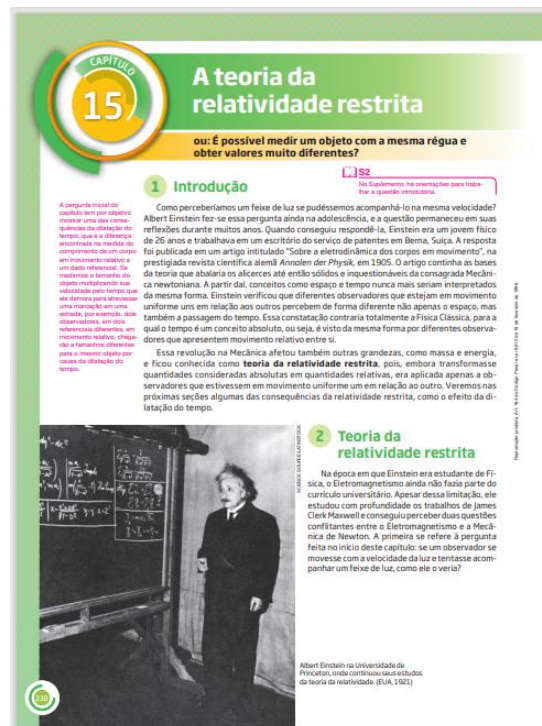
Fonte: BARRETO FILHO; SILVA, 2016.

Os textos desse capítulo possuem uma linguagem simples e clara, abordando partes introdutórias, definições, equações, exemplos e textos complementares do conteúdo. Apresenta situações que utilizam objetos que podem ser encontrados no dia a dia dos alunos para exemplificar e representar os conceitos discutidos, como por exemplo: ônibus, trem, bola, relógio e etc. Além disso, apresentam abordagens que possibilita a reflexão da interação da Física com as demais componentes curriculares da EB, em situações específicas, como análise de uma obra de Arte ou a Física no cinema.

No L2 o capítulo da Teoria da Relatividade Restrita se inicia com um breve histórico sobre a medida da velocidade da luz, pontuando a contribuição de astrônomos e físicos até chegar à conclusão que a luz deveria ser um fenômeno eletromagnético. O surgimento da Teoria da Relatividade mencionando alguns nomes que foram fundamentais para o desenvolvimento dessa teoria. A História da teoria é apresentada e exemplificada com textos, ilustrações e equações. Os postulados são apresentados apenas com textos, com comentários breves. A relatividade da simultaneidade é apresentada e exemplificada com textos e ilustrações que demonstram situações hipotéticas sobre o assunto. A dilatação do tempo e a contração do comprimento são apresentadas e exemplificadas com textos, ilustrações e equações. A massa e energia são apresentadas e exemplificadas com textos e equações. Essas informações foram abordadas em tópico e subtópicos específicos da obra em questão.

No livro L3-Conexões com a Física, de Martini et al (2016), o conteúdo da TRR possui um capítulo específico para esse assunto. O conteúdo da TRR é apresentado e organizado na unidade 4, capítulo 15, contendo 2 tópicos, 7 subtópicos e 13 páginas dedicadas a esse assunto. O capítulo apresenta textos e 12 ilustrações para abordar e representar o conteúdo. Esse livro possui 3 textos complementares, 10 exercícios resolvidos ao longo do capítulo. O livro aborda a história da teoria e os seguintes índices sobre TRR: 1. Introdução; 2. Teoria da relatividade restrita (Transformações de Galileu; A relatividade do tempo; O paradoxo dos gêmeos; A relatividade do comprimento. Trilhando o caminho das competências, Decaimento do múon; O mundo das altas velocidades; e Questões propostas).

Figura 8 – Imagem do início do capítulo do livro L3-Conexões com a Física.



Fonte: MARTINI et al, 2016.

Os textos desse capítulo possuem uma linguagem simples e clara, abordando partes introdutórias, definições, equações, exemplos e textos complementares do conteúdo. Apresenta situações que utilizam objetos que podem ser encontrados no dia a dia dos alunos para exemplificar e representar os conceitos discutidos, como por exemplo: trem, lanterna, bola, cronômetro e etc. Além disso, apresentam abordagens que possibilita a reflexão da interação da Física com as demais componentes curriculares da EB, em situações específicas, como utilizar o teorema de Pitágoras para expressar algum conceito estudado

No L3 o capítulo sobre A Teoria da Relatividade Restrita se inicia com um questionamento: “É possível medir um objeto com a mesma régua e obter valores muito diferentes?”. Os autores fazem uma breve introdução sobre a TRR. A História da teoria é apresentada e exemplificada com textos, ilustrações e equações. Os postulados são apresentados e exemplificados apenas com textos, há comentários sobre eles. É dado um exemplo da dilatação do tempo chamado “o paradoxo dos gêmeos”, sendo apresentado e exemplificado com textos, ilustrações e equações. A relatividade do comprimento é apresentada e exemplificada com textos, ilustrações e equações. É dado também um exemplo para explicar a relatividade do comprimento. A equivalência entre massa e energia é apresentada com textos e uma equação, mencionada brevemente em um texto complementar, intitulado “Para saber mais: Saber físico e tecnologia”. Essas informações foram abordadas em tópicos, subtópicos e textos complementares.

COMPARANDO COMO O CONTEÚDO DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA É ABORDADO NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS

Com relação ao primeiro item presente no Quadro 2, observamos que os livros analisados nessa pesquisa, organizam o conteúdo de Relatividade Restrita em unidades e capítulos. O Quadro 3 apresenta como o conteúdo de Relatividade Restrita é organizado nos livros didáticos de Física aprovados pelo PNLD 2018. Os resultados mostram que o conteúdo de Relatividade Restrita está organizado em unidades e capítulos diferentes em cada livro analisado.

Quadro 3- Organização do conteúdo de Relatividade Restrita nos Livros Didáticos de Física da Terceira Série do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018.

Código do Livro	Unidade	Capítulo
<u>L1-</u> <u>Compreendendo</u> <u>a Física</u>	<u>Unidade 4:</u> <u>Física Moderna</u>	<u>Capítulo 12: Relatividade</u> 1. Introdução; 2. A relatividade e o movimento ondulatório; 3. O enigma do éter; 4. Os postulados da teoria da relatividade restrita; 5. A impossibilidade da simultaneidade; 6. A dilatação do tempo; 7. A contração dos comprimentos; 8. Energia Relativística;

Total de páginas do livro: 404	Páginas da unidade: 208-275	Páginas do Capítulo: 210-232 Páginas da TRR: 210-226
<u>L2-Física aula por aula:</u> <u>Eletromagnetismo</u> <u>, Física Moderna,</u> <u>3º ano</u> Total de páginas do livro: 258	<u>Unidade 5:</u> <u>Física Moderna e</u> <u>Contemporânea</u> Páginas da unidade: 199-250	<u>Capítulo 13: Teoria da Relatividade</u> <u>Restrita</u> 1.Breve histórico sobre a medida da velocidade da luz; -O experimento de Michelson e Morley; -O surgimento da Teoria da Relatividade. 2.A relatividade de Galileu; -As transformações da relatividade de Galileu. 3.A relatividade de Einstein; -Primeiro postulado: princípio da relatividade; -Segundo postulado: princípio da constância da velocidade da luz; -A relatividade da simultaneidade. 4.As transformações da relatividade de Einstein; -Definição de sincronismo; -Transformações de Lorentz; -Dilatação do tempo. -Pense além- A persistência da memória, de Salvador Dali (1931); Contração do comprimento. -Você sabia? Viagem no escuro. 5.Massa e energia; 6.Quantidade de movimento relativístico. -Física no cinema-Interestelar. Páginas do Capítulo: 200-217
<u>L3-Conexões com a Física</u> Total de páginas do livro:	<u>Unidade 4 :</u> <u>Questões da Física</u> <u>do Século XXI</u> Páginas da unidade: 228-271	<u>Capítulo 15: A Teoria da Relatividade</u> <u>Restrita</u> 1.Introdução; 2.Teoria da relatividade restrita; -Transformações de Galileu; -A relatividade do tempo; -O paradoxo dos gêmeos; -A relatividade do comprimento. -Trilhando o caminho das competências- Decaimento do múon; -O mundo das altas velocidades; -Questões propostos. Páginas do Capítulo: 230-242

Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 3 mostra que o conteúdo de Relatividade Restrita presente nos livros analisados, apresenta o mesmo número da unidade em L1 e L3, porém, os títulos das unidades são diferentes em cada exemplar. Com relação ao capítulo, observa-se que os números dos capítulos são diferentes, porém, os títulos dos capítulos são semelhantes em L2 e L3. No livro L1 o conteúdo de Relatividade é trabalhado de uma forma mais geral (englobando a Relatividade Restrita e a Relatividade Geral), e nos livros L1 e L2 o conteúdo de Relatividade é abordado de forma mais específica, se restringindo a conteúdos sobre a Relatividade Restrita. Com relação ao número de páginas dos capítulos analisados, observa-se que nos três livros de Física, o conteúdo de Relatividade Restrita se inicia a partir da página 200. Utilizando a regra de três simples, temos que o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita corresponde a aproximadamente 4,21% do L1, 6,98% do L2 e 3,28% do L3, ou seja, o L2 possui o maior número de páginas e o L3 o menor número de páginas dedicadas ao conteúdo analisado nessa pesquisa.

Além disso, é possível observar no Quadro 3, que os três livros didáticos analisados diferem quanto à quantidade de tópicos que constituem o capítulo de Relatividade Restrita. Entretanto, esses livros possuem tópicos e subtópicos semelhantes em relação ao conteúdo, tais como: os postulados da TRR; a simultaneidade, a dilatação do tempo; a contração do comprimento e a massa e energia relativística. Esses tópicos e subtópicos possuem uma forma de escrita diferente, apesar de se tratar do mesmo assunto. Além disso, é possível observar que há tópicos que diferem em cada obra, com apresentação única no índice de cada exemplar analisado, como por exemplo, Física no Cinema-Interestelar, Decaimento do múon e etc.

Com relação ao segundo item presente no Quadro 2, observamos que todos os livros analisados nessa pesquisa, apresentam o conteúdo de TRR com textos contendo uma linguagem simples, clara, contextualizada e interdisciplinar ao longo do capítulo. O Quadro 4 apresenta a abordagem dos textos no capítulo sobre a TRR em cada livro didático analisado.

Quadro 4- Abordagem dos textos ao longo do capítulo referente à Teoria da Relatividade Restrita em livros aprovados pelo PNLD 2018.

Código do livro		L1	L2	L3
	Simple	X	X	X
	Complexa			

Linguagem	Clara	X	X	X
	Confusa			
Contextualização		X	X	X
Interdisciplinaridade	Arte	X	X	
	Educação Física			
	Língua Inglesa			
	Língua Portuguesa			
	Matemática	X	X	X
	Biologia			
	Física			
	Química			
	Filosofia			
	Geografia			
	História			
	Sociologia			

Fonte: Elaborado pela autora.

Todos os três livros didáticos de Física analisados foram escritos em português, contendo textos com uma linguagem coerente, simples e clara. Entretanto, esses livros possuem formas de abordagem distintas, contendo textos com informações que são superficiais e detalhadas em determinados tópicos e subtópicos de um mesmo exemplar e entre os exemplares analisados. Com relação às expressões matemáticas apresentadas ao longo dos textos nos livros didáticos analisados, em alguns dos tópicos e subtópicos sobre o conteúdo em análise, as expressões possuem uma breve explicação, contendo alguns passos de como chegar às expressões apresentadas. Devido a essa, alternância de superficialidade e detalhamento das expressões matemática presentes em um mesmo exemplar, e entre todos os exemplares analisados, consideramos com relação a essas expressões, o texto com uma linguagem simples e clara, já que no Quadro 2 não definimos um meio termo, entre simples e complexo, claro e confuso. Dessa forma, deixamos um alerta com relação à análise da linguagem, uma vez que, ela é subjetiva, podendo variar dependendo de quem esteja analisando o mesmo conteúdo.

De uma forma geral, com relação à superficialidade e detalhamento das informações presentes nos textos ao longo do capítulo da TRR, observa-se que em L3 as informações contidas nos tópicos e subtópicos são mais superficiais em comparação a L1 e L2. Entretanto,

com relação às expressões matemáticas ao longo dos textos dos exemplares analisados, o L3 apresenta mais detalhes sobre as expressões matemáticas em comparação a abordagem em L1 e L2.

Além disso, as obras analisadas possuem textos com contextualização e interdisciplinaridade que são um dos critérios eliminatórios da área de ciências da natureza para avaliar as obras didáticas inscritas no PNLD. Tal critério diz o seguinte, de acordo com Brasil (2017, p.18), “evidencia formas de articulação entre diferentes campos de saberes específicos, como a contextualização e a interdisciplinaridade, para a organização didático-pedagógica dos conteúdos de ensino e das atividades propostas”.

Todos os livros analisados contextualizam o ensino, associando o conteúdo com a realidade dos alunos. Dessa forma, esses exemplares, apresentaram alguns exemplos utilizando objetos que podem ser conhecidos e/ou encontrados no cotidiano dos estudantes, como por exemplo, bola, espelho, ônibus e etc. No que diz respeito, a interdisciplinaridade, todos os livros utilizam conhecimentos da disciplina de Matemática para explicar os fenômenos físicos, estabelecendo assim, uma relação entre a Física e a Matemática. Nos livros L1 e L2, é estabelecido uma relação entre a Física e a Arte, ao abordar a TRR com a obra “A persistência da memória”, do pintor surrealista Salvador Dali presentes nesses dois livros, e a Física no Cinema com o filme Interestelar presente apenas em L2. Ressaltando que essa interdisciplinaridade foi abordada ao longo dos textos e em textos complementares presentes nos capítulos sobre o conteúdo em análise.

Com relação ao terceiro item presente no Quadro 2, observamos que os livros analisados apresentam ilustrações para representar o conteúdo da TRR. Durante a análise, observamos que as ilustrações contidas no capítulo de Relatividade Restrita das três obras didáticas analisadas nesse estudo, apresentam ilustrações que representam os conceitos sobre o conteúdo em questão. Todas as ilustrações são nítidas, devidamente legendadas e referenciadas. Além disso, a maioria das figuras é colorida com cores que representam situações reais ou meramente ilustrativas (aparece apenas uma figura em preto e branco em cada exemplar).

Figura 9 – Exemplos das ilustrações distribuídas ao longo do capítulo sobre Relatividade Restrita nos livros didáticos de Física analisados nesse estudo.

Ilustração em Textos Complementares

Ilustração entre os textos

A relatividade do comprimento

A dilatação do tempo afeta nossa medida do comprimento de um corpo, outra grandeza que a Física Clássica considera absoluta. Para entender de que maneira isso acontece, vamos imaginar que queremos medir o comprimento de uma barra fixada ao longo do leito de uma ferrovia. Como devemos comparar as medidas feitas por observadores em movimento uniforme relativo entre si, elas serão feitas da maneira descrita a seguir.

No instante em que o observador *B*, que está no trem, passa pelo início da barra, ele dispara um cronômetro para medir quanto tempo levará para chegar ao final dela. No instante em que passa pelo fim da barra, ele para o cronômetro (fig. 8).

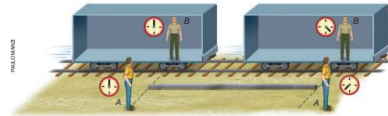


Figura 8 • Um cronômetro é disparado quando o observador *B* passa pelo início da barra. A contagem de tempo é encerrada quando ele passa pelo fim da barra.

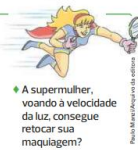
Fonte: MARTINI et al, 2016.

O ESPELHO DE EINSTEIN

Observe a figura ao lado.

De acordo com a Física clássica, a resposta à questão da legenda da figura ao lado é não! A luz que sai do rosto da supermulher não atinge o espelho porque este, como a supermulher, também viaja com a velocidade da luz.

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



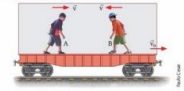
Fonte: MARTINI et al, 2016.

Fonte: GASPAS, 2016.

Ilustração em algum tipo de exercício

Exercícios propostos

- Considere a seguinte situação:
Um trem desloca-se com velocidade constante e em linha reta. Sabendo que o velocímetro do trem aponta uma velocidade de 80 km/h e que dentro do trem um homem lê um jornal sentado em sua poltrona, responda:
a) Pode-se afirmar que o homem está em repouso?
b) Em relação a um pedestre que aguarda na plataforma da próxima estação, o homem está em movimento ou repouso? *Em movimento.*
- Em relação a um passageiro que caminha dentro do trem, o homem está em movimento ou em repouso?
c) Em relação a um pedestre que aguarda na plataforma da próxima estação, o homem está em movimento ou repouso? *Depende do referencial adotado.*
- Identifique a proposição correta.
a) A Terra é um corpo em repouso.
b) Uma pessoa sentada num banco de jardim está em repouso.
c) Se um corpo estiver em repouso em relação a um dado referencial, então estará em movimento em relação a qualquer outro referencial.
- Para afirmar que um corpo está em repouso ou em movimento não dependemos do referencial adotado.
a) Um corpo pode estar em repouso em relação a um referencial e em movimento em relação a outro.
b) Num vagão ferroviário que se move com velocidade 3 m/s em relação aos trilhos estão dois meninos, A e B, que correm um em direção ao outro, cada um com velocidade 3 m/s em relação ao vagão.



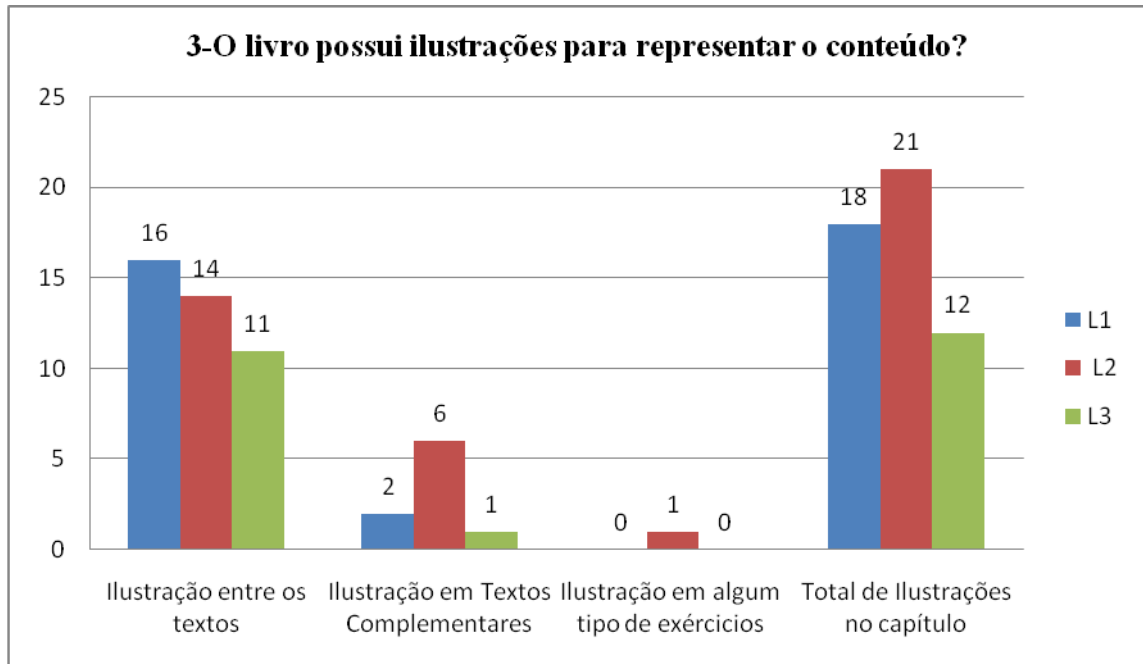
- Qual a velocidade do menino A em relação aos trilhos? *3 m/s.*
- Qual a velocidade do menino B em relação aos trilhos? *3 m/s.*
- Qual a velocidade do menino A em relação ao menino B? *0 m/s.*

Fonte: BARRETO FILHO; SILVA, 2016.

Fonte: Elaborada pela autora.

O Gráfico 1, mostra a comparação da quantidade de ilustrações que foram utilizadas nos capítulos sobre o conteúdo em questão, contidos em cada exemplar analisado. Os resultados evidenciam que as ilustrações foram distribuídas entre os textos, em caixas de textos e em exercícios. Observa-se com relação à quantidade total de ilustrações, que o L1 apresenta 18 ilustrações, L2 apresenta 21 ilustrações e L3 apresenta 12 ilustrações ao longo do capítulo. O L2 é o único livro que possui ilustrações em todas as categorias de distribuição, além de possuir a maior quantidade total de ilustrações ao longo do capítulo sobre o conteúdo em análise. Desse modo, o L2 é o livro que apresenta o maior número de ilustrações para representar o conteúdo de Relatividade Restrita.

Gráfico 1- Quantidade de ilustrações utilizadas para abordar o conteúdo sobre a Teoria da Relatividade Restrita presentes nos três livros didáticos de Física PNLD 2018.



Legenda: L1, Livro 1- Compreendendo a Física, de GASPAR (2016); L2, Livro 2-Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano, de Barreto Filho e Silva (2016); e L3, Livro 3-Conexões com a Física, de Martini et al (2016).

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo Ferreira (2011), ilustração é imagem ou figura que explica ou esclarece um texto escrito. A imagem é uma representação gráfica ou fotográfica de uma pessoa ou de um objeto. A figura é a representação de imagem por desenho, gravura e etc.

É interessante mencionar, que os livros analisados possuem diferentes figuras para ilustrar os textos sobre o conteúdo em questão. Durante a leitura e análise dos três livros, observamos uma diversidade de formas para ilustrar situações que se aplicam a teoria trabalhada, além de figuras que não se correlacionam com as imagens dos demais livros, por serem representações de assuntos específicos de cada exemplar.

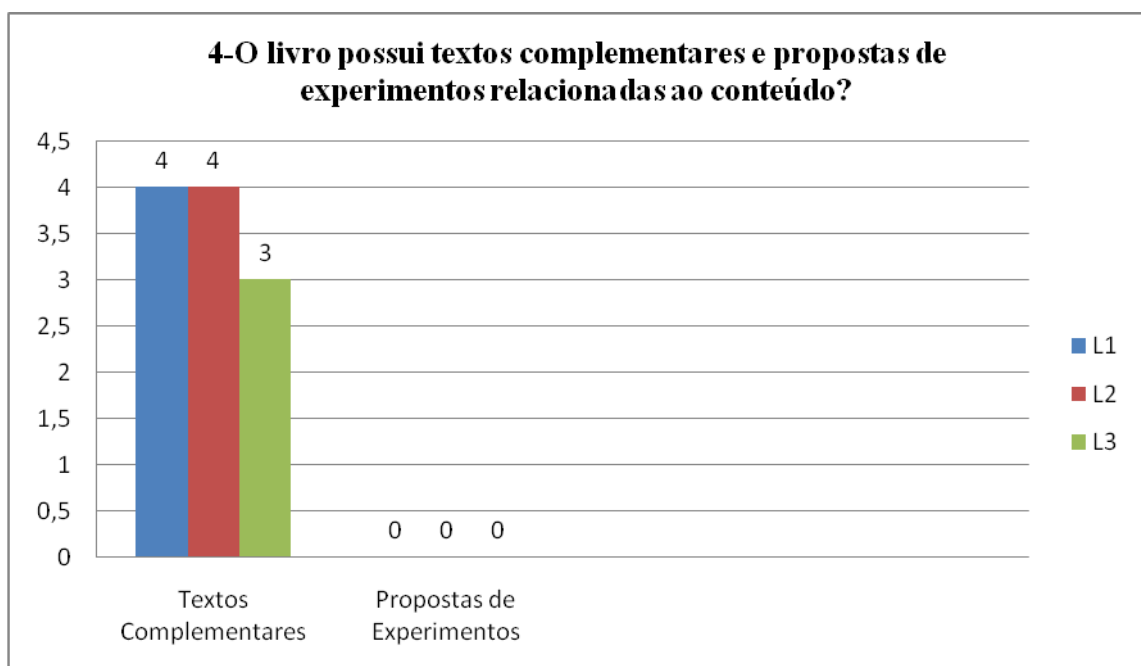
As ilustrações são recursos que podem e devem ser utilizadas no ensino e nos livros didáticos de Física. Esse recurso pode representar situações reais ou imaginárias sobre determinados assuntos, podendo ser abordadas na forma de linguagem não verbal, contendo apenas a imagem do que se pretende representar ou podem ser abordadas utilizando a linguagem não verbal e verbal, ou seja, contendo textos e imagem em uma mesma ilustração. Nessa perspectiva, as ilustrações podem representar situações do cotidiano do aluno ou relacionar conhecimentos de diferentes áreas de ensino da Educação Básica, facilitando a compreensão do conteúdo trabalhado.

Ressaltando que existe a possibilidade de as ilustrações não serem compreendidas imediatamente pelos alunos, exigindo uma abordagem mais detalhada do professor, para explicar o que de fato a ilustração quer representar e como o conteúdo trabalhado está sendo representado na imagem ou figura proposta.

Segundo Rosa, Biazus e Darros (2020), o uso de imagens é uma importante estratégia para o ensino de Física, pois esse instrumento tem a capacidade de chamar a atenção, despertar o interesse para o conteúdo abordado e facilitar a compreensão dos fenômenos físicos. Dessa forma, é importante considerar que o uso inadequado de imagens pode não contribuir para a construção de sentidos e significados, além de dificultar o entendimento do aluno, levando-o a erros conceituais.

Com relação ao quarto item presente no Quadro 2, observamos que os livros analisados apresentam textos complementares, mas não apresentam propostas de experimentos relacionados ao conteúdo em questão. O Gráfico 2 apresenta a comparação da quantidade de textos complementares e propostas de experimentos contidas em cada exemplar. Os resultados mostram que o L1 e L2 possuem a mesma quantidade de textos complementares, e estes são maiores que os textos complementares de L3. Além disso, o gráfico mostra que nenhum dos livros analisados contém propostas de experimentos ao longo do capítulo TRR.

Gráfico 2- Quantidade de textos complementares e propostas de experimentos relacionadas ao conteúdo de Relatividade Restrita presentes nos livros didáticos de Física da terceira série do Ensino Médio incluídos nesse estudo.



Legenda: L1, Livro 1- Compreendendo a Física, de GASPAR (2016); L2, Livro 2-Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano, de Barreto Filho e Silva (2016); e L3, Livro 3-Conexões com a Física, de Martini et al (2016).

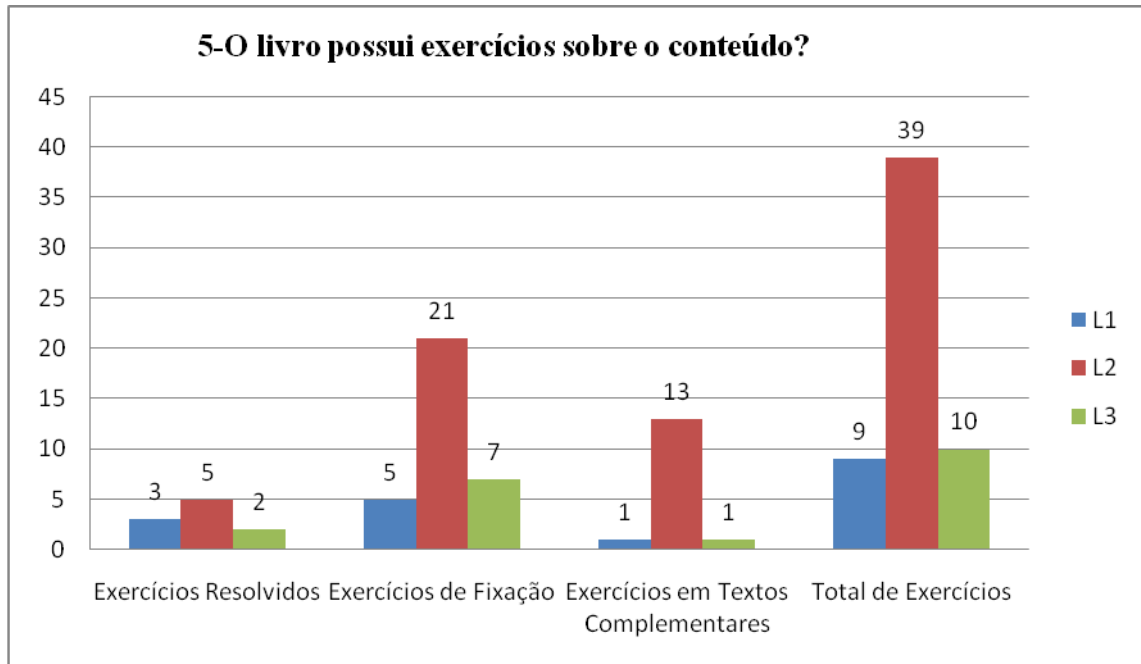
Fonte: Elaborado pela autora.

Os Textos Complementares foram utilizados para fornecer informações extras, curiosidades e questionamentos relacionados ao assunto. Esses textos estão distribuídos ao longo dos capítulos analisados sobre o conteúdo de Relatividade Restrita, abordando questões que relacionam a Física com outras disciplinas presente na Grade Curricular do Ensino Médio. Além de apresentarem situações que ajudam a refletir sobre o conteúdo apresentado em cada obra analisada.

No que diz respeito, a propostas de experimentos nenhum dos exemplares analisados apresentaram experimentos utilizando materiais de baixo custo que podem ser realizados em sala de aula e/ou em casa para demonstrar os conceitos da TRR. O L1 é o único livro que possui uma proposta de experimento sobre a Relatividade. No entanto, tal experimento não demonstra a Teoria da Relatividade Restrita e sim, a Teoria da Relatividade Geral (TRG). Por esse, motivo, essa proposta de experimento não foi registrada no Gráfico 2;

Com relação ao quinto item presente no Quadro 2, observamos que os livros analisados possuem exercícios relacionados ao conteúdo da TRR. O Gráfico 3 compara a quantidade de exercícios presentes no capítulo analisado, em cada livro didático consultado. Os resultados mostram que todos os livros analisados apresentam exercícios resolvidos, exercícios de fixação e exercícios em textos complementares distribuídos ao longo do capítulo sobre o conteúdo da TRR. Observa-se que o L2 possui o maior número de exercícios em todas as categorias de distribuição, totalizando 39 exercícios sobre o conteúdo de Relatividade Restrita.

Gráfico 3- A quantidade de exercícios que se referem ao conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita contidos em três livros didáticos de Física para o Ensino Médio do PNLD 2018.



Legenda: L1, Livro 1- Compreendendo a Física, de GASPAR (2016); L2, Livro 2-Física aula por aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano, de Barreto Filho e Silva (2016); e L3, Livro 3-Conexões com a Física, de Martini et al (2016).

Fonte: Elaborado pela autora.

É importante destacar, que quantidade não significa qualidade. Pode acontecer de encontramos livros que apresentem pouca quantidade de exercícios, mas com uma qualidade melhor em comparação a livros que possuem uma quantidade de exercícios maior sobre o mesmo assunto. Entretanto, os exercícios presentes em L2 possuem quantidade e qualidade. Apesar de L1 e L3 possuírem uma quantidade de exercícios menor que L2, os exercícios presentes nesses exemplares também possuem qualidade, apresentando questões que exigem um resgate dos conceitos e cálculo matemático associados à TRR que foram estudados ao longo do capítulo sobre essa teoria.

Segundo Gaspar (2016), os exercícios resolvidos e os exercícios propostos (fixação de conteúdo) servem para refletir sobre o conteúdo estudado e avaliar a compreensão sobre o conteúdo lido. Para Barreto Filho e Silva (2016), os exercícios resolvidos ilustram a aplicação dos conceitos vistos. Já os exercícios propostos servem para avaliar a compreensão do conteúdo. Para Martini et al (2016), os exercícios resolvidos têm o objetivo de mobilizar alguns aspectos conceituais de cada conteúdo, aplicando-os em situações relacionadas com o que foi aprendido. Já os exercícios propostos têm como intuito interpretar o contexto expresso no enunciado, analisando-o com base nos princípios estudados e, quando necessário,

estabelecendo a relação conceitual-algébrica.

Tanto os exercícios resolvidos quanto os exercícios de fixação do conteúdo, desempenham um papel muito importante no processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Pode acontecer, diante alguma atividade proposta, que o estudante se sinta inseguro em aplicar o conteúdo estudado em sala de aula ou em casa. Por esse motivo, é importante que os livros didáticos de Física contenham exercícios resolvidos para exemplificar a aplicação dos conceitos e fórmulas de determinado assunto, servindo como base para a resolução dos exercícios de fixação de conteúdo.

Os exercícios contidos em textos complementares também são importantes para o ensino-aprendizagem dos alunos. Porém, nem sempre são abordados e solicitados pelos professores, passando “meio que despercebido”. Como mencionado anteriormente, os textos complementares fornecem informações extras. Assim, os exercícios contidos neles, também seguem essa mesma linha de raciocínio. O fato deles não serem abordados, mesmo sendo importantes do ponto de vista do autor, não impede que o professor forneça informações extras diversificadas para complementar o conteúdo. Além da possibilidade de fazer as duas coisas, discutir as informações extras do livro e mencionar outras informações complementares.

Com relação ao sexto item presente no Quadro 2, observamos que todos os livros analisados abordam sobre a História da TRR e sobre alguns conceitos relacionados a essa teoria. Com exceção do conceito de simultaneidade que só é abordado em L1 e L2. O Quadro 5 apresenta a comparação da abordagem do conteúdo da TRR contidos em cada exemplar, considerando as categorias: abordagem da História da teoria e abordagem de alguns conceitos do conteúdo em questão. Os resultados mostram que a maioria das obras analisadas aborda os conceitos dessas categorias, através de textos, ilustrações, exemplos e equações.

Quadro 5- Abordagem da História e de alguns conceitos da Teoria da Relatividade Restrita presente em livros didáticos de Física aprovados pelo PNLD 2018.

Abordagem Conceitos	Presença de texto	Ilustração	Exemplo	Equação
História da teoria	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3
Postulados	L1, L2 e L3	L3	L1 e L3	L3
Simultaneidade	L1 e L2	L1 e L2	L1 e L2	
Dilatação temporal	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3
Contração do comprimento	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3	L1, L2 e L3

Massa e energia relativística	L1, L2 e L3	L1	L1 e L2	L1, L2 e L3
--------------------------------------	-------------	----	---------	-------------

Fonte: Elaborado pela autora.

A forma de abordagem dos conceitos contidos no Quadro 5 é bastante variável, em cada livro didático analisado. A maioria é conceituada em tópicos e subtópicos ao longo do capítulo, porém em L3 a equivalência entre a massa e energia relativística foi abordada em um texto complementar. Em cada exemplar, o tamanho da abordagem varia, com relação às categorias mencionadas, tem obras que fazem apenas comentários breves e outras que fazem uma abordagem mais detalhada sobre determinado conceito da TRR.

Com relação à abordagem da História da TRR, todos os livros didáticos de Física, da terceira série do Ensino Médio analisados nesse estudo, mencionam informações sobre a história dessa teoria, apresentando nomes, datas, fatos de forma resumida ao longo dos textos dos capítulos analisados. Em L1 e L2 a abordagem é maior que em L3, sendo o L2 o livro que possui mais informações sobre a História da TRR em relação a L1 e L3. Apesar de todos os livros analisados, terem mencionado a história dessa teoria, as informações disponibilizadas não são suficientes para compreender de fato essa história. Desse modo, esse aspecto deve ser melhorado em todos os livros analisados. Tal abordagem é imprescindível para compreender o conteúdo, considerando o contexto social, origem e evolução da ideia de relatividade.

Ressaltando que trabalhar a História da Física é algo difícil, devido a sua ampla e diversificada quantidade de informações relacionadas às teorias, leis, conceitos e fenômenos físicos que requerem uma abordagem mais detalhada para evitar pseudohistórias gerando interpretações equivocadas sobre determinado assunto.

APONTANDO SE EXISTE ALGUM ERRO CONCEITUAL E/OU REPRESENTATIVO DO CONTEÚDO DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA CONTIDO NOS MATERIAIS DIDÁTICOS ANALISADOS

Os livros didáticos de Física analisados não apresentaram erros conceituais e/ou representativos, com exceção L3. Esse livro apresentou um erro representativo, na ilustração que encerra o capítulo “A Teoria da Relatividade Restrita”, com relação à contração do comprimento (Figura 10).

A Figura 10 apresenta o aspecto visual de um carro em movimento representando a contração relativística, presente em L3. A figura mostra o carro achatado para representar a contração relativística.

Figura 10- O aspecto visual de um carro em movimento representado a contração relativística, presente em L3.



Fonte: Martini et al (2016, p.241)

Nussenzveig (1998), afirma que em livros de divulgação sobre relatividade, é comum encontrar imagens de automóveis achatados pela contração, para representar o aspecto visual desse objeto em movimento com velocidade relativística, isso é um erro representativo.

De acordo Hewitt (2015, p.676), “o espaço sofre contração, fazendo com que os objetos pareçam mais curtos quando estão se movendo em relação a nós com velocidades relativísticas, ou seja, o tamanho dos objetos não diminui, eles apenas parecem mais curtos. Corroborando com isso, Wolff (2005), afirma que muitos livros do EM não deixam claro que na contração do comprimento, não ocorre uma mudança na estrutura do objeto, a contração é real, mas não é material.

Entre as obras didáticas analisadas, com relação à contração do comprimento, L2 é o único livro que destaca que o tamanho do objeto não diminui, ele apenas aparenta ser mais curto. Os autores do L2 destacam esse fato, no final da explicação desse tópico, com questionamentos e suas respectivas respostas, observem a seguir:

Vamos fazer uma última consideração sobre os resultados obtidos. Será que, nos casos em que é observada a contração do espaço, ela é de fato real? Existe uma alteração na estrutura dos materiais, nas moléculas que os compõem, ou trata-se de uma mera consequência da aparência visual de um objeto em movimento? Essa pergunta não teve uma resposta imediata. A princípio, teóricos como Lorentz acreditavam que a contração era resultado da ação do éter sobre as forças moleculares, que deveriam ser alteradas pelo movimento. Einstein, ao contrário, acreditava que a contração se tratava de um mero efeito da aparência visual dos objetos em movimento relativo, que é a interpretação pregada, aceita e disseminada hoje pela Teoria da relatividade (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 212).

É importante destacar que dependendo da formação do professor de Física, esse erro representativo pode passar despercebido, seja pelo enfoque nos cálculos, deixando de lado o estudo das ilustrações que representam e explicam o conteúdo, ou pela dificuldades encontradas em aprender esse assunto durante sua graduação, que podem influenciar sua

prática docente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto, podemos afirmar que esse trabalho alcançou todos os objetivos propostos, uma vez que, os resultados mostram a descrição, comparação e apontamento de erros conceituais e/ou representativos do conteúdo da TRR contidos nos três livros didáticos de Física analisados.

Nessa perspectiva, os resultados apresentam que o conteúdo da Teoria da Relatividade Restrita está organizado em unidades e capítulos diferentes em cada livro analisado, corresponde a aproximadamente 4,21% do L1, 6,98% do L2 e 3,28% do L3. Os três livros didáticos analisados diferem quanto à quantidade de tópicos e subtópicos que constituem o capítulo de Relatividade Restrita, há tópicos semelhantes e de apresentação única no índice de cada exemplar.

Todos os livros analisados possuem textos e ilustrações para representar o conteúdo da TRR. A quantidade de ilustrações, exercícios e textos complementares presente em cada obra analisada é bastante variável. Os livros possuem uma linguagem clara, contextualizada e interdisciplinar em algumas situações. Todos os livros apresentam a história da teoria de forma resumida e abordam sobre os postulados, simultaneidade, dilatação temporal, contração do comprimento e a equivalência da massa e energia, com exceção do L3 que não possui um tópico ou subtópico sobre a simultaneidade.

O L2 é o livro que possui a maior quantidade de páginas dedicadas ao conteúdo da TRR e o maior número de ilustrações no total, incluindo imagens distribuídas nos tópicos do capítulo, nas caixas de textos e exercícios de fixação. É o único livro que apresenta imagens nos exercícios. Além disso, é o livro que possui a maior quantidade de exercícios resolvidos, exercícios de fixação e exercícios em textos complementares. Desta forma, esse exemplar é uma boa opção para ensinar o conteúdo da TRR, devido à presença ampla, de fatores fundamentais para a escolha de livros didáticos pelo professor, de acordo com Silva et al, 2019.

Os livros didáticos de Física analisados não apresentam erros conceituais e/ou representativos, com exceção L3, em relação à contração relativística. Apenas em L2 das obras didáticas analisadas, com relação à contração do comprimento, é destacado que a estrutura do objeto não diminui, é apenas um efeito da aparência visual dos objetos em movimento relativo. Esse é um dos aspectos que deveria ser destacado em L1 e L3 dos exemplares analisados.

É importante destacar, que a forma de abordagem dos conceitos da TRR é bastante

variável em cada exemplar analisado, em alguns tópicos as informações são bem sutis e em outros são mais detalhadas. Assim, é viável utilizá-los como referências complementares para o ensino da TRR no EM caso nenhum dos livros analisados nesse estudo, seja a referência básica da escola.

Sugere-se uma pesquisa mais aprofundada com as doze coleções dos livros que estão presentes no Guia de Livros Didáticos de Física PNLD 2018, utilizando os critérios de análise adotados nesse trabalho. Recomenda-se ainda uma pesquisa com os livros didáticos de Física PNLD 2018 que apresente o maior índice de distribuição e com o livro didático que apresente o menor índice de distribuição nas escolas públicas brasileiras do Ensino Médio, para com isso investigar como o conteúdo de Relatividade Restrita é apresentado em ambos os livros.

REFERÊNCIAS

- BARCELOS NETO, João. **Fundamentos de relatividade especial**. UFRJ, Sub-Reitoria de Ensino de Graduação e Corpo Discente, 1994. 210p.
- BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da. **Física aula por aula: eletromagnetismo, física moderna**, 3º ano. 3.ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: física**-guias de livros didáticos-ensino médio/Ministério da Educação-Secretaria de Educação Básica-SEB-Fundo Nacional de Desenvolvimento de Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017, 111p.
- CARDOSO, Márcia Regina Gonçalves; OLIVEIRA, Guilherme Saramago de; GHELLI, Kelma Gomes Mendonça. Análise de Conteúdo: uma metodologia de pesquisa qualitativa. **Cadernos da Fucamp**. V.20, n.43, p.98-111, 2021.
- CELESTINO, Leandro Carlos de Freitas. **O jogo de tabuleiro como recurso didático no ensino de Teoria da Relatividade no ensino médio**. Orientadora: Sara Cristina Pinto Rodrigues. 2020. 136f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, 2020.
- CRESWELL, John W..**Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. **Física, Vol. 1: mecânica**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- DOMINGUINI, Lucas. Física moderna no ensino médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Criciúma- SC, v.34, n.2, p.2502-2502-7, abr. 2012.
- Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Histórico do PNLD. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/component/k2/item/518-hist%C3%B3rico#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20do%20Livro,nomes%20e%20formas%20de%20execu%C3%A7%C3%A3o> . Acessado em: 23/03/2022.
- FRAGA, Naiagry Paula de. Experimentos **mentais e paradoxos no ensino de relatividade restrita** [recurso eletrônico]. Orientador: Prof. Dr. Celio Rodrigues Muniz. 2018. 1 CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu, Graduação em Física, Iguatu, 2018.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Aurélio Junior**: dicionário escolar da língua portuguesa. 2.ed. Curitiba: positivo, 2011. Isbn 978-85-385-4735-8.

FREITAS, Savana dos Anjos; ANDRADE NETO, Agostinho Serrano. Análise dos conteúdos de física nos livros de ciências do nono ano do ensino fundamental aprovados pelo PNLD 2017. **Revista Contexto & Educação**. Editora Unijuí. ISSN 2179-1309. Ano.34. Nº. 107. Jan/Abri. 2019.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

JARDIM, Wagner T.; VASQUEZ OTOYA, Victor J.; OLIVEIRA, 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, p. 2506 (1-7), 2015.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. 4.ed. Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2020. 59p.

LIRA, Natália; SHIVANI, Milton; SOUZA, Gustavo Fontoura de. Programa Nacional do Livro Didático de Física: subsídios para pesquisas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20200011-1 - e20200011-10, 2020.

KÖHNLEIN, Janete F. Klein; PEDUZZI, Luiz O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, v.22, n.1: p.36-70, abr.2005.

MARTINI, Gorinha et al. **Conexões com a Física**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barretto. Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. **Ensino de ciências e matemática**, I: temas sobre a formação de professores [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Academica, 2009.

MOURA, Fábio Andrade de; VIANA, Pedro Oliveira. O ensino de física moderna baseado no filme interestelar: abordagem didática para a aprendizagem significativa. **Research, Society and Development**. vol.8, n.3, p. 1-15, 2019.

NEVES, Jailson Alves das. **Uma análise do conteúdo da relatividade restrita nos livros didáticos do ensino médio**. Orientadora: Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire. 2014. 193.p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual

da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Campina Grande-Paraíba, 2014.

NICOLAU JUNIOR, Jorge Luiz. **Estrutura didática baseada em fluxo: relatividade restrita para o ensino médio**. Orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola pinto de Oliveira. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2014.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica**. 4.ed. São Paulo: Edgard Blücher, vol.1, 2002.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica**. 1.ed. São Paulo: Editora Blucher, vol. 4, 1998.

OLIVEIRA, A. N.; Almeida, C. A. S. **Ensino de relatividade especial no ensino médio: uma abordagem progressiva**. Educação Ambiental e Ensino de Ciências e Matemática: múltiplos olhares, II: didática e ensino de ciências e matemática, p. 107-117. Fortaleza: Editora UECE, 2013.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Cad. Cat. Ens.Fís.**, v. 18, n.2, p. 135-151, ago. 2001.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio**. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2000.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste F.. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, v.19, n.2, p.170-190, ago, 2002.

PEREIRA, Patrícia do Nascimento; GUERINI, Silvette, Coradi; SÁ-SILVA, Jackson Ronie. Os conteúdos de física moderna em livros didáticos de física do ensino médio. **Debates em Educação**. Universidade Federal de Alagoas. Vol. II, Nº.24, Maio/Ago. 2019.

PIRES, Antonio S.T. **Evolução das idéias da física**. 2.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

PIRES, Marcelo Antonio; VEIT, Eliane Angela. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 241-248, 2006.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2.ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da; BIAZUZ, Marivane de Oliveira; DARROZ, Luiz Marcelo. Estudo envolvendo a função das imagens associadas a tópicos de Física Moderna nos livros didáticos do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.37, n.1, p.27-50, abri.2020.

SALOMÃO, José Pedro Quaresma Castro; ARAUJO, Rafael Rodrigues de; MACKEDANZ, Luiz Fernando. Um estudo bibliográfico sobre a metodologias no ensino de física moderna e contemporânea. **Arquivos do Mundi**, v.24, n.3, p. 233-234, 2020.

SALVADOR, Heloiza; PORTELA, Caroline Dorada Pereira. Uma análise sobre o conceito de energia em livros didáticos de física. **Revista Mundi Sociais e Humanidades**. I Encontro Nacional Interdisciplinar em Ciência, Tecnologia e Sociedade (ENICTS 2019). Edição Especial. Paranaguá, PR, v.5, n.1, p.87(1- 10), 2020.

SANTOS, Ana Cácia. **Abordagem histórica da física moderna e contemporânea no ensino médio**. São Cristóvão, 2017. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, 2017.

SANTOS, Monique Eves Souza dos. **As dificuldades no ensino de física para o Ensino Médio**: estudo de caso em uma escola de Rede Pública Estadual. Orientador: Prof. Dr. Walter Trennepohl Júnior. 2019. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, RO, 2019.

SANTOS, Vanessa dos anjos dos; MARTINS, Liziane. A importância do livro didático. Candombá- **Revista Virtual**, v.7, n. 1, p. 20-33, jan-dez. 2011.

SILVA, Patrick Oliveira da. et al. Os desafios no ensino e aprendizagem da física no ensino médio. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente– FAEMA**. v.9, n.2, p. 829-834, 2018.

SILVA, Alanah Garcia da Silva. et al. Análise da história da Teoria da Relatividade Restrita em livros didáticos do terceiro ano do ensino médio indicados no PNLEM 2015/2017. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** vol. 13, no.4, Dec. 2019.

SILVA, João Ricardo Neves da; ARENGHI, Luiz Eduardo Birello; LINO, Alex. Porque inserir física moderna e contemporânea no ensino médio ? uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **R.B.E.C.T.**, vol6, num. 1. Jan-abr, 2013.

WOLFF, Jeferson Fernando de Souza. **O ensino da teoria da relatividade especial no nível médio**: uma abordagem histórica e conceitual. Orientador: Prof. Dr. Paulo Machado Mors. 2005. 174f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do sul, Instituto de Física, Porto Alegre, 2005.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger. **Física IV**: ótica e física moderna. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.