



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL



PAULO HENRIQUE PORTELA OLIVEIRA

**LEIS DE KEPLER DO MOVIMENTO PLANETÁRIO
NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO PROGRAMA
NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO DE 2014:
UM ESTUDO À LUZ DE ASPECTOS CONCEITUAIS,
DIDÁTICO-METODOLÓGICOS E HISTÓRICOS**

FEIRA DE SANTANA

Novembro de 2015



Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



Paulo Henrique Portela Oliveira

**LEIS DE KEPLER DO MOVIMENTO PLANETÁRIO NOS
LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO PROGRAMA NACIONAL
DO LIVRO DIDÁTICO DE 2014:
UM ESTUDO À LUZ DE ASPECTOS CONCEITUAIS,
DIDÁTICO-METODOLÓGICOS E HISTÓRICOS**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientador- Prof. Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Verena Freitas Paim

FEIRA DE SANTANA- BA

2015



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): PAULO HENRIQUE PORTELA OLIVEIRA
DATA DA DEFESA: 31/08/2015 LOCAL SALA 02 - LABORATÓRIO DE FÍSICA DA UEFS
HORÁRIO DE INÍCIO: 16:02 h

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
<u>CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO</u>	<u>848.940.004-30</u>	Presidente	DS	UEFS
<u>Elder Soles Teixeira</u>	<u>38805278572</u>	Membro	DS	UEFS
<u>Eduardo Brescansu de Amores</u>	<u>141850838-94</u>	Membro	DS	UEFS
<u>ANA VERENA FREITAS PAIM</u>	<u>568.113.97587</u>	Membro	DS	UEFS

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO**:
Leis de Kepler do Movimento Planetário nos Livros Didáticos de Física do Programa Nacional do Livro Didático de 2014: Um estudo à luz de Aspectos Conceituais, Didático-Metodológicos e Históricos.
**Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho

Em sessão pública, após exposição de 48 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 1h 23min. A banca chegou ao seguinte resultado:

- APROVADO(A)
 INSUFICIENTE
 REPROVADO(A)

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 31 de agosto de 2015

Presidente: Carlos Alberto de Lima Ribeiro
Membro 1: Elder Soles Teixeira
Membro 2: Eduardo Brescansu de Amores
Membro 3: Ana Verena Freitas Paim
Candidato (a): Paulo Henrique Portela Oliveira
Coordenador do PGAstro: Wally F. Dutra

OBS:

O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.

Ficha Catalográfica- Biblioteca Central Julieta Carteado

Oliveira, Paulo Henrique Portela

O491 Leis de Kepler do movimento planetário nos livros didáticos de física do Programa Nacional do Livro Didático de 2014: um estudo à luz de aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos/ Paulo Henrique Portela Oliveira. - Feira de Santana, 2015.

70 f.: il.

Orientador: Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Coorientadora: Ana Verena Freitas Paim

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Mestrado Profissional em Astronomia, 2015.

1. Livros didáticos –Física. 2. Leis de Kepler. 3. Programa Nacional do Livro Didático. I. Ribeiro, Carlos Alberto de Lima, orient. II. Paim, Ana Verena Freitas, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 371.671:53

AGRADECIMENTOS

- A Deus, que é a fonte de toda minha vida e inspiração.
- À minha mãe Áurea Portela Oliveira, exemplo de força e superação.
- Aos meus irmãos, pelo apoio.
- Ao meu orientador Professor Dr. Carlos Alberto por sempre ter acreditado neste trabalho.
- À professora Dra. Ana Verena, pela valiosa orientação.
- Aos Professores do Mestrado, e, em especial, Vera e Eduardo, pelas sugestões na melhoria do trabalho.
- Aos colegas do Mestrado, especialmente, Carrilho e Roberth.
- À minha namorada Graziela.
- A todos que contribuíram, de forma direta e indireta, na elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1-AS LEIS DE KEPLER DO MOVIMENTO PLANETÁRIO: HISTÓRIA E CIÊNCIA.....	16
1.1. Teorias Heliocêntricas de Aristarco de Samos e Nicolau Copérnico.....	16
1.2. Mistério Cosmográfico: Primeira defesa de Kepler do Heliocentrismo.....	18
1.3. Primeira e Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário: os fundamentos da obra Astronomia Nova.....	20
1.4. Harmonia do Mundo pela Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário.....	22
CAPÍTULO 2- LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA NO BRASIL.....	28
2.1. Surgimento dos livros didáticos de Física.....	28
2.2. A criação do Programa Nacional do Livro Didático e suas contribuições na qualidade dos livros didáticos.....	30
2.3. As pesquisas sobre qualidade dos livros didáticos de Física: o que nos revelam.....	33
2.4. A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua ligação com a proposta de análise dos livros didáticos de Física.....	36
CAPÍTULO 3- METODOLOGIA.....	38
3.Natureza da Pesquisa.....	38
CAPÍTULO 4- ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO PNLD 2014.....	40
4.1. Aspectos Conceituais.....	40

4.2. Aspectos Didático-Methodológicos.....	46
4.3. Aspectos Históricos.....	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE 1.....	61
APÊNDICE 2.....	62
APÊNDICE 3.....	63
APÊNDICE 4.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Taça cósmica kepleriana.....	19
Figura 2- Movimento dos Planetas representados por notas musicais.....	22
Figura 3- Órbita circular descrita por dois corpos.....	24
Figura 4- Sistema Sol-Planeta.....	26
Figura 5-Elipse.....	40
Figura 6- Elipse com alta excentricidade.....	41
Figura 7- Órbita do Planeta nos seus pontos de afélio e periélio.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a. C.- Antes de Cristo

CIEAC- Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand

CM- Centro de Massa

DCNEM- Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

INL- Instituto Nacional do Livro

MEC- Ministério da Educação

PCNEM- Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PNLD- Programa Nacional do Livro Didático

PSSC- Physical Science Study Committee

SBHC- Sociedade Brasileira de História da Ciência

SENAMEPRAE- Seminário Nacional de Mestrados Profissionais

UEFS- Universidade Estadual de Feira de Santana

UFBA- Universidade Federal da Bahia

UFPR- Universidade Federal do Paraná

UFMG- Universidade Federal de Minas Gerais

USP- Universidade de São Paulo

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Excentricidade das órbitas dos planetas do Sistema Solar.....41

Tabela 2- Descrição dos valores da distância média ao Sol, do período de revolução e da constante k dos planetas do Sistema Solar.....43

RESUMO

Os livros didáticos de Física constituem o principal instrumento de trabalho do professor, apesar de algumas pesquisas recomendarem a necessidade da elaboração de material didático pelo próprio professor e do uso do livro-texto como apoio. Realizo um estudo sobre as Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) no ano de 2014. O principal objetivo foi verificar de que forma esse conteúdo se encontra abordado nestas obras. Utilizo como critérios de análise aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos. Os mesmos encontram-se atrelados ao que preconiza o Guia de Livros Didáticos da Disciplina Física do PNLD, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e em trabalhos acadêmicos cujos enfoques defendem a inclusão da História da Ciência no Ensino de Física. A metodologia utilizada foi de natureza qualitativa. Avalio os 14 livros do PNLD, à luz da Análise do Conteúdo. Com base na nossa investigação, concluo que a definição de conceitos considerados importantes para a compreensão das leis ainda não ocorre de forma satisfatória. Destaco a omissão, em alguns livros, do conceito da elipse, que se constitui em um elemento básico para o aprendizado do conteúdo. A análise dos aspectos didático-metodológicos evidenciou que a contextualização não é contemplada na abordagem feita pelos livros didáticos, e a interdisciplinaridade encontra-se em sintonia com o propósito de integrar as diferentes áreas do conhecimento. Com respeito ao uso da História da Ciência, embora possua um relevante papel no aprendizado em Física, ela não está presente, pois não há uma preocupação com esse aspecto pela maioria dos autores.

Palavras-chave: Leis de Kepler. Livros didáticos. Ensino de Física.

ABSTRACT

The Physics textbooks constitute the main teacher's working tool, although surveys indicate the need to prepare own teaching materials prepared by the teacher and the use of the textbook as support. We conducted a study of Kepler's Laws of Planetary Motion in Physics textbooks recommended by the National Textbook Program (PNLD in Portuguese) in 2014. The main objective is to verify how that content is addressed in these works. We use as conceptual, didactic-methodological and historical aspects analysis criteria. They are linked to that recommended by the PNLD Guide, the National Curriculum Guidelines for Secondary Education, and academic papers that focus urges that a History of Science in teaching Physics. The methodology was qualitative in nature. We analyzed the 14 books of PNLD by analysis of the content. Based on our investigation, we concluded that the definition of concepts considered important for the understanding of the laws is not yet satisfied. We highlight the omission, in some books, the concept of the ellipse, which constitutes a basic element for learning content. Analysis of didactic and methodological aspects showed that contextualization is not included in the approach taken by textbooks, and interdisciplinary is attuned to the purpose of integrating the different areas of knowledge. About to the use of the History of Science, although it has an important role in learning in physics, is not present. There is no a concern with this aspect by most authors.

Key-words: Kepler laws. Didactic textbooks. Teaching Physics.

INTRODUÇÃO

Os livros didáticos me chamam atenção desde o começo da minha vida escolar, quando tive contato com as primeiras letras, pois sempre tive a curiosidade de ler os livros que encontrava. Ao longo dos anos este interesse pelos livros foi aumentando a ponto de resultar neste trabalho. Porém, antes mesmo de iniciar a sua discussão pretendo situá-lo dentro da minha carreira profissional, pois a sua origem se encontra relacionada à minha trajetória como docente.

Logo depois de concluído o curso de Licenciatura em Física ofertado pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) prestei, no início do ano de 2006, o concurso público para o preenchimento de vagas na carreira do magistério do Ensino Básico do Estado da Bahia para a disciplina de Física, no qual fui aprovado, e aguardei por um período de um ano até ser nomeado. Iniciei o meu trabalho no Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand (CIEAC), onde atuo até hoje. Confesso que no início da minha atividade docente não havia atentado sobre a importância do livro didático, pois até esse período, ainda não era adotado nenhum livro pela escola e os professores tinham a liberdade de utilizar qualquer livro de Física que fosse direcionado ao Ensino Médio. Só no ano seguinte, em 2008, ocorreu a primeira edição do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), nesta escola. Foi selecionado um livro didático de Física, de uma forma não democrática, pois nem todos os professores foram consultados.

Em 2009, ingressei na segunda turma do curso de Especialização em Astronomia, oferecido pelo Departamento de Física da UEFS. Posso destacar dois momentos, durante o curso, que podem ser apontados como importantes para este despertar, que hoje é traduzido sob a forma desse trabalho de pesquisa: a disciplina sobre análise de livros didáticos de Ciências, onde obtive contato com vários trabalhos sobre livros didáticos; e a elaboração do Trabalho Final de Curso, cujo título foi *Análise de Livros Didáticos de Física sobre Conteúdos de Astronomia*.

Daí por diante minha curiosidade e interesse pelos livros didáticos se ampliou e comecei a avaliar o livro didático de Física, que foi selecionado para a escola através do PNLD. Percebi que ele não transmitia ao estudante uma compreensão

dos conteúdos da Física, pois a linguagem por ele utilizada se encontrava afastada da realidade do aluno, visto que insistia em apresentar a Física como uma ciência abstrata, que permanece utilizando excessivamente equações matemáticas, leis e conceitos que não permitem ao aluno fazer relações com situações concretas do seu cotidiano (BRASIL, 1999).

Depois de finalizado o curso de Especialização em Astronomia, já no ano de 2010, era meu anseio dar seguimento à pesquisa sobre análise de livros didáticos em outra pós-graduação, mas desta vez no mestrado, porém ainda me faltava um objeto de pesquisa ancorado aos livros didáticos de Física. Ocorreu então outro evento importante, denominado XII Simpósio Nacional sobre a História da Ciência, que foi promovido pela Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBHC) na Universidade Federal da Bahia (UFBA) e que contribuiu para a construção do objeto de pesquisa. O que mais me chamou atenção nesse evento foi que alguns pesquisadores presentes defendiam trabalhos sobre personagens importantes que desenvolveram pesquisas em diversas áreas como a Física e a Biologia, entre outras.

Durante a realização do evento aproveitei para discutir ideias com alguns pesquisadores na área de Física e percebi que para o desenvolvimento da minha pesquisa necessitava escolher um nome ligado à Física. Como havia recentemente concluído o curso de Especialização em Astronomia decidi pela escolha de Johannes Kepler, que foi um personagem importante para o desenvolvimento da Física e da Astronomia através da descoberta das suas Leis do Movimento Planetário.

Aliado a estes fatores, agregaria os resultados apresentados por diversas pesquisas que tive acesso, as quais versam sobre análise de livros didáticos de Física contendo equívocos que são de natureza conceitual, didático-metodológicos e históricos. Finalmente cheguei a uma temática resultante da junção do estudo da vida e obra de Johannes Kepler com a proposta de análise de livros didáticos de Física, o que gerou o presente trabalho, que consiste em um estudo das Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física do PNL 2014, com base em aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos. No Capítulo 1 realizo uma abordagem sobre o processo de descoberta das leis incluindo os

anteriores que serviram de base para a elaboração delas. No Capítulo 2 faço uma discussão sobre os livros didáticos de Física destacando: o seu surgimento no Brasil, as principais reformas que terminaram por influenciá-lo, a descrição sobre algumas pesquisas que tratam sobre a qualidade do livro didático e a relação da proposta do trabalho com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

O Capítulo 3 compreende a descrição da metodologia utilizada na pesquisa e o Capítulo 4 refere-se aos resultados obtidos através da análise dos aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos relacionados à abordagem das Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física. Nas considerações finais apresento as minhas conclusões e na sequência trago as Referências e Apêndices formulados durante a execução do trabalho.

CAPÍTULO 1-AS LEIS DE KEPLER DO MOVIMENTO PLANETÁRIO: HISTÓRIA E CIÊNCIA

As Leis de Kepler do Movimento Planetário representaram, para o período em que foram descobertas, uma grande mudança no cenário da Astronomia, pois através delas foi possível a comprovação da Teoria Heliocêntrica que afirma que o Sol ocupa o centro do sistema planetário. Porém, antes de Kepler existiram outros defensores do heliocentrismo e, dentre estes, destaco o astrônomo grego Aristarco de Samos e o polonês Nicolau Copérnico. Embora a formulação das suas leis tenha permitido a Kepler notoriedade na confirmação do heliocentrismo, a sua primeira defesa deste sistema foi realizada no livro *Mistério Cosmográfico*, que pode ser considerado como o precursor na descoberta das suas Leis do Movimento Planetário.

1.1. Teorias Heliocêntricas de Aristarco de Samos e Nicolau Copérnico

O astrônomo grego Aristarco nasceu na cidade de Samos durante o século III a. C. e foi um dos maiores astrônomos que viveu naquela época e o pioneiro em afirmar que, ao invés da Terra, era o Sol quem ocupava o centro do sistema planetário (BOCZKO, 1984). Aristarco também se destacou pela descoberta de um procedimento inventivo que serviu para determinar as distâncias relativas do Sol e da Lua. Esse resultado foi registrado em um dos seus tratados denominado *Do Tamanho e da Distância do Sol e da Lua*, que ficou marcado como uma grande obra na Grécia Antiga (KOESTLER, 1959).

Porém as ideias de Aristarco foram rebatidas, pois naquele período a crença no Sistema Geocêntrico ainda era muito forte, pois este não continha nenhuma discordância que pudesse ser resolvida pelo Sistema Heliocêntrico, logo o sistema estabelecido por Aristarco não foi considerado tão importante (PIRES, 2008).

Após Aristarco não houve outra figura que apresentasse outra interpretação de um Sistema Heliocêntrico, até que no século XVI o astrônomo polonês Nicolau Copérnico publica, no ano de sua morte em 1543, o livro intitulado *Revoluções dos Corpos Celestes*, no qual defende a teoria de que o Sol se encontra no centro do

sistema solar, a Terra e os demais planetas executariam uma espécie de movimento circular uniforme em torno desse centro (BOCZKO, 1984).

Copérnico também se destacou por outros feitos como, por exemplo, a afirmação de que os formatos das órbitas dos planetas em torno do Sol eram circulares (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2003). Esta afirmação foi posteriormente rebatida por Kepler, ao descobrir que as formas das órbitas dos planetas são, na verdade, elípticas.

O sistema heliocêntrico estabelecido por Copérnico no seu livro *Revoluções dos Corpos Celestes* serviu de base para que Johannes Kepler publicasse, meio século depois, já em 1596, o seu livro *Mistério Cosmográfico* (TOSSATO, 1999) que foi, na verdade, a sua primeira interpretação do heliocentrismo e que pode ser considerado como um ponto de partida para descoberta das Leis do Movimento Planetário.

1.2. Mistério Cosmográfico: Primeira defesa de Kepler do Heliocentrismo

As leis que explicam o movimento planetário foram responsáveis pelo reconhecimento de Kepler como um grande astrônomo. Porém, anteriormente ao surgimento destas, Kepler já havia se aventurado na sua primeira tentativa de defesa do heliocentrismo através do livro, que ficou conhecido como o Mistério Cosmográfico escrito no ano de 1596.

O ponto de partida para elaboração do Mistério Cosmográfico pode ser descrito como um episódio inusitado, quando Kepler ainda atuava como professor na Universidade de Graz, na Áustria, onde Mourão (2003, p.42) relata da seguinte forma:

Em 9 de julho de 1595, ao desenhar uma figura geométrica no quadro negro, durante uma aula, Kepler teve uma ideia notável: associar o sistema de Copérnico à Geometria euclidiana. No quadro negro, uma figura mostrava um triângulo com um círculo inscrito e outro circunscrito. Notou que a proporção entre o raio do círculo maior (círculo que envolvia o triângulo) e o do menor (círculo envolvido pelo triângulo) parecia semelhante àquela existente entre as órbitas de Saturno e de Júpiter. Logo tentou determinar uma segunda distância: entre Marte e Júpiter, com o auxílio de um quadrado. Em seguida, uma terceira, com ajuda de um pentágono, e finalmente uma quarta, com auxílio de um hexágono. Essas tentativas não deram certo e Kepler se perguntou: “porque usar figuras planas (bidimensionais) entre os orbes sólidos (tridimensionais)?” No lugar dos polígonos regulares resolveu usar poliedros regulares.

Logo, os poliedros regulares utilizados por Kepler na formulação do seu sistema de Universo correspondiam ao Cubo, Tetraedro, Dodecaedro, Icosaedro e o Octaedro, que também eram conhecidos como Sólidos Pitagóricos, ou Platônicos, devido ao fato dos geometras gregos Pitágoras (séc. VI a.C.) e Platão (428 a.C.-347 a.C.) terem realizado estudos sobre os mesmos (MOURÃO, 2003). Assim, o modelo de universo descrito no Mistério Cosmográfico consistia no Sol no centro do sistema planetário e as esferas das órbitas dos planetas até então conhecidos (Saturno, Júpiter, Marte, Terra, Vênus e Mercúrio) encontram-se inscritas, e circunscritas, situadas nos vértices dos poliedros regulares obedecendo a uma configuração, que segundo Tossato (1999, p.43) corresponde ao modelo descrito na página a seguir:

A Terra está no círculo que serve de medida para tudo. Construir um dodecaedro ao redor dela. O círculo envolvendo-o deve ser o de Marte. Ao redor de Marte construir um tetraedro. O círculo envolvendo-o deve ser o de Júpiter. Ao redor de Júpiter construir um cubo. O círculo envolvendo-o deve ser o de Saturno. Depois, construir um icosaedro dentro da esfera da Terra. O círculo inscrito nele deve ser o de Vênus. Dentro da esfera de Vênus construir um octaedro. O círculo inscrito nele deve ser o de Mercúrio. Assim, pode-se ter explicação da razão do número de planetas existentes.

Esta configuração pode ser representada através da Figura 1, denominada Taça cósmica kepleriana:

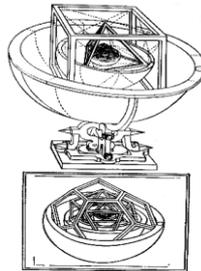


Figura 1- Taça cósmica kepleriana.

Fonte: TOSSATO, 1999, p.43.

O Mistério Cosmográfico escrito por Kepler representou uma defesa do sistema copernicano, pois ele acreditava que o sistema heliocêntrico estabelecido por Copérnico seria o único modelo possível utilizado por Deus para representar o Universo. A razão pela qual Kepler sentiu-se estimulado a elaboração da citada obra pode ser apontada como uma busca por algo que pudesse justificar as diferentes distâncias dos planetas ao Sol, e possibilitasse entender qual a relação existente entre os períodos de revolução dos planetas e o tamanho de suas órbitas.

A repercussão do Mistério Cosmográfico permitiu a Kepler um destaque como grande matemático (MEDEIROS, 2002) o que terminou gerando o convite do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, no ano de 1599, para trabalharem juntos e o encontro entre os dois foi de fundamental importância para o desenvolvimento da Astronomia, pois resultou na descoberta das leis que explicam o movimento planetário (MEDEIROS, 2002).

1.3. Primeira e Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário: os fundamentos da obra *Astronomia Nova*

Farei neste tópico a discussão sobre a Primeira e a Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário. Inicialmente contextualizarei como estas leis foram geradas a partir do encontro de Tycho Brahe com Johannes Kepler. O convite feito por Brahe a Kepler para trabalharem juntos originou-se do interesse de Brahe pelo Mistério Cosmográfico, devido à precisão na linguagem matemática utilizada por Kepler na escrita da citada obra.

Em 4 de Fevereiro de 1600, ocorreu o encontro entre os dois no Observatório de Benatky, na cidade de Praga. No começo, a convivência entre eles não foi nada harmoniosa, pois Tycho Brahe era conhecido por Kepler como detentor de uma personalidade “autoritária e caprichosa”, o que foi motivo para a ocorrência de um conflito entre ambos, que, com o tempo, passou a ser diminuído, devido à criação de um elo entre eles decorrente de uma fecunda colaboração (MOURÃO, 2003).

No início das suas atividades como assistente de Brahe, foi dada a Kepler a tarefa de estudar a órbita do planeta Marte, que até então não havia sido solucionada nem por Brahe, e por nenhum dos seus outros assistentes no observatório de Benatky. Kepler, que a princípio achou que esta tarefa duraria somente oito dias, dedicou um período de oito anos para solucioná-la, pois ao investigar as observações de Brahe sobre a órbita de Marte, Kepler constatou que elas continham um erro, que não condizia com as conclusões de Brahe, haja vista que naquela época, o conheciam como o maior astrônomo observacional, e a clareza das suas observações não poderiam conter um erro da ordem de 8 minutos de arco que, de fato, não era tão significativo (MEDEIROS, 2002).

Kepler aprofundou os seus estudos sobre a órbita do planeta Marte e no ano de 1602, ele formulou a primeira das suas leis, que posteriormente ficou conhecida como a sua Segunda Lei do Movimento Planetário, ou “Lei das Áreas”, que afirma que os planetas em sua trajetória em torno do Sol percorrem áreas iguais em intervalos de tempos iguais (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2003). Embora esta lei tenha sido cronologicamente a primeira a ser descoberta por Kepler, ela foi posteriormente denominada de Segunda Lei do Movimento Planetário.

Alguns anos depois, em 1605, Kepler descobriu a que ficou conhecida como a sua Primeira Lei do Movimento Planetário ou “Lei das Órbitas Elípticas” que sustenta a ideia de que os planetas em suas trajetórias em torno do Sol descrevem órbitas elípticas, com o Sol em um dos focos da elipse.

Esta distinção entre a ordem das leis, na qual a Segunda Lei foi descoberta antes da primeira, pode ser explicada, pela afirmativa de Medeiros (2002, p.30): “*A questão é que a denominação da ordem nas leis é posterior, e tenta dar conta de uma explicação para o sistema. Sua ordenação é, portanto, lógica, pedagógica, não cronológica*”.

As duas primeiras Leis de Kepler foram publicadas, no ano de 1609, no livro chamado *Nova Astronomia baseada nas causas ou Física do Céu junto com comentários sobre o movimento do planeta Marte*, ou simplesmente conhecido como *Astronomia Nova*. Na opinião dos estudiosos da obra de Kepler, o *Astronomia Nova* equivale a sua obra mais complexa devido à riqueza de detalhes com que o autor lidou com as observações sobre a órbita do planeta Marte.

1.4. Harmonia do Mundo pela Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário

Depois de concluídos os seus estudos sobre a órbita do planeta Marte, que o levaram a descoberta da Primeira e da Segunda Lei, que explicam o movimento planetário, Kepler ainda não se encontrava satisfeito, pois ele desejava encontrar uma relação que envolvesse o movimento dos planetas até então conhecidos (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno). No ano de 1619, Kepler publicou o seu livro intitulado Harmonia do Mundo contendo a sua Terceira Lei do Movimento Planetário.

O livro Harmonia do Mundo representa uma junção de temas pertencentes à Geometria, a Música, a Astrologia, a Astronomia e a Epistemologia (KOESTLER, 1959). Nesta obra Kepler propõe uma continuidade da teoria contida no seu Mistério Cosmográfico, porém ao invés de utilizar os sólidos pitagóricos ou platônicos ele descreveu um modelo de universo utilizando harmonias musicais da escala Pitagórica.

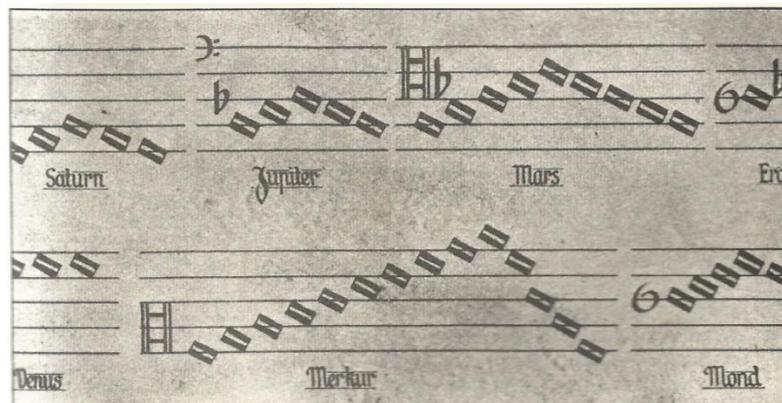


Figura 2- Movimento dos Planetas representados por notas musicais.

Fonte: GAROZZO, 1975, p.133.

A linguagem utilizada para descrição da teoria contida no Harmonia do Mundo lançava mão do Magnetismo, que pode ser comprovado por Mourão (2003, p. 178): “Essa foi a mais bem elaborada, sistemática e pensada obra de Kepler. Nela está exposta a teoria de que o Sol atrai os planetas por intermédio de uma força análoga ao magnetismo”. Kepler também utilizou na elaboração da sua obra o auxílio de logaritmos, pois tanto os logaritmos como as escalas musicais possuem uma relação

em comum, devido ao fato de que a percepção auditiva encontra-se submetida a uma escala logarítmica.

Decorridos um período de nove anos desde a publicação do livro *Astronomia Nova*, Kepler finalmente encontrou uma relação válida para a sua Terceira Lei do Movimento Planetário, que foi publicada no ano de 1619. Esta lei ficou também conhecida como “Lei Harmônica”, pois representa uma harmonia de números compreendendo uma complexa abordagem de elementos da Matemática e da Geometria.

A Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário ou “Lei Harmônica”, segundo Boczek (1984, p. 291) pode ser enunciada como: “*os cubos dos semieixos maiores das órbitas são proporcionais aos quadrados dos períodos siderais*”. A tradução matemática desta lei equivale a:

$$\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$$

Na qual a_1 e a_2 correspondem aos semieixos maiores das órbitas que correspondem à distância média dos planetas ao Sol, e T_1 e T_2 correspondem ao período sideral ou de revolução dos planetas. Esta mesma expressão válida para a Terceira Lei de Kepler, quando abordada nos livros didáticos de Física do Ensino Médio é vista da seguinte forma:

$$\frac{T^2}{r^3} = k$$

Com T representando o período de revolução dos planetas, r sendo à distância dos planetas ao Sol e k correspondente a uma constante. Esta mesma constante é definida em alguns livros didáticos de Física como sendo a constante de Kepler, porém o valor que considero como o mais adequado para a constante de Kepler equivale a $k_{Kepler} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$, e foi obtido posteriormente por Isaac Newton ao investigar a Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário.

Iniciarei a seguir a demonstração matemática da expressão considerada como sendo a mais adequada para representar a constante de Kepler, mas é válido ressaltar que neste trabalho considero a forma das órbitas dos planetas como

elípticas, em concordância com a Primeira e a Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário, entretanto, satisfazendo ao propósito de demonstração da citada constante utilizo um caso particular, que equivale ao formato da órbita circular.

Considerem-se dois corpos de massas m_1 e m_2 onde m_1 possui velocidade \vec{v}_1 e m_2 possui velocidade \vec{v}_2 executando, cada um deles, uma órbita circular em torno do centro de massa (CM) comum, situado próximo a maior massa m_1 , cuja distância ao centro de cada um é \vec{r}_1 e \vec{r}_2 , respectivamente, conforme representada na Figura 3:

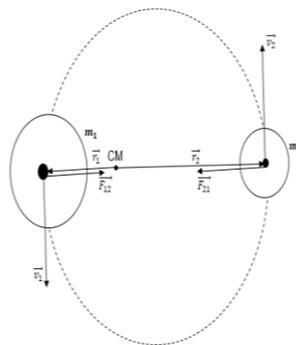


Figura 3- Órbita circular descrita por dois corpos.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A força de atração gravitacional atuante entre ambas as massas corresponde, em módulo, a:

$$F_G = \frac{Gm_1m_2}{(r_1+r_2)^2}. \quad (1)$$

Como a trajetória é considerada circular logo existe forças centrípetas atuando sobre m_1 e m_2 cujas intensidades, em módulo, correspondem a:

$$F_1 = \frac{m_1v_1^2}{r_1}. \quad (2)$$

e

$$F_2 = \frac{m_2v_2^2}{r_2}. \quad (3)$$

* As grandezas vetoriais sem indicações de vetor significam que estão em módulo.

Como:

$$v_1 = \frac{2\pi r_1}{T} \rightarrow v_1^2 = \left(\frac{2\pi r_1}{T}\right)^2 = \frac{4\pi^2 r_1^2}{T^2}. \quad (4)$$

e

$$v_2 = \frac{2\pi r_2}{T} \rightarrow v_2^2 = \left(\frac{2\pi r_2}{T}\right)^2 = \frac{4\pi^2 r_2^2}{T^2}. \quad (5)$$

Logo substituindo (4) em (2) e (5) em (3) obtêm-se:

$$F_1 = \frac{m_1 v_1^2}{r_1} \rightarrow F_1 = \frac{m_1 \frac{4\pi^2 r_1^2}{T^2}}{r_1} \rightarrow F_1 = \frac{m_1 4\pi^2 r_1}{T^2}. \quad (6)$$

e

$$F_2 = \frac{m_2 v_2^2}{r_2} \rightarrow F_2 = \frac{m_2 \frac{4\pi^2 r_2^2}{T^2}}{r_2} \rightarrow F_2 = \frac{m_2 4\pi^2 r_2}{T^2}. \quad (7)$$

Sendo a trajetória de formato circular é possível afirmar que a força gravitacional é responsável pela ação da aceleração centrípeta suficiente para o movimento circular sendo assim o módulo da força gravitacional F_G é equivalente ao módulo de cada força centrípeta (F_1 e F_2) logo:

$$F_G = F_1 \rightarrow \frac{G m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2} = \frac{m_1 4\pi^2 r_1}{T^2} \rightarrow \frac{G m_2}{(r_1 + r_2)^2} = \frac{4\pi^2 r_1}{T^2}. \quad (8)$$

e

$$F_G = F_2 \rightarrow \frac{G m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2} = \frac{m_2 4\pi^2 r_2}{T^2} \rightarrow \frac{G m_1}{(r_1 + r_2)^2} = \frac{4\pi^2 r_2}{T^2}. \quad (9)$$

Fazendo-se (8) + (9) obtêm-se:

$$\frac{G(m_1 + m_2)}{(r_1 + r_2)^2} = \frac{4\pi^2(r_1 + r_2)}{T^2}. \quad (10)$$

A expressão (10) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\frac{T^2}{(r_1 + r_2)^3} = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}. \quad (11)$$

Farei a adaptação desta expressão para um sistema formado pelo Sol ($m_1 = M$) e um dado planeta qualquer ($m_2 = m$) cuja distância entre o centro de cada um deles corresponde a \vec{r} . Como a massa do Sol (M) é bem superior à massa de qualquer outro planeta do sistema solar (m), logo o centro de massa (CM) deste

sistema Sol-Planeta encontra-se situado próximo de seu centro conforme descrito na Figura 4:

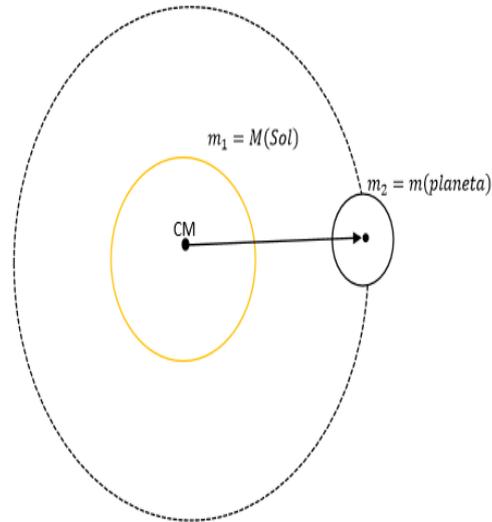


Figura 4- Sistema Sol-planeta.

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a Figura 3, nota-se que \vec{r}_1 equivale à distância do centro de massa (CM) ao corpo de massa m_1 ($m_1 = M$), e \vec{r}_2 equivale à distância ao corpo de massa m_2 ($m_2 = m$). Para o caso do sistema Sol-Planeta (Figura 4), o centro de massa encontra-se próximo ao centro do Sol, logo os módulos das distâncias \vec{r}_1 e \vec{r}_2 podem ser definidos como $r_1=0$ e $r_2 = r$ e, conseqüentemente $r_1 + r_2 = r$.

Considerando-se que $m_1 = M, m_2 = m$ e $r_1 + r_2 = r$ a expressão (11) pode ser redefinida como:

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}. \quad (12)$$

Que corresponde ao valor mais adequado para a constante de Kepler cuja expressão equivale a:

$$k_{Kepler} = \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}. \quad (13)$$

Onde G corresponde à constante gravitacional, M representa a massa do Sol e m a massa de um planeta qualquer. A justificativa de que a citada expressão é a mais adequada para representar a constante de Kepler baseia-se na ideia de que ela contém uma dependência com a massa do corpo central (M), como a massa de qualquer planeta do sistema solar é bem menor do que a massa do Sol, a soma da massa do Sol (M) com a massa do planeta (m) permanece bem próxima à massa do Sol ($M + m \cong M$), e isto explica a razão para que se mantenha constante.

Este resultado, válido para a constante de Kepler foi descoberto por Isaac Newton, ao investigar a Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário, e serviu para que, posteriormente, ele chegasse a outro resultado importante, que foi a sua Lei da Gravitação Universal (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2003), que se encontra associada às Leis de Kepler do Movimento Planetário.

CAPÍTULO 2- LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA NO BRASIL

Os livros didáticos de Física surgem no Brasil na época do Império quando as primeiras obras chegaram por aqui. Desde este período até a implantação da República foram estabelecidas medidas voltadas para o livro didático e dentre estas destaco o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). O PNLD favoreceu a melhora na qualidade do livro didático oferecido a clientela do Ensino Básico das escolas públicas brasileiras e a inclusão de livros didáticos de Física no programa gerou o interesse para que surgissem diversos trabalhos sobre análise de livros didáticos que investigam a qualidade dos livros didáticos de Física considerando que este se constitui em um dos elementos principais no processo de ensino e aprendizagem.

2.1. Surgimentos dos livros didáticos de Física no Brasil

O surgimento dos livros didáticos de Física no Brasil coincidiu com a chegada da família real portuguesa no ano de 1808, e os livros que passaram a ser utilizados nas escolas tinham, em sua maioria, influência francesa por dois motivos: durante muitos anos nos baseamos nas propostas curriculares francesas e pela relação das casas editoriais brasileiras e portuguesas com este país.

Iniciada a fase da República ocorreram algumas reformas na educação que provocaram mudanças no quadro do ensino secundário brasileiro, que influenciaram os livros didáticos de Física. Entre estas mudanças, destaco a Reforma Francisco Campos, criada em 1931 por meio do decreto nº 19.890, que estabelecia que todos os colégios secundários oficiais deveriam seguir o currículo definido pelo Colégio Pedro II (NICIOLI JR., 2006). Com isso, os livros didáticos de Física a serem utilizados no curso secundário deveriam obedecer aos novos programas elaborados pela congregação do Colégio Pedro II, implicando no fato de que o perfil dos livros utilizados durante a década de 30, e também nas décadas posteriores de 40, 50 até a de 60, se caracteriza por estar de acordo com o que definiu a confraria do Colégio Pedro II.

Outra iniciativa, oriunda dos Estados Unidos, que também compreendia a mudança no perfil do livro de Física foi o PSSC, que é a sigla de *Physical Science Study Committee*^{*}, e acabou sendo implantada no Brasil, na década de 60. O PSSC visava uma mudança radical no ensino de Física nos Estados Unidos e a sua criação atribuiu-se a insatisfação, manifestada particularmente entre os físicos americanos, sobre a forma como o ensino da Física estava sendo ministrado nas escolas secundárias deste país (PENA, 2012). O PSSC também implicou uma mudança no perfil dos livros didáticos de Física utilizados no Brasil, e um exemplo claro que acabou sendo influenciado pelo PSSC foi o livro da autora Beatriz Alvarenga.

A Reforma Francisco Campos e a iniciativa do PSSC contribuíram para configuração do perfil do livro didático de Física utilizado no Brasil. Estas representaram, na verdade, o interesse de um poder dominante que desejava, através delas, moldar o conhecimento da sociedade envolvida neste contexto.

^{*}PSSC- *Comitê de Estudos das Ciências Físicas.*

2.2. A criação do Programa Nacional do Livro Didático e suas contribuições na qualidade dos livros didáticos

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) foi instituído pelo Governo Federal, no ano de 1985, com o objetivo inicial de realizar uma distribuição de livros didáticos aos estudantes do Ensino Fundamental, oriundos de escolas públicas de todo o país, porém antes da implantação do PNLD outras iniciativas, com os moldes semelhantes ao do PNLD, foram implantadas. No ano de 1937 foi criado o Instituto Nacional do Livro (INL) que, de acordo com Zambon (2012, p.52), tinha as seguintes atribuições:

- a) *organizar e publicar a Enciclopédia Brasileira e o Dicionário da Língua Nacional, revendo-lhes as sucessivas edições;*
- b) *editar toda sorte de obras raras ou preciosas, que sejam de grande interesse para a cultura nacional;*
- c) *promover as medidas necessárias para aumentar, melhorar e baratear a edição de livros didáticos no país bem como facilitar a importação de livros estrangeiros;*
- d) *incentivar a organizar e auxiliar a manutenção de bibliotecas públicas em todo o território nacional.*

No ano seguinte, em 1938, foi instituída, através do Decreto-Lei 1006, a Comissão Nacional do Livro Didático, cuja finalidade definia a produção, importação e utilização do livro didático no Brasil. Através deste Decreto, também foram definidos empecilhos relacionados à liberação para edição dos livros didáticos, quanto à correção de informação e linguagem.

Com o passar dos anos, outras medidas relacionadas ao livro didático foram adotadas no Brasil, mas nenhuma delas se aproximou à proposta do PNLD. O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) foi estabelecido no Brasil em 1985, no governo José Sarney, através do Decreto-Lei 91542/85 e, a princípio, visava à distribuição de livros didáticos das disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática para os estudantes que compunham as séries do Ensino Fundamental das escolas públicas brasileiras.

Posteriormente à criação do PNLD, o Governo Federal constatou, através de estudos e investigações sobre a produção didática brasileira, a ausência na qualidade dos livros didáticos distribuídos, haja vista que os mesmos se mostravam desatualizados e traziam incorreções conceituais, e muitas vezes se constituíam como a única fonte de referência dos professores e alunos (BRASIL, 2001). Logo, tal

fato motivou o Ministério da Educação (MEC), no ano de 1995, durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, a juntar à proposta inicial do PNLD, que consistia na distribuição de livros didáticos, comissões por áreas de conhecimento compostas por professores com experiências nos três níveis de ensino. O objetivo dessas comissões foi organizar e desenvolver o processo de avaliação dos livros didáticos, o que incluía a elaboração dos critérios de avaliação, sua discussão com editoras e autores, e o desenvolvimento do processo de avaliação.

Considerando-se o histórico do PNLD ao longo dos anos, desde o seu surgimento no governo José Sarney, até as modificações sugeridas nas gestões de Fernando Henrique Cardoso, Luís Inácio Lula da Silva e atualmente no governo da presidente Dilma Rousseff, observo que a proposta original foi mantida, o que o caracteriza como uma política de Estado.

A primeira edição do PNLD, que contou com a participação de livros didáticos de Física ocorreu no ano de 2007, quando foram avaliados seis livros, publicados por cinco diferentes editoras, que tinham o formato de volumes seriados (volumes 1,2 e 3) ou volume único. Já a partir da segunda edição, observa-se um aumento na quantidade de títulos avaliados em relação à primeira edição do PNLD ocorrida em 2007, que gerou mudanças nos critérios de avaliação das obras, que até o ano de 2007 eram organizados em critérios eliminatórios e de qualificação. A partir de 2012 todos os critérios se tornaram eliminatórios, pois nesta edição já existia uma maior preocupação com a qualidade do livro didático de Física a ser selecionado.

Na edição do PNLD 2014, os critérios eliminatórios foram classificados em duas categorias, que são os critérios eliminatórios comuns a todas as áreas abrangidas pelo PNLD, e os critérios eliminatórios específicos, para o caso do componente curricular Física, ambos contidos no Guia de Livros Didáticos do PNLD 2014, da disciplina Física. Dentre os critérios eliminatórios comuns a todas as áreas contempladas no PNLD 2014, destaco estes na página a seguir, descritos em BRASIL (2014, p.11), que se encontram mais próximos à proposta do presente trabalho:

- a) coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica assumida pela obra, no que diz respeito à proposta didático-pedagógica explicitada e aos objetivos visados;*
- b) respeito à perspectiva interdisciplinar na apresentação e abordagem dos conteúdos;*
- c) correção e atualização de conceitos, informações e procedimento.*

Os critérios eliminatórios específicos para o componente curricular Física são muitos (em número de dezessete critérios). Por conta disso citarei alguns deles, que também estão contidos em BRASIL (2014, p.17), que devem se encontrar inseridos nas obras de Física: e que satisfazem ao propósito do trabalho:

- a) evitou apresentar fórmulas matemáticas como resultados prontos e acabados, sem trazer deduções explícitas, quando eram pertinentes e cabíveis, ainda que na forma de itens complementares ou suplementares ao texto principal;*
- b) apresentou expressões matemática de leis, sempre acompanhadas de seus enunciados próprios e em forma adequada, bem como da especificação de suas condições de produção ou criação;*
- c) apresentou os conteúdos conceituais da Física sempre acompanhados, ou partindo de sua necessária contextualização, seja em relação aos seus contextos sócio-cultural-histórico-econômicos de produção, seja em relação a contextos cotidianos em que suas utilizações se fizessem pertinentes, evitando a utilização de contextualizações artificiais para esses conteúdos.*

Porém mesmo que o PNLD represente uma iniciativa de universalização para o acesso e a melhora na qualidade do Ensino Básico, certas críticas ainda podem ser atribuídas a todo o processo pertinente a este. Uma delas diz respeito ao fato de que a aquisição de livros didáticos pelo Governo Federal, a cada edição do PNLD, para à distribuição nas escolas representa um aumento de ganhos nas editoras, o que pode ser visto como um processo de acúmulo e reprodução de lucros na sociedade atual (SILVA, 2015).

Enfim, quando são comparadas as edições do PNLD nos anos de 2007, 2012 e a última, ocorrida no ano de 2014, observa-se uma evolução no formato do Programa, que pode ser confirmada através dos critérios usados para seleção dos livros didáticos de Física. Estes critérios favoreceram a escolha de livros didáticos bem elaborados no tocante a aspectos como: a ênfase na história da ciência, apresentação de conteúdos interligados à proposta de contextualização, defendida nos documentos oficiais, e sobretudo, fornecer o incentivo para que o professor possa dar seguimento à sua formação docente.

2.3. As pesquisas sobre a qualidade dos livros didáticos de Física: o que nos revelam

As pesquisas que tratam sobre a qualidade do livro didático de Física foram propostas, em sua maioria, a partir da inclusão deles no PNLD, pois foi a partir deste momento que os livros de Física passaram a integrar a realidade da escola pública.

A preocupação manifestada por estas pesquisas, que também é compartilhada por diretrizes como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), baseia-se na ideia de que o livro didático de Física se constitui na principal referência do professor em seu trabalho docente. É importante que o mesmo cumpra certos requisitos como: o seu conteúdo ser acessível à faixa etária, e ao desenvolvimento cognitivo do aluno. O seu texto deve despertar e enfatizar a participação do aluno durante as aulas, assim como deve valorizar os conhecimentos prévios dos estudantes e, principalmente, o livro não deve transmitir de forma equivocada conceitos ou informações relacionadas aos conteúdos.

Assim como as pesquisas na área de ensino de Física apontam exigências que devem ser cumpridas pelos livros didáticos de Física, os professores de Física também indicam as características de maior relevância, que devem ser atendidas por livros didáticos que, segundo Langhi e Nardi (2007, p.90) são descritas como:

articulação dos conteúdos; textos, ilustrações e atividades diversificados que tratem do contexto de vida do aluno; estímulo à reflexão e criticidade; ilustrações com boa qualidade gráfica, legendas e proporções corretas; atividades experimentais de fácil realização e com material acessível, sem representar riscos físicos ao aluno; isenção de preconceitos socioculturais e manutenção de estreita relação com diretrizes e propostas oficiais.

Porém, mesmo diante de ações de origem governamental como o PNLD, que tem como meta a melhoria da qualidade do livro didático de Física, algumas pesquisas sobre livros didáticos ainda constataam distorções na abordagem de certos conteúdos de Física. Grande parte destas pesquisas se refere a erros conceituais, mas outras delas também trazem equívocos de natureza didático-metodológicas e históricas.

Entre estas pesquisas sobre livros didáticos, destaco o artigo Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências de Langhi e Nardi (2007), que traz uma discussão sobre erros conceituais relativos aos seguintes conteúdos: a) estações do ano, b) as fases da Lua, c) movimentos e inclinação da Terra, d) as representação de constelações, e) as estrelas, f) os tamanhos dos astros no Sistema Solar, g) a quantidade de satélites e anéis existentes nos planetas, h) os pontos cardeais e j) as características dos planetas. A pesquisa também se preocupa em relatar que os livros de Ciências são a principal fonte de consulta do professor que atua nas primeiras séries do Ensino Fundamental. Muitos deles, por não possuírem uma formação adequada em Astronomia, terminam por propagar os erros conceituais, transmitindo aos estudantes concepções equivocadas sobre os citados conteúdos de Astronomia.

Outra pesquisa sobre qualidade de livros didáticos que me chamou atenção foi a dissertação de mestrado intitulada: Livro Didático de Física: qualidade e utilidade em sala de aula de autoria de Silva (2010). Esta pesquisa, tomada por referência, analisou o livro Física de autoria de Beatriz Alvarenga em parceria com Antônio Máximo. Esta obra fez parte do quadro do PNL D no ano de 2007, foi escolhida por Silva como objeto de pesquisa, pois foi o livro selecionado, e utilizado, a partir do ano de 2008, na sua instituição de ensino. O autor executou nesta pesquisa uma análise sobre conteúdos de Física, contidos na obra, pertencentes a segmentos como a Cinemática (Movimento Uniforme, Movimento Circular Uniforme, etc.), ao Calor (Energia, Calor Específico, etc.) e a Eletrostática (Carga Elétrica, Campo Elétrico, Potencial Elétrico, etc.) amparando-se em aspectos pedagógicos, que envolvem as propostas de contextualização e interdisciplinaridade defendidas nos documentos oficiais, e em aspectos históricos. Silva concluiu, através da sua análise dos aspectos pedagógicos, que as propostas oficiais de contextualização, que enfatiza situações do cotidiano do estudante, assim como da interdisciplinaridade, que sustenta a interação entre as diferentes áreas do conhecimento, não são contempladas de forma satisfatória na citada obra.

Em relação à análise dos aspectos históricos, constatou-se que o livro didático executa uma abordagem histórica dos conteúdos de forma superficial, e que não permite ao estudante adquirir, por exemplo, uma noção adequada do processo de construção do conhecimento científico.

É relevante afirmar que as citadas pesquisas, juntamente com as de Carrocino (2014), Pagliarini (2007), São Tiago (2011) e Zambon (2012), serviram de imensa importância na elaboração do presente trabalho, pois contribuíram de forma incisiva para criação dos critérios de análise, correspondentes aos aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos.

2.4. A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua ligação com a proposta de análise de livros didáticos de Física.

A Teoria da Aprendizagem Significativa corresponde a uma teoria de cunho cognitivista que se propõe a investigar as relações existentes na mente humana, no que diz respeito à aquisição de conhecimentos novos. Logo, para que o aprendizado de certo conteúdo torne-se significativo para o estudante é necessário que este adquira algum significado.

Estes conhecimentos prévios são classificados como subsunçores que são conhecimentos específicos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo que possibilitam dar significado aos conhecimentos novos adquiridos. Os subsunçores, representados na forma de proposições, modelos mentais, concepções e conceitos, são a base para a formação da chamada estrutura cognitiva. A estrutura cognitiva é definida como uma junção de subsunçores organizados de forma hierárquica e dinamicamente inter-relacionados.

A estrutura cognitiva é uma estrutura dinâmica que se caracteriza pela existência de dois processos reconhecidos como a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva equivale a um processo que consiste em atribuir novos significados a um determinado subsunçor, e é resultante do frequente uso desse subsunçor a fim de transmitir significado aos conhecimentos novos. Já a reconciliação integradora, também conhecida como integrativa, corresponde a um processo semelhante à diferenciação progressiva e que tem como propósito reunir significados e solucionar inconsistências.

Porém existem outros fatores que influenciam para um aprendizado significativo que se encontram relacionados à estrutura cognitiva do aprendiz. Dentre estes fatores destaco a seguir: a) o material de aprendizagem deve se configurar como potencialmente significativo, e b) o aprendiz, ou educando, deve se mostrar disposto para aprender. Em relação ao primeiro fator, posso afirmar que o material de aprendizagem, representado por livros, aulas, etc., deve se encontrar articulado com a estrutura cognitiva do aprendiz de forma que ele possa se relacionar com os seus subsunçores. O segundo fator fixa-se mais no indivíduo, pois diz respeito à condição necessária para que o aprendizado de determinado tema ou conteúdo encontra-se subordinado a atribuição de um significado para este.

A Teoria da Aprendizagem Significativa recomenda que a abordagem de um conteúdo científico, que seja constituído com base em duas ou três leis científicas, onde se enquadram as Leis de Kepler do Movimento Planetário, ocorra com ênfase em duas linhas: fenomenológica e conceitual. À medida que ocorra uma progressão na abordagem das leis estas seriam elucidadas e representadas em uma linguagem matemática que obedeça a um nível crescente de complexidade que resulte em um grau de entendimento satisfatório para a compreensão da disciplina.

Os livros didáticos também são alvo de críticas, atribuídas a Teoria da Aprendizagem Significativa, pois a maioria deles utiliza uma linguagem que não permite ao aluno construir um conceito sobre o que seja mais relevante para o entendimento de determinado conteúdo. Em Kochann (2014, p.109) encontra-se outra crítica, direcionada aos livros didáticos, relacionada à Teoria da Aprendizagem Significativa:

Para Ausubel (1982) o livro didático não pode ser o aprisionador de conceitos, mas um auxiliar no processo de ensinagem. Se o livro didático é obrigatório e está fora da realidade dos alunos, o professor deve iniciar as discussões com materiais complementares e somente depois que houver uma (certa) compreensão do conteúdo, ir para o livro didático.

Enfim, o produto final, que consiste em um livro paradidático, tem como propósito promover uma aprendizagem significativa das Leis de Kepler do Movimento Planetário, pois o seu conteúdo visa atender as necessidades apontadas pelos critérios de análise referente à definição de conceitos, como o de elipse, proposta de contextualização, e abordagem histórica que se mostre fiel à imagem de Johannes Kepler.

CAPÍTULO 3- METODOLOGIA

3. Natureza da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida sob uma abordagem qualitativa de natureza bibliográfica, pois o seu propósito fundamenta-se em discutir o objeto de pesquisa referente à abordagem das Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física, com base em referenciais teóricos que tratem de livros didáticos de Física.

Estes referenciais teóricos consistiram em livros, artigos acadêmicos, dissertações de mestrado (acadêmicos e profissionais), teses de doutorado, e, entre os mesmos, reitero o artigo *Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Física* de autoria de Langhi (2007) e a Dissertação de mestrado *Livro didático de Física: qualidade e utilidade em sala de aula* de autoria de Silva (2010), que serviram de base para elaboração dos critérios de análise dos livros didáticos. Portanto, como o objeto da pesquisa foi investigado e analisado a partir de critérios de análise, ela atende a alguns princípios da perspectiva qualitativa correspondente a: a) a pesquisa se constitui em um estudo de caso referente à análise de livros didáticos de Física; b) as informações, recolhidas a partir da análise, utilizam como componentes básicos palavras e ideias sem a necessidade de solicitação de dados numéricos, e c) a execução da pesquisa permitiu uma interação entre o pesquisador e o seu objeto de pesquisa que foram as Leis de Kepler do Movimento Planetário.

A origem dos critérios de análise se encontra atrelada à minha inquietação diante da linguagem utilizada pelos livros didáticos de Física, ao abordar as Leis de Kepler do Movimento Planetário. Estes critérios de análise foram separados em três linhas de investigação correspondentes a aspectos conceituais, aspectos didático-metodológicos e aspectos históricos. Esta separação dos critérios de análise a partir destas categorias visa uma maior investigação das obras, pois o citado conteúdo é vasto sob o ponto de vista conceitual, didático-metodológico e histórico.

Os aspectos conceituais têm como intenção verificar sob quais condições os principais conceitos relacionados às Leis de Kepler do Movimento Planetário são abordados, estabelecendo para cada um deles um padrão de referência, que foi

utilizado na análise. Estes conceitos correspondem á elipse, órbitas quase circulares, afélio e periélio e a constante de Kepler. Os mesmos foram estabelecidos baseando-se no formato da trajetória dos planetas, no seu movimento de revolução em torno do Sol, que corresponde à forma elíptica.

A análise do conceito de elipse tem como padrão de referência a descrição matemática de cada um dos elementos que a compõem. Já a análise de órbitas quase circulares tem como padrão de referência a sua abordagem relacionada à Primeira Lei de Kepler do Movimento Planetário, que é a Lei que trata do formato das órbitas dos planetas. De forma análoga para os conceitos de órbitas quase circulares, o padrão de referência para o afélio e periélio basearam-se nas suas definições relacionadas à Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário. E, finalmente, o conceito da constante de Kepler utilizou como padrão de referência a expressão considerada a mais adequada para sua representação relacionada à Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário. Portanto na análise dos aspectos conceituais verifiquei se os conceitos apresentados encontram-se presentes e se são corretos obedecendo ao padrão de referência instituído para cada um deles.

Em relação aos aspectos didático-metodológicos, fixei a análise em dois parâmetros importantes no ensino da Física, e que se encontram defendidos nos documentos oficiais como as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM). Estes dois parâmetros equivalem à contextualização e a interdisciplinaridade. Finalmente, nos aspectos históricos, situei a análise na abordagem histórica que o livro didático executa sobre a figura de Johannes Kepler, reportando-o como um ser humano comum, que lidou com diversas adversidades que de certa forma o influenciaram no processo de formulação das suas Leis do Movimento Planetário. De posse dos critérios, a análise foi realizada a partir da leitura minuciosa dos catorze livros didáticos de Física, cuja identificação se encontra no apêndice 1. O código de identificação dos livros foi criado com base na ordem alfabética dos seus títulos. Como complemento foi elaborado um livro paradidático cujo conteúdo aborda a história de vida de Kepler, a discussão das leis de forma contextualizada e a aplicação de atividades didático-pedagógicas sobre as Leis.

CAPÍTULO 4- ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO PNLD 2014

4.1. Aspectos Conceituais

O propósito de realização da análise dos aspectos conceituais nos livros didáticos de Física baseia-se em verificar de que forma os conceitos de excentricidade, órbitas quase circulares, afélio e periélio e da constante de Kepler são apresentados nos livros, haja vista que estes são importantes para a compreensão das Leis, pois servem como requisito para o seu aprendizado, e por este motivo é válido que se faça uma discussão prévia de cada um deles se iniciando pelo conceito de elipse. Em Iezzi (2004, p. 165), define-se elipse como: “*Dados dois pontos F_1 e F_2 , pertencentes a um plano α , seja $2c$ a distância entre eles. Elipse é o conjunto dos pontos de α cuja soma das distâncias a F_1 e F_2 é a constante $2a$ ($2a > 2c$)*”. Esta definição de elipse pode ser traduzida matematicamente através da expressão $\text{Elipse} = \{P \in \alpha \mid PF_1 + PF_2 = 2a\}$ onde P é um ponto genérico do plano α .

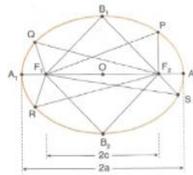


Figura 5- Elipse.

Fonte: IEZZI, 2004, p.165.

Os elementos principais da elipse podem ser descritos como:

- F_1 e F_2 são os focos.
- O é o centro da elipse.
- $\overline{OA_1} = \overline{OA_2} = a$ É o semieixo maior.
- $\overline{OF_1} = \overline{OF_2} = c$ É a metade da distância focal.
- $e = \frac{\overline{F_1F_2}}{\overline{A_1A_2}} = \frac{2c}{2a} = \frac{c}{a}$ É a excentricidade.

A excentricidade “ e ” mede o grau de achatamento da elipse como demonstrada na Figura 6:

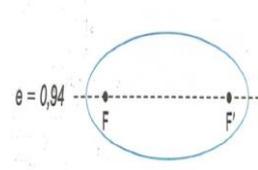


Figura 6- Elipse com alta excentricidade.
Fonte: XAVIER, 2010, p.323.

A análise do conceito de elipse nos livros didáticos de Física teve como padrão de referência a descrição dos elementos que a caracterizam, privilegiando a definição de excentricidade, pois ela é considerada importante para compreensão da Primeira Lei de Kepler do Movimento Planetário, ou “Lei das Órbitas”, que afirma que os planetas executam o seu movimento em torno do Sol, descrevendo órbitas em forma de elipses, estando o Sol em um dos focos (BOCZKO, 1984). Logo, estas órbitas tendo formato de elipses têm cada uma delas um valor determinado para a sua excentricidade de acordo com a Tabela 1:

Planeta	Excentricidade da órbita
Mercúrio	0,206
Vênus	0,007
Terra	0,017
Marte	0,093
Júpiter	0,048
Saturno	0,056
Urano	0,046
Netuno	0,010

Tabela 1- Excentricidade das órbitas dos planetas do Sistema Solar.

Fonte: XAVIER, 2010, p.323.

De acordo com os dados contidos na Tabela 1, observa-se que as órbitas dos planetas possuem baixa excentricidade, o que nos permite concluir que estas aparentam ter a forma de circunferência, ou que são quase circulares, que é o conceito utilizado como padrão de referência para análise dos livros didáticos

relacionado à Primeira Lei de Kepler do Movimento Planetário, que trata do formato das órbitas dos planetas.

Todos os planetas quando executam o seu movimento de revolução em torno do Sol ocupam dois pontos opostos conhecidos como afélio e periélio. O afélio corresponde à posição onde o planeta se encontra mais afastado do Sol e o periélio corresponde à posição onde o planeta se encontra mais próximo do Sol. O segmento de órbita descrito pelo planeta para uma dada área, que envolve o ponto chamado de afélio, será percorrido com velocidade menor que a percorrida na área equivalente que envolve o periélio, como representado na Figura 7:

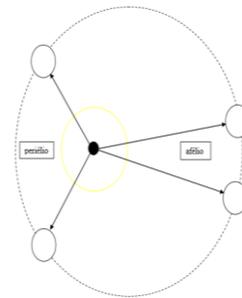


Figura 7- Órbita do planeta nos seus pontos de afélio e periélio.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A abordagem dos conceitos de afélio e periélio encontra-se atrelada a Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário. Esta investiga a velocidade com que os planetas orbitam em torno do Sol. O padrão, que utilizo como referência para a análise dos livros didáticos em relação aos conceitos de afélio e periélio, baseou-se na abordagem dos mesmos relacionados à Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário.

A Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário afirma que o quadrado do período de revolução dos planetas em torno do Sol (T^2) é diretamente proporcional ao cubo da sua distância média ao Sol (r^3), ou seja, $T^2 \propto r^3$ o que implica em $\frac{T^2}{r^3} = k$ onde k é uma constante. O valor da constante k pode ser comprovado de acordo com os dados fornecidos pela Tabela 2, na página a seguir, na qual o período de revolução de cada planeta encontra-se medido em anos terrestres e a distância média de cada planeta ao Sol encontra-se medida em unidade

astronômica (UA) que corresponde à distância da Terra ao Sol equivalente a $149,6 \times 10^6$ quilômetros.

Planeta	r =Distância média ao Sol (Unidade Astronômica= UA)	T = Período de Revolução (anos terrestres)	$k = \frac{T^2}{r^3}$
Mercúrio	0,387 UA	0,241anos	K=1,0020772
Vênus	0,723 UA	0,615 anos	K=1,0007726
Terra	1,00 UA	1,00 anos	K=1,00
Marte	1,523UA	1,88 anos	K=1,0005095
Júpiter	5,203UA	11,86 anos	K=0,9986375
Saturno	9,537UA	29,45 anos	K=0,9998509
Urano	19,191UA	84,02 anos	K=0,9987862
Netuno	30,069UA	164,79 anos	K=0,9988603

Tabela 2- Descrição dos valores da distância média ao Sol, do período de revolução e da constante k dos planetas do Sistema Solar.

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a Tabela 2, observa-se que o valor da constante k permanece muito próximo da unidade, porém a afirmação de que ela representa a constante de Kepler é parcialmente verdadeira, pois o valor da constante de Kepler é equivalente a $k_{Kepler} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$ onde G é a constante de Gravitação Universal, M é a massa do corpo central, que é o Sol, e m representa a massa do planeta. O padrão de referência válido para a análise dos livros didáticos em relação ao conceito da constante de Kepler enfatizou a apresentação da sua expressão mais adequada ($k_{Kepler} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$) que se encontra relacionada à abordagem da Terceira Lei de Kepler do Movimento Planetário.

A análise dos aspectos conceituais dos livros didáticos de Física utilizou como instrumento de auxílio um quadro comparativo, que se encontra no Apêndice 2, cujo propósito é mostrar como os conceitos se encontram abordados nos livros didáticos satisfazendo ao padrão de referência adotado para cada um deles. Baseando-se nas informações fornecidas pelo quadro comparativo obtive as seguintes afirmações:

- a) Nos livros do Gaspar (L1), Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Doca (L5) e Magno (L8) o conceito encontra-se abordado corretamente, pois é feita

toda a descrição matemática a respeito dos elementos da elipse e em Xavier (L7) e Fukui (L14) o conceito é abordado de forma parcialmente correta, pois se omite a definição do que seja a excentricidade, o que compromete tanto o ensino como o aprendizado da Primeira Lei de Kepler do Movimento Planetário. O conceito de elipse encontra-se ausente dos livros didáticos do Castilho (L6), Pietrocola (L9), Máximo (L10), Gonçalves (L11), Fuke (L12) e Kantor (L13).

Outro ponto importante a ser destacado diz respeito à abordagem do conceito de elipse encontrado nos livros do Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Doca (L5) e Magno (L8) onde o mesmo é discutido de forma parecida como comprovado em Santana (2013, p.167): “*A elipse é uma trajetória fechada descrita por um ponto que se move de maneira que a soma de suas distâncias até dois pontos fixos, chamados de focos, é constante*” e em Ramos (2013, p.171): “*A elipse é uma curva plana definida como o lugar geométrico dos pontos cuja soma das distâncias a dois pontos fixos (focos) é constante*”. Esta abordagem realizada pelos livros didáticos pode ser classificada como recorrente e também caracterizada como uma linguagem comum.

- b) O conceito atribuído às órbitas dos planetas serem quase circulares encontra-se presente nos livros didáticos do Gaspar (L1), Doca (L5), Xavier (L7), Pietrocola (L9), Máximo (L10), Fuke (L12), Kantor (L13) e Fukui (L14). Os livros do Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Castilho (L6), Magno (L8) e Gonçalves (L11) não fazem alusão ao citado conceito. Os livros do Ramos (L3), Bonjorno (L4), Castilho (L6), Magno (L8) e Gonçalves (L11) ainda cometem um erro conceitual referente à apresentação de figuras, ou imagens, que representam as órbitas dos planetas Terra e Marte muito excêntricas, quando na verdade tais órbitas possuem baixa excentricidade. Este erro conceitual provoca algumas distorções no aprendizado do estudante em relação a outros conteúdos de Astronomia como, por exemplo, a causa das estações do ano ser atribuída a distância da Terra ao Sol. Porém é importante afirmar que a presença de tal erro conceitual nestas obras pode ser uma tentativa, por parte dos autores, de representação que possa auxiliar na compreensão do conceito.

c) Nos livros didáticos do Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Doca (L5), Castilho (L6), Xavier (L7), Magno (L8), Pietrocola (L9), Fuke (L12) e Fukui (L14) observa-se a definição correta sobre afélio e periélio. Neste grupo os livros do Santana (L2), Ramos (L3), Castilho (L6), Magno (L8), Pietrocola (L9) e Fuke (L12) utilizam a abordagem destes conceitos de forma mais completa, pois são fornecidos os valores das velocidades da Terra nos seus pontos de afélio e periélio como descritas a seguir:

- 1) *Um planeta qualquer do sistema planetário movimenta-se ao redor do corpo central com velocidade variável, apresentando um valor máximo no periélio e um valor mínimo no afélio. No caso específico da Terra, a velocidade no periélio é de 30,3 km/s; no afélio, 29,3km/s (CASTILHO, 2013, p.238).*
- 2) *Como consequência, um planeta movimenta-se com maior lentidão quanto mais distante estiver do Sol. A comprovação disso é dada pela variação na velocidade orbital dos planetas. No caso da Terra, a velocidade máxima, no periélio, é de 30,2km/s e a mínima no afélio, de 29,3km/s (FUKE, 2013, p. 266).*

Os livros do Gaspar (L1), Máximo (L10), Gonçalves (L11) e Kantor (L13) não contêm nenhuma discussão destes conceitos, logo a abordagem da Segunda Lei de Kepler do Movimento Planetário usada por tais obras torna-se fragmentada considerando-se que a mesma trata da velocidade orbital dos planetas nos seus pontos de afélio e periélio.

d) O conceito da constante de Kepler encontra-se abordado de forma parcialmente correta nos livros do Gaspar (L1), Doca (L5), Castilho (L6) e Magno (L8), pois neles existe a apresentação da expressão $k = \frac{4\pi^2}{GM}$ definida como a constante de Kepler, porém não contém a soma da massa do Sol (M) com a massa do planeta (m). Nos livros do Santana (L2) e Fukui (L14) a abordagem também ocorre de forma parcialmente correta, pois existe a afirmação de que a constante $k = \frac{T^2}{r^3}$ depende da massa do corpo central que poderia ser confirmada através da igualdade $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$. Já os livros do Ramos (L3), Bonjorno (L4), Xavier (L7), Pietrocola (L9), Máximo (L10), Gonçalves (L11), Fuke (L12) e Kantor (L13) não trazem a apresentação do valor da constante $k_{Kepler} = \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$.

4.2. Aspectos Didático-Metodológicos

A Física é uma ciência que se caracteriza pela propriedade de investigar os fenômenos da natureza, logo a mesma permite a representação de diversos modelos como, por exemplo, os que explicam a evolução cósmica ou o aperfeiçoamento de recentes fontes de energia. Logo, o ensino da Física na escola básica tem como propósito favorecer ao estudante adquirir uma concepção adequada do conhecimento científico de forma que o mesmo possa interagir com os fenômenos naturais que ocorrem a sua volta (BRASIL, 1999).

Entretanto o Ensino da Física tem se distanciado deste seu propósito, pois tem se investido de uma metodologia composta pela apresentação de conceitos, leis e equações matemáticas que se encontram desvinculados da realidade do estudante e que terminam por provocar um desestímulo pelo aprendizado desta rica disciplina. Uma alternativa possível para romper esta lógica é fazer uma abordagem dos conteúdos considerando dois princípios importantes que são a contextualização e a interdisciplinaridade. Ambos constam como prioridades nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), assim como na lista de orientações didático-metodológicas contidas no Guia de Livros Didáticos da disciplina Física elaborada pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), pois possuem um importante papel no processo de aprendizagem em Física. A análise dos aspectos didático-metodológicos dos livros didáticos de Física, que compõem o quadro do PNLD no ano de 2014, enfatizará estes dois parâmetros que são a contextualização e a interdisciplinaridade.

A ideia de contextualização pode ser trabalhada sob diferentes perspectivas: uma associada à necessidade de construção de um contexto didático que torne o conteúdo mais compreensível ao aprendiz. Esta perspectiva é comum na elaboração de questões de provas. Uma questão para ser considerada bem contextualizada deve provocar o estudante a ter uma maior interpretação do seu enunciado sem que para isso o mesmo tenha de consistir de uma história ou texto relacionado ao tema da questão.

A outra perspectiva compreende a correlação do conteúdo articulado a situações do cotidiano, a qual é comumente enfatizada nos chamados documentos oficiais. Assim, a concepção de contextualização que desejo enfatizar neste trabalho corresponde a que se encontra estabelecida em documentos oficiais como as Orientações Curriculares para o Ensino Médio que, segundo Silva (2010, p.84) pode ser descrita como:

A contextualização como recurso didático serve para problematizar a realidade vivida pelo aluno, extraí-la do seu contexto e projetá-la para análise, ou seja, consiste em elaborar uma representação do mundo para melhor compreendê-lo.

Esta concepção de contextualização quando atrelada ao ensino da Física refere-se a um ponto equivalente a abordagem dos conteúdos de forma relacionada à realidade dos estudantes (MACEDO e SILVA, 2014). O ensino da Física na escola básica não se encontra em sintonia com esse ponto, pois por um lado os professores não executam uma esperada contextualização dos conteúdos abordados em sala de aula com o seu público-alvo (BARTH, 1993) e por outro os livros didáticos não exploram os conteúdos de forma articulada à realidade do estudante e nem solicitam seus conhecimentos prévios (CARROCINO, 2014). Uma situação que corrobora a ausência de contextualização no ensino da Física pode ser exemplificada para o caso do movimento circular uniforme, quando o estudante, apesar de haver estudado todo este conteúdo, ainda não se mostra capaz de perceber a relação do mesmo com um carrossel de parque de diversões, cujo funcionamento baseia-se no movimento circular uniforme (SILVA, 2010).

Ao analisar os aspectos didático-metodológicos na abordagem das Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física, no tocante à contextualização, constatei que a abordagem do conteúdo não se encontra relacionada ao cotidiano do estudante, pois se faz uso de uma linguagem que não permite ao aluno fazer relações com situações concretas vivenciadas em sua realidade. O mesmo pode ser atribuído aos exercícios contidos nos livros didáticos que se constituem em questões, cujos estilos podem ser descritos como apenas de aplicação de equações matemáticas, onde a sua utilidade se encontra afastada de

seu real significado físico (BRASIL, 1999) e questões discursivas ou de múltipla escolha, que não favorecem ao estudante fazer relações com o seu cotidiano.

Os livros didáticos analisados fazem, em sua maioria, uma contextualização histórica da Física, que consiste em apresentar nos seus capítulos iniciais o processo de evolução da Física, o surgimento das primeiras concepções ligadas a esta ciência e os seus campos de atuação. A proposta de contextualização, que enfatiza a discussão dos conteúdos articulados com a realidade do estudante, ainda não ocorre de forma abrangente, pois somente em algumas seções ou tópicos são discutidas situações que remetem o aluno a relacionar o conteúdo estudado ao seu cotidiano.

Esta ausência de percepção com a questão da contextualização demonstrada pelas obras termina por gerar uma grave consequência que reside em uma má formação científica dos estudantes, que futuramente se mostrarão cidadãos inconscientes sobre a importância da Física em suas vidas, haja vista que o conhecimento desta ciência se mostra como de extrema importância para a inclusão do indivíduo na sociedade, conforme assegura Silva (2010, p.102):

Baseado no que abordamos, entendemos também que o Ensino das Ciências, sobretudo o da Física, não deve prescindir de atender a outros aspectos básicos preconizados na LDB, como, por exemplo, deverá contribuir positivamente para inserção deste indivíduo, como cidadão, no seio desta sociedade globalizada e competitiva. Então, o livro didático como principal instrumento de ensino utilizado em sala de aula, deve apresentar requisitos que atendam eficazmente estas exigências.

No livro paradidático trago uma situação, representada através de um diálogo fictício entre um aluno e um professor de Física, que ilustra esta proposta de contextualização, presente nos documentos oficiais, e que se encontra relacionada à abordagem das Leis de Kepler do Movimento Planetário.

Outro parâmetro que compõe a análise dos aspectos didático-metodológicos nos livros didáticos de Física refere-se à interdisciplinaridade, que, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1999, p.98), pode ser definida como:

O conceito de interdisciplinaridade fica mais claro quando se considera o fato trivial de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos (BRASIL, 1999, p.88).

Logo, a interdisciplinaridade propõe a interação entre conteúdos pertencentes às diferentes áreas do conhecimento (KATO e KAWASAKI, 2011), e no caso específico das disciplinas de Ciências, a interdisciplinaridade busca transpor os limites entre as disciplinas, de forma que os conteúdos pertinentes a elas possam ser abordados de forma articulada, desde que possuam particularidades entre si (LÜCK, 1995). Um caso particular corresponde à chamada intradisciplinaridade que defende a discussão de um conteúdo escolar articulado com outros dentro da mesma área do conhecimento.

No presente trabalho considero que as Leis de Kepler do Movimento Planetário estão inseridas na área de conhecimento referente à Astronomia, mas a sua abordagem nos livros didáticos encontra-se relacionada a outras áreas do conhecimento como a Matemática e a própria Física, o que caracteriza uma interdisciplinaridade. Observo também que alguns dos livros didáticos de Física executam a abordagem do conteúdo articulado com outros temas de Astronomia caracterizando uma intradisciplinaridade. Portanto, a análise dos livros didáticos de Física, com ênfase na interdisciplinaridade foi realizada com base nos seguintes grupos:

- a) Grupo 1- livros que fazem a interdisciplinaridade das Leis de Kepler do Movimento Planetário com conteúdos de Matemática.
- b) Grupo 2- livros que fazem a interdisciplinaridade das Leis de Kepler do Movimento Planetário com conteúdos de Física.
- c) Grupo 3- livros que fazem a intradisciplinaridade das Leis de Kepler do Movimento Planetário com outros conteúdos de Astronomia.

Descritos os grupos têm-se a composição de cada um deles como:

- a) Grupo 1- os livros que compõem este grupo são os do Gaspar (L1), Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Doca (L5), Xavier (L7), Magno (L8) e Fukui

(L14), pois os mesmos abordam as Leis de Kepler do Movimento Planetário articulada com um conteúdo de Matemática denominado elipse. Trago como exemplo citações retiradas de duas das obras que compõem este grupo e que refletem a interdisciplinaridade:

- 1) *A elipse é uma trajetória fechada descrita por um ponto que se move de maneira que a soma de suas distâncias até dois pontos fixos, chamados focos, é constante. Em um sistema de corpos que orbitam ao redor de uma estrela, um dos focos é o lugar onde está o centro da estrela e o outro foco pode estar dentro dela (SANTANA, 2013, p. 167).*
- 2) *A elipse é uma curva plana definida como o lugar geométrico dos pontos cuja soma das distâncias a dois pontos fixos, chamados focos, é constante. A circunferência pode ser considerada um caso especial de elipse, quando sua excentricidade é nula (RAMOS, 2013, p. 171).*

b) Grupo 2- os livros que compõem este grupo são os do Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Doca (L5), Castilho (L6), Magno (L8), Pietrocola (L9), Fuke (L12) e Kantor (L13), pois os mesmos abordam as Leis de Kepler do Movimento Planetário integradas a conteúdos de Física como velocidade média, movimento uniforme, movimento uniformemente variado, movimento circular uniforme, momento angular, torque e magnetismo. Trago outras citações, também retiradas de duas das obras componentes deste grupo, que ilustram esta interdisciplinaridade:

- 1) *Então, classifica-se o movimento de um planeta ao redor do Sol como um movimento variado, acelerado quando o planeta vai do afélio para o periélio e retardado quando ele vai do periélio para o afélio. Disso, tem-se que o módulo do vetor velocidade (de translação) de um planeta ao redor do Sol é mínimo no afélio e máximo no periélio (RAMOS, 2013, p.172).*
- 2) *Ora, se na região do periélio, num intervalo de tempo de mesma duração, o planeta percorre um espaço maior que o percorrido na região do afélio, podemos dizer que sua velocidade escalar média de translação é maior na região do periélio que na do afélio (DOCA, 2013, p.163).*

c) Grupo 3- os livros que compõem este grupo são o Gaspar (L1), Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Doca (L5), Castilho (L6), Xavier (L7), Magno (L8), Pietrocola (L9), Máximo (L10), Fuke (L12) e Fukui (L14), pois os mesmos abordam as Leis de Kepler do Movimento Planetário com outros conteúdos de Astronomia como à Lei da Gravitação Universal, movimento de satélites, eclipses e marés. Como prova desta intradisciplinaridade apresento, na

página a seguir, outras citações retiradas de duas obras que compõem o grupo:

- 1) *A busca de Kepler por descobrir uma conexão entre os tamanhos das órbitas dos planetas e seus períodos de revolução ao redor do Sol teve êxito somente dez anos após a formulação da lei das áreas. Em sua 3ª lei, Kepler utiliza mais uma vez os dados das observações de Tycho Brahe e enuncia a lei que se tornaria essencial para que Newton, algumas décadas depois, compreendesse os fenômenos ligados à gravitação universal (SANTANA, 2013, p.169).*
- 2) *As leis de Kepler valem também para o movimento de satélites ao redor dos planetas. Nesses casos, o corpo central é o próprio planeta. Se for um corpo orbitando a Terra, como os satélites artificiais, por exemplo, o ponto da órbita mais próximo é chamado de perigeu, e o mais distante, de apogeu (CASTILHO, 2014, p.239).*

Enfim, de acordo com os resultados obtidos a partir da análise, concluo que a proposta de interdisciplinaridade das Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física encontra-se em consonância com o conceito de interdisciplinaridade definido nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. O que é visto como um ponto de imensa importância no ensino de Ciências como a Física e a Astronomia.

4.4. Aspectos Históricos

A História da Ciência se constitui em um elemento importante para o aprendizado em Ciências e, particularmente, em Física, pois ela possibilita que o estudante adquira uma noção adequada de como ocorre o processo de construção do conhecimento científico. Em São Tiago (2011, p.6) existem algumas razões que defendem a inserção da história da ciência no currículo de disciplinas científicas:

- a) *A História promove uma melhor compreensão de conceitos e métodos científicos.*
- b) *A abordagem histórica conecta o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento de ideias científicas.*
- c) *A História, examinando a vida e a época de cientistas individuais, humaniza o objeto da ciência, tornando-o menos abstrato e mais envolvente para os alunos.*

É importante ressaltar que não há um consenso sobre a validade das duas primeiras afirmações por parte de historiadores da ciência, porém considero-as importantes, pois ambas se encontram em sintonia com a proposta do presente trabalho.

Pessoa JR. (1996) sustenta alguns argumentos favoráveis à inclusão da História da Ciência no ensino da Física, e um deles, em especial, se encontra relacionada ao objeto de estudo e é reconhecido como história internalista de longo prazo, cuja proposta é de mostrar, usando como referência a apresentação de descobertas feitas por cientistas, o processo de evolução das ideias da Física. Logo, uma iniciativa como esta tem como objetivo mostrar que a História da Ciência tem uma grande utilidade no Ensino da Física, e a preocupação com ela deve ser compartilhada por autores de livros didáticos de Física. Nota-se que a História da Ciência que é veiculada por muitos dos livros caracteriza-se como tendenciosa, pois favorece a construção dos chamados mitos científicos e a transmissão de concepções deformadas sobre a atividade científica (PAGLIARINI, 2007) caminhando no sentido contrário ao propósito da História da Ciência de humanizar a figura dos personagens que desenvolveram a Ciência.

Porém, esta tarefa desempenhada pela História da Ciência perpassa também pela descrição do Método Científico, conforme assegura Matthews (1995, p. 173) *“a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente”*. A concepção de método científico

que é veiculada por livros didáticos de Física é reducionista, pois não aborda todas as etapas envolvidas na atividade científica. Um episódio contido em alguns livros didáticos de Física que corrobora esta afirmação corresponde à história da queda da maçã observada por Isaac Newton que serviu de base para que ele formulasse a Lei da Gravitação Universal. Este episódio, que se encontra relatado em alguns livros didáticos de Física, reforça uma noção equivocada de que descobertas científicas resultam de acidentes, casualidades, ou se originaram a partir de “mentes privilegiadas” como a do próprio Newton (LANGHI e NARDI, 2007).

Em Moreira et. al. (1993) existe a descrição de outras concepções errôneas sobre o Método Científico trazido por livros didáticos de Ciências e, particularmente, de Física. Discutirei duas delas que são mais relacionadas a livros didáticos de Física:

- a) O método científico se constitui em um processo lógico que sempre conduz a uma descoberta- tal ideia se constitui em um grave equívoco, pois despreza todas as etapas envolvidas na atividade científica, ou seja, o cientista caminha por diferentes tentativas, considera diferentes possibilidades, utiliza da sua intuição etc. por fim a atividade científica constitui-se em uma atividade humana, portanto sujeita a erros e acertos.
- b) O conhecimento científico é definitivo- outra concepção errônea contida em alguns livros didáticos de Física, pois a atividade científica encontra-se sempre em evolução no que pode ser comprovado através de exemplos como o do sistema planetário que no passado considerava a Terra como centro do universo, ou seja, uma parte do conhecimento científico que se tem hoje se encontra baseado em certos modelos ou teorias já elaboradas que podem estar totais ou parcialmente errados.

Portanto diante de tais argumentos conclui-se que a História da Ciência possui uma relevante função no aprendizado em Física, e o papel dela neste trabalho é de servir como lastro teórico para a criação de um dos critérios de análise dos livros didáticos de Física, que corresponde aos aspectos históricos. A análise realizada nos livros didáticos em relação aos seus aspectos históricos usou como padrão de referência a abordagem histórica, que ele faz sobre Johannes Kepler preocupando-se em retratá-lo como um ser humano comum, cuja trajetória de vida foi marcada por

diversas adversidades, que terminaram por influenciá-lo na formulação das suas Leis do Movimento Planetário. Este padrão de referência adotado tem como principal objetivo contrariar a apresentação dos personagens da Ciência feita por alguns livros didáticos de Física, que os caracterizam como “gênios” servindo apenas para reforçar a ideia do mito.

Concluída então a análise feita nos livros didáticos constato que as obras do Gaspar (L1), Santana (L2), Ramos (L3), Bonjorno (L4), Doca (L5), Xavier (L7), Magno (L8), Pietrocola (L9), Máximo (L10), Gonçalves (L11), Fuke (L12) e Fukui (L14) não executam uma abordagem histórica que possa ser enquadrada dentro do padrão de referência, pois alguns desses livros se limitam a fornecer informações como a de que Kepler trabalhou como assistente de Tycho Brahe como encontrado nos livros de Gaspar (L1), Santana (L2), Bonjorno (L4), Doca (L5), Xavier (L7), Magno (L8), Pietrocola (L9), Máximo (L10), Fuke (L12) e Fukui (L14), ou até mesmo que Kepler foi adepto do heliocentrismo e defensor da teoria de Copérnico como encontrado em Gaspar (L1), Bonjorno (L4), Doca (L5), Xavier (L7), Magno (L8), Pietrocola (L9) e Máximo (L10). Estas informações são consideradas insuficientes para serem classificadas dentro do que adoto como padrão de referência.

Os livros dos autores Doca (L5) e Magno (L8) trazem a afirmação de que “Tycho Brahe foi o mestre de Kepler”, o que se configura em um erro sob o ponto de vista histórico, pois Kepler e Tycho Brahe se opunham na defesa de seus modelos planetários, onde Kepler era heliocêntrico e Tycho Brahe foi defensor de um sistema híbrido em que o Sol girava em torno da Terra e os demais planetas giravam em torno do Sol. De acordo com as leituras feitas sobre a vida e obra de Johannes Kepler, o seu verdadeiro mestre foi o professor de Matemática e Astronomia na Universidade de Tübingen, Michael Maestlin, que foi o responsável por apresentá-lo à teoria heliocêntrica, proposta por Nicolau Copérnico que, de certa forma, o influenciou no desenvolvimento de seus trabalhos.

Apenas os livros do Castilho (L6) e Kantor (L13) trazem como complemento no capítulo referente à apresentação das Leis de Kepler do Movimento Planetário uma abordagem histórica sobre Johannes Kepler, que se encontra em concordância com o padrão de referência, pois tais obras preocupam-se em associar a figura do Kepler ao de um ser humano comum, que sofreu com adversidades, e dedicou a sua

vida a estudos astronômicos que culminaram com a descoberta das suas Leis do Movimento Planetário. Enfim, esta abordagem histórica feita pelas citadas obras satisfaz a proposta da História da Ciência de humanizar os personagens da Física para que o estudante possa se identificar com a figura de Johannes Kepler e, conseqüentemente, adquira maior estímulo pelo estudo dessa disciplina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos aspectos conceituais realizada nos livros didáticos de Física sobre as Leis de Kepler do Movimento Planetário demonstrou que a abordagem dos conceitos de elipse, órbitas quase circulares e afélio e periélio satisfazem ao padrão de referência adotado para cada um deles. A exceção refere-se à constante de Kepler, cuja expressão considerada a mais adequada para sua representação encontra-se nos catorze livros didáticos de Física feita de forma parcialmente correta, ou não é abordada. Este fato reflete a necessidade dos autores em aprofundar uma maior pesquisa sobre o estudo tanto das Leis de Kepler do Movimento Planetário como também da Lei da Gravitação Universal proposta por Isaac Newton, haja vista que as duas leis possuem particularidades em comum.

Nesta análise foram observados outros avanços no nível das obras em relação a fatores considerados de grande importância no ensino da Física como, por exemplo, a interdisciplinaridade, que envolve as relações em comum entre as diferentes áreas do conhecimento, de forma que estas possam dialogar entre si. Tal afirmação pode ser comprovada quando se observa que a maioria dos livros didáticos aborda o conteúdo em articulação com o conceito de elipse, que é um conteúdo da Matemática e que tem um papel relevante no aprendizado das Leis de Kepler do Movimento Planetário. Constato também a existência da interdisciplinaridade com outros conteúdos da Física, e até com os da Astronomia, que é percebido como algo extremamente positivo, pois torna o aprendizado das Leis de Kepler do Movimento Planetário bastante enriquecedor.

Mas em relação ao outro parâmetro didático-metodológico, à contextualização, observo que a sua proposta estabelecida nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio ainda não se encontra em sintonia com as abordagens das Leis de Kepler do Movimento Planetário feitas pelas obras, o que representa uma grande lacuna no ensino da Física. Conforme citado anteriormente, é de meu interesse construir um paradidático onde uma das propostas consiste em abordar as Leis de Kepler do Movimento Planetário de forma contextualizada contribuindo para um aprendizado significativo deste conteúdo.

Outra constatação, feita com base na análise dos aspectos históricos, pode ser traduzida pela ausência de informações sobre Johannes Kepler que satisfaçam ao padrão de referência adotado para a análise desse aspecto. Isto pode ser encarado como uma falta de percepção dos autores com um requisito importante no ensino de Física, que é a História da Ciência, que exerce uma grande importância no aprendizado em Física, pois através dela é possível que o estudante perceba que os personagens que desenvolveram esta Ciência foram pessoas normais, diferente da imagem passada por alguns livros didáticos que os classificam como “gênios”.

Portanto observo que esta abordagem feita pelas obras sobre as Leis de Kepler do Movimento Planetário ainda solicita uma melhor atenção de seus autores em relação a elementos importantes no aprendizado em Física, como a contextualização e a História da Ciência. A constatada ausência destes elementos nos livros didáticos representa uma perda de oportunidade, para que os estudantes possam se interessar cada vez mais pela Física que se trata de uma ciência de extrema importância no entendimento dos fenômenos que os cercam.

Enfim, concluída a análise dos livros didáticos observei um aprofundamento no aprendizado deste conteúdo, que foi determinante para criação do produto final referente a um paradidático, cuja temática se localiza em torno das Leis de Kepler do Movimento Planetário. Pretendo também futuramente expandir esta pesquisa no doutorado, analisando as referências usadas no Ensino Superior com a proposta de avaliar o uso didático-formativo do conteúdo Leis de Kepler do Movimento Planetário contribuindo indiretamente, com a qualidade da formação do futuro professor de Física.

REFERÊNCIAS:

- BARTH, B.M. **O saber em construção- para uma pedagogia da compreensão**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.
- BOCZKO, R. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda., 1984.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/CNE, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2014**. Ensino Médio. Física. Brasília, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Recomendações Para Uma Política Pública de Livros Didáticos**. Brasília, 2001
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília/DF: MEC/SENTEC, 1999.
- CARROCINO, C. H. G. **Questões contextualizadas nas provas de Matemática**. 2014. 69 folhas. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática (PROFMAT))- Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA). Rio de Janeiro, 2014.
- CASTILHO, J.R. CARRON, W.GUIMARÃES, O. **Física**. São Paulo: Editora Ática, v.1, 2014.
- DOCA, R. H. BISCUOLA, G.J. BÔAS, N.V. **Física 1- Mecânica**. 2 ed. São Paulo: Editora Saraiva, v.1, 2013.
- FUKU, L. F. YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio**. 2 ed. São Paulo: Editora Saraiva, v.1, 2013.
- GAROZZO, F. **Johannes Kepler**. São Paulo: Editora Três, 1975.
- IEZZI, G. et al. **Matemática: Ciências e Aplicações**. 2 ed. São Paulo: Editora Saraiva, v.3, 2005.
- KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. **As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de Ciências**. Revista Ciência e Educação, v.17, nº1, p.35-50, 2011.
- KOCHHANN, A.; MORAES, A.C. **Aprendizagem Significativa na perspectiva de David Ausubel**. Anápolis, GO: Editora da Universidade Estadual de Goiás, 2014.
- KOESTLER, A. **Os Sonâmbulos: histórias das concepções do homem sobre o universo**. 2 ed. São Paulo: Editora Ibrasa, 1961.

- LANGHI, R.; NARDI, R. **Ensino de Astronomia: Erros Conceituais Mais Comuns Presentes em Livros Didáticos de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.24, n^o1, p.71-86, 04/2007.
- LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 2 ed. Petrópolis: Editora Vozes Ltda., 1994.
- OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia- Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- MACEDO, C. C.; SILVA, L. F. **Os processos de contextualização e a formação inicial de professores de Física**. Revista Investigações em Ensino de Ciências- v.19(1), p. 55-75, 2014.
- MASCARENHAS, P.S. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**. 2 ed. Feira de Santana: Editora Ideia Viva, 2011.
- MATTHEWS, M. R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.12, n^o3, p. 164-214, 12/2005.
- MEDEIROS, A. **Entrevista com Kepler: Do seu Nascimento à Descoberta das duas Primeiras Leis**. Revista Física na Escola, v.3, n^o2, 2002.
- MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira>.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMAN, F. **Sobre o ensino do método científico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.10, n^o2, p. 108-117, 08/1993.
- MORETTO, V. P. **Prova um momento privilegiado de estudo e não um acerto de contas**. 9 ed. Rio de Janeiro: Lamparina editora, 2010.
- MOURÃO, R.R.F. **Kepler a descoberta das leis do movimento planetário**. São Paulo: Editora Odysseus, 2003.
- NICIOLI JR., R. B. **Uma Análise de Livros Didáticos de Física da Década de 50 e 60**. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina.
- PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. 115 folhas. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciências-Física Básica. Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

- PAMPU, L. G; GARCIA, T. M. F. B. **Características dos Textos Didáticos Introdutórios Para Ensino de Dinâmica em Livros Didáticos de Física Para o Ensino Médio**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Universidade Federal do Espírito Santo. 2009.
- PENA, F.L.A. **Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.34, n.1, 1701,2012.
- PESSOA JR., O. **Quando a Abordagem Histórica deve ser usada no Ensino de Ciências**. Revista Ciência & Ensino, nº1, 09/1996.
- PIRES, A.S.T. **Evolução das ideias da Física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.
- RAMOS, A. WRUBLEWSKI, M. **Física**. Curitiba: Editora Positivo, v. 1, 2013.
- SANT'ANA, B. et al. **Conexões com a Física**. São Paulo: Editora Moderna, vol.1, 2010.
- SÃO TIAGO, M. F. **Aspectos da 'natureza da ciência' num curso de Física do ensino médio: uma abordagem histórica**. 2011. 138 folhas. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. Rio de Janeiro, 2011.
- SILVA, I. A. **O Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLD/EM) nos anos dois mil: uma análise do processo de avaliação pedagógica dos livros distribuídos pelo Ministério da Educação às escolas públicas brasileiras**.37ª Reunião Nacional da ANPEd - 04 a 08 de Outubro de 2015, UFSC-Florianópolis.
- SILVA, J.P. **Livro didático de Física: qualidade e utilidade em sala de aula**. 2010. 115 folhas. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Educação da Universidade Federal da Paraíba-PPGE/CE/UFPB. João Pessoa, 2010.
- TEIXEIRA,E.S. PEREIRA, M.G. RODRIGUES. T.F. **Análise do Conteúdo de Relatividade nos Livros de Física Aprovados pelo PNLEM (2009-2011): Uma Perspectiva Histórica e Filosófica**. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas, 2011.
- TOSSATO, C.R. **Mysterium Cosmographicum: Os Antecedentes das Duas Primeiras Leis Keplerianas dos Movimentos Planetários**. Cadernos Espinosanos V, p.35-63, 1999.
- XAVIER, C.; BARRETO, B. **Física aula por aula**. São Paulo: Editora FTD, v.1,2010.
- ZAMBON, L.B. **Seleção e Utilização de livros didáticos de Física em escolas de educação Básica**. 2012. 279 folhas. Dissertação (Mestrado em Educação)- Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

APÊNDICE 1- RELAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

Livro	Título	Autor	Editora	Volume	Ano
L1	Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Ática	1	2013
L2	Conexões com a Física	Blaidi Santana	Moderna	1	2013
L3	Física	Alysson Ramos	Positivo	1	2014
L4	Física	José Bonjorno	FTD	1	2013
L5	Física	Ricardo Helou Doca	Saraiva	1	2013
L6	Física	José Castilho	Ática	1	2014
L7	Física aula Por aula	Cláudio Xavier	FTD	1	2013
L8	Física Ciência e Tecnologia	Carlos Magno	Moderna	1	2013
L9	Física: Conceitos e Contextos	Maurício Pietrocola	FTD	1	2013
L10	Física Contextos e Aplicações	Antônio Máximo	Scipione	1	2014
L11	Física Interação e Tecnologia	Aurélio Gonçalves	Leya	1	2013
L12	Física para o Ensino Médio	Luiz Felipe Fuke	Saraiva	1	2013
L13	Quanta Física	Carlos Kantor	Pearson	1	2013
L14	Ser Protagonista	Ana Fukui	SM	1	2013

APÊNDICE 2- QUADRO COMPARATIVO DE ASPECTOS CONCEITUAIS

Conceito	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14
a) Elipse	+	+	+	+	+	F	±	+	F	F	F	F	F	±
b) Órbitas quase circulares	+	F	F	F	+	F	+	F	+	+	F	+	+	+
c) Afélio e Periélio	F	+	+	+	+	+	+	+	+	F	F	+	F	+
d) Constante de Kepler	±	±	F	F	±	±	F	±	F	F	F	F	F	±

Legenda:

+→ conceito abordado de forma correta.

±→ conceito abordado de forma parcialmente correta.

F→falta de abordagem do conceito.

APÊNDICE 3

RESUMO EXPANDIDO APRESENTADO NO I SENAMEPRAE REALIZADO NA CIDADE DE GOIÂNIA ENTRE 17 A 19/06/2015.

LEIS DE KEPLER DO MOVIMENTO PLANETÁRIO NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO DE 2014: UM ESTUDO À LUZ DE ASPECTOS CONCEITUAIS, DIDÁTICO-METODOLÓGICOS E HISTÓRICOS

Orientando: OLIVEIRA, Paulo Henrique Portela. MPASTRO/UEFS-
phbahiano@yahoo.com.br

Orientador: RIBEIRO, Carlos Alberto de Lima. MPASTRO/UEFS-
calr@uefs.br

Coorientadora: PAIM, Ana Verena Freitas. MPASTRO/UEFS-
verenaebianca@gmail.com

Resumo: Os livros didáticos de Física constituem o principal instrumento de trabalho do professor, apesar de algumas pesquisas recomendarem a necessidade da elaboração de material didático pelo próprio professor e do uso do livro-texto como apoio. Realizo um estudo sobre as Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) no ano de 2014. O principal objetivo foi verificar de que forma esse conteúdo se encontra abordado nestas obras. Utilizo como critérios de análise aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos e os mesmos encontram-se atrelados ao que preconiza o Guia de Livros Didáticos da Disciplina Física do PNLD, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e em trabalhos acadêmicos cujo enfoque defende a inclusão da história da ciência no ensino de Física. A metodologia utilizada foi de natureza qualitativa. Analiso os 14 livros do PNLD, à luz da análise do conteúdo. Com base na investigação, concluí que a definição de conceitos considerados importantes para a compreensão das leis ainda não ocorre de forma satisfatória. Destaco a omissão, em alguns livros, do conceito da elipse, que se constitui em um elemento básico para o aprendizado do conteúdo. A análise dos aspectos didático-metodológicos evidenciou que a contextualização

não é contemplada na abordagem feita pelos livros didáticos, e a interdisciplinaridade encontra-se em sintonia com o propósito de integrar as diferentes áreas do conhecimento. Com respeito ao uso da história da ciência, embora possua um relevante papel no aprendizado em Física, ela não está presente, pois não há uma preocupação com esse aspecto pela maioria dos autores. É meu interesse elaborar um livro paradidático que aborde as Leis de Kepler do Movimento Planetário com o propósito de auxiliar professores e estudantes no estudo desse conteúdo.

Palavras-chave: leis de Kepler. livros didáticos. material didático.

1. Introdução

O surgimento dos livros didáticos de Física no Brasil se inicia no período do Império com a chegada da família real portuguesa no ano de 1810 onde os títulos que eram utilizados nas escolas eram, em sua maioria, de origem francesa no que pode ser atribuído a dois fatores que correspondem a durante muitos anos termos nos baseado nas propostas curriculares da França e pela relação das casas editoriais brasileiras com este país (NICIOLI JR. E MATTOS, 2006).

Considerando as citadas Reformas ou iniciativas que influenciaram de certa forma os livros didáticos de Física não existia até então no Brasil uma política voltada exclusivamente para o livro didático. Sendo assim, no ano de 1985 ficou estabelecido através do Decreto-Lei nº 91542/85, o Programa Nacional do Livro Didático- PNLD, que a princípio visava apenas à distribuição de livros didáticos para os estudantes do Ensino Fundamental das escolas públicas brasileiras (BRASIL, 2001).

Baseado no êxito obtido com o PNLD, o governo federal instituiu no ano de 2004 o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio - PNLEM, que funciona em um modo semelhante ao do PNLD, onde uma comissão de especialistas, designada pelo Ministério da Educação avalia e elabora a resenha dos livros selecionados que irão formar o guia dos livros didáticos que será enviado para as escolas para análise dos professores. A 1ª edição do PNLEM que contou com a participação de livros didáticos de Física ocorreu no ano de 2007, sendo que em tal

edição foram selecionados pela comissão de avaliadores cinco títulos de Física que formaram o guia do livro didático.

Este trabalho é um estudo, à luz de aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos, do conteúdo Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física que compuseram o quadro do Programa Nacional do Livro Didático no ano de 2014. A justificativa para a criação dos critérios de análise baseou-se em meu questionamento diante das metodologias utilizadas por livros didáticos de Física para abordar esse tema que se constitui em um conteúdo vasto sob o ponto de vista conceitual, didático-metodológico e histórico, além do que o contato com o mesmo favorece ao estudante adquirir uma noção adequada do universo em que vive. Em relação aos aspectos conceituais fiz a análise com o intuito de verificar sob quais condições os principais conceitos relacionados às Leis de Kepler do Movimento Planetário são abordados estabelecendo para cada conceito um padrão de referência que foi utilizado na análise. Já em relação aos aspectos didático-metodológicos baseei a análise em dois parâmetros considerados de grande importância no aprendizado em Ciências, e particularmente, em Física que são a contextualização e a interdisciplinaridade e, finalmente nos aspectos históricos fixei a análise na abordagem histórica que o livro didático usa sobre Johannes Kepler.

A escolha pelas Leis de Kepler do Movimento Planetário como objeto de estudo baseia-se em três fatores: a) possibilidade de abordagem deste conteúdo em sala de aula considerando que o mesmo é negligenciado por muitos professores de Física que por falta de interesse pela Astronomia ou não possuir a formação na área específica terminam por não abordá-lo b) contato do estudante com as Leis de Kepler do Movimento Planetário favorecendo ao mesmo a compreensão sobre o comportamento do planeta Terra e dos demais corpos do sistema solar c) afinidade do autor com o citado conteúdo resultante de leituras feitas sobre a vida e obra de Johannes Kepler.

Portanto, ao ter esse objeto de análise em mente, fiz um levantamento do referencial teórico que envolva a análise de livros didáticos de Física. O meu propósito final é elaborar um livro paradidático que contemple os aspectos analisados e que nos permita abordar esse tema de forma diferenciada, e que seja utilizado pelos

professores e estudantes, tanto na escola formal como em espaços não formais como Museus de Ciência.

2. Objetivos

2.1. Geral

- Analisar as Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física que compuseram o quadro do PNLD 2014, amparando-se em aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos relacionados à abordagem do conteúdo contido em tais obras.

2.2. Específicos

- Realizar um levantamento do referencial teórico que envolva a análise de livros didáticos de Física.
- Elaborar um livro paradidático que contemple os aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos relacionados às Leis de Kepler do Movimento Planetário.

3. Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica utilizada na pesquisa baseou-se nos referenciais teóricos sobre análise de livros didáticos de Física e, entre estes, destaco o artigo *Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos* de Langhi (2007), pois o mesmo nos serviu de base para a formulação de um dos critérios de análise dos livros didáticos referente aos aspectos conceituais. Outro referencial teórico que contribui significativamente para a elaboração dos demais critérios de análise, correspondentes aos aspectos didático-metodológicos e históricos, é a Dissertação de mestrado intitulada *Livro didático de Física: qualidade e utilidade em sala de aula* de Silva (2010) onde o mesmo discute sobre a importância de dois parâmetros no ensino da Física que são a contextualização e a interdisciplinaridade

assim como defende a inclusão da história da ciência no currículo da citada disciplina.

4. Metodologia

Com relação à Metodologia, a pesquisa foi desenvolvida sob uma abordagem qualitativa de natureza bibliográfica, pois o propósito da mesma consistiu em discutir o objeto de pesquisa, referente à abordagem das Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física, com base em referenciais teóricos que tratem de livros didáticos de Física. Estes referenciais teóricos consistiram em livros, artigos acadêmicos, dissertações de mestrado (acadêmicos e profissionais) e teses de doutorado e, entre os mesmos, reitero o artigo *Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Física* de autoria de Langhi (2007) e a Dissertação de mestrado *Livro didático de Física: qualidade e utilidade em sala de aula* de autoria de Silva (2010) que, serviram de base para elaboração dos critérios de análise dos livros didáticos de Física. Portanto, como o objeto da pesquisa foi investigado e analisado a partir de categorias ou critérios de análise (aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos) ela atende a alguns princípios da perspectiva qualitativa.

A origem dos critérios de análise encontra-se atrelada a minha inquietação diante da linguagem utilizada por livros didáticos de Física ao abordar as Leis de Kepler do Movimento Planetário que se trata de um conteúdo vasto sob o ponto de vista conceitual, didático-metodológico e histórico, logo a sua abordagem nos livros didáticos deve valorizar esses mesmos aspectos. Concluída a análise dos livros didáticos observo um aprofundamento no aprendizado deste conteúdo que foi determinante para a criação do produto final referente a um paradidático cuja temática situe-se em torno das Leis de Kepler do Movimento Planetário

O caminho percorrido para compreensão do objeto de pesquisa constituiu-se de algumas etapas: inicialmente fiz uma revisão do referencial teórico em livros, artigos, dissertações de mestrado acadêmico/ profissional e teses de doutorado. Em seguida parti para a elaboração dos critérios de análise dos livros didáticos de Física referentes aos aspectos conceituais, didático-metodológicos e históricos, e sua posterior análise desses conteúdos. Na conclusão de minha pesquisa aponto esses

resultados e proponho um livro paradidático que possa englobar os aspectos discutidos que serão aplicados em sala de aula.

5. Resultados obtidos

Realizei a análise dos conceitos relacionados às Leis de Kepler do Movimento Planetário referentes à elipse, órbitas quase circulares, afélio e periélio e a constante de Kepler onde para análise de cada um destes conceitos foi definido um padrão de referência. Com relação aos aspectos didático-metodológicos enfatizo a nossa análise com relação a dois parâmetros que são a contextualização e a interdisciplinaridade. Já a análise dos aspectos históricos baseou-se na abordagem histórica feita pelo livro didático sobre a figura de Johannes Kepler. A análise dos aspectos conceituais demonstrou que a abordagem da maioria dos conceitos relacionados às Leis de Kepler do Movimento Planetário ocorre de forma que satisfaça ao padrão de referência adotado para cada um deles onde a exceção refere-se a constante de Kepler cuja expressão considerada a mais adequada para a mesma encontra-se nos livros feita de forma parcialmente correta ou não é abordada. Com relação aos aspectos didático-metodológicos observo que um dos parâmetros que representam este critério, a interdisciplinaridade, encontra-se presente nas obras considerando-se que a maioria dos livros aborda às Leis de Kepler do Movimento Planetário articulado com outros conteúdos de Matemática, da Física e até mesmo da Astronomia. Já a ideia de contextualização não se encontra em sintonia com a abordagem das Leis de Kepler do Movimento Planetário nos livros didáticos de Física, pois as obras não articulam o conteúdo à realidade do estudante.

Outra constatação realizada com base na nossa análise verificou que a maioria dos livros didáticos não executa uma abordagem histórica que satisfaça ao padrão de referência adotado para o critério de análise referente aos aspectos históricos haja vista que a quantidade de informações sobre a vida e a obra de Kepler é insuficiente para serem enquadradas dentro do citado critério. Por fim, me encontro em fase de elaboração de um produto educacional referente a um livro paradidático cuja proposta venha abarcar três pontos descritos a seguir como: abordagem histórica sobre a vida de Johannes Kepler; apresentação do conteúdo Leis de Kepler do

Movimento Planetário com ênfase na contextualização do mesmo integrado à realidade do estudante e a inserção de atividades didático-pedagógicas em sala de aula e em espaços não formais, ilustrando a aplicação das às Leis de Kepler do Movimento Planetário.

6. Referências

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Recomendações Para Uma Política Pública de Livros Didáticos**. Brasília, 2001.
- LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. **Ensino de Astronomia: Erros Conceituais Mais Comuns Presentes em Livros Didáticos de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.24, nº1, p.71-86, 04/2007.
- SILVA, J.P. **Livro didático de Física: qualidade e utilidade em sala de aula**. 2010. 115 folhas. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Educação da Universidade Federal da Paraíba-PPGE/CE/UFPB. João Pessoa, 2010.

APÊNDICE 4

RELAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA COM A FORMAÇÃO DOS SEUS AUTORES

Livro	Título	Autor	Formação
L1	Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Licenciado em Física pela USP
L2	Conexões com a Física	Blaidi Santana	Licenciado em Física pela Faculdade de Educação da USP
L3	Física	Alysson Ramos	Licenciado em Física pela UFPR
L4	Física	José Bonjorno	Licenciado e Bacharel em Física pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)
L5	Física	Ricardo Helou Doca	Engenheiro Eletricista formado pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI-SP)
L6	Física	José Castilho	Engenheiro Eletricista formado pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP
L7	Física aula Por aula	Cláudio Xavier	Licenciado em Física e Matemática
L8	Física Ciência e Tecnologia	Carlos Magno	Bacharel em Física pelo Instituto de Física da USP
L9	Física: Conceitos e Contextos	Maurício Pietrocola	Licenciado em Física pela USP
L10	Física Contextos e Aplicações	Antônio Máximo	Licenciado e Bacharel em Ciências pela UFMG
L11	Física Interação e Tecnologia	Aurélio Gonçalves	Licenciado em Física pela USP
L12	Física para o Ensino Médio	Luiz Felipe Fuke	Licenciado em Física pela USP
L13	Quanta Física	Carlos Kantor	Licenciado e Bacharel em Física pela USP
L14	Ser Protagonista	Ana Fukui	Mestra em Ciências- Ensino de Física pela USP