



**Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Pró – Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação – PRPPG
Programa de Pós – Graduação em Ensino das Ciências - PPGECC**

RENATO LIMA DA SILVA BARROS

**As Leis de Kepler em Livros Didáticos de Física: a Ciência
enquanto Construção Humana**

Recife

2012

Renato Lima da Silva Barros

**As Leis de Kepler em Livros Didáticos de Física: a Ciência
enquanto construção humana**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório

Recife

2012

Ficha Catalográfica

B277I Barros, Renato Lima da Silva
 As leis de Kepler em livros didáticos de física: a ciência
 enquanto construção humana / Renato Lima da Silva Barros.
-- Recife, 2012.
 124 f. : il.

 Orientador (a): Alexandro Cardoso Tenório.
 Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) –
 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
 Educação, Recife, 2012.
 Referência.

 1. Livros didáticos 2. Ciência – História 3. Johannes Kepler
I. Tenório, Alexandro Cardoso, Orientador II. Título

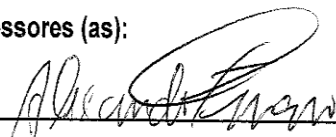
CDD 530

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS - PPGEC

As Leis de Kepler em livros didáticos de Física: a Ciência enquanto construção
humana

Renato Lima da Silva Barros

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora composta pelos (as)
seguintes professores (as):



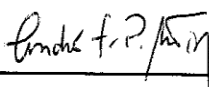
Alexandro Cardoso Tenório, Doutor (Orientador).



Antônio Carlos S. Miranda, Doutor (Co-orientador).



Michael Lee Sundheimer, Doutor (Examinador UFRPE).



André Ferrer Pinto Martins, Doutor (Examinador externo).

Dissertação aprovada no dia 05 / 09 / 2012, no Departamento de Educação da
UFRPE.

Dedicatória

Dedico esta Dissertação a Deus todo poderoso que permitiu que eu realizasse este trabalho com serenidade, prudência e amor (Ágape).

Dedico este trabalho aos milhares de professores de nosso país, que apesar das adversidades enfrentadas diariamente no exercício de sua profissão, continuam acreditando no poder revolucionário da educação.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Alexandre Tenório que com sua ampla experiência intelectual me guiou com ideias, me direcionando nas pesquisas com a indicação de livros, artigos e textos, sendo colaborador muito importante na realização deste trabalho e da minha carreira como educador, tendo paciência para ler e reler o manuscrito, corrigindo meu enferrujado português.

Ao professor Dr. Antônio Carlos S. Miranda meu co-orientador, que muito me ajudou intelectualmente com materiais e conselhos acadêmicos.

Agradeço aos colegas professores que me ajudaram e me incentivaram neste projeto: Adriano Emídio, Enoelino, Leôncio, Mônica, Renata Pires, Alcione, Íris, Luciano Feitosa, Carlos André e Mauro Gomes.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus avós Luiz Pereira e Severina (in memória), aos meus pais Antão e Vera, que com suas palavras sábias e o silêncio souberam me aconselhar, sempre me colocando no caminho da leitura. Agradeço também aos meus irmãos Roberto e Ricardo, aos meus primos André e José Luiz, ao meu filho Renato Barros Filho por me ensinarem a olhar para o mundo sempre com os olhos e o coração abertos: quem disse que o espaço-tempo tem apenas quatro dimensões? A minha esposa Michele Barros, por sua paciência e compreensão durante os dois longos anos em que me ocupei deste projeto.

Renato Barros

“Os céus medi, e agora meço as sombras.

Meu espírito ao céu esteve sempre preso.

E agora preso à terra jaz meu corpo.”

Johannes Kepler

Não devemos exigir que a ciência nos revele a “verdade”. Num sentido corrente, a palavra verdade é uma concepção muito vasta e indefinida. Devemos compreender que só podemos visar à descoberta de realidades relativas.

Albert Einstein

RESUMO

Muitos pesquisadores defendem que a história da ciência pode humanizar os conteúdos científicos e relacioná-los aos interesses éticos, culturais e políticos da sociedade. Todavia, é preciso levar em consideração qual história da ciência, e como, deve ser trabalhada no processo de ensino aprendizagem para atingir os objetivos educacionais. Tomando como recorte da história, o astrônomo alemão Johannes Kepler, através de suas leis este trabalho procurou analisar o potencial da história veiculada em livros didáticos de Física do Ensino Médio do PNLEM, para superar o senso comum da ciência como verdade absoluta, atrelada a um método científico universal, na direção de ciência enquanto construção humana. Em geral as informações históricas contidas nos livros didáticos são superficiais, raramente permitindo a compreensão da complexidade do processo da construção do conhecimento científico, dessa forma contribuindo para visões deformadas da ciência. Observa-se, finalmente, que os autores inserem poucos documentos ou textos originais nos livros didáticos. A inclusão de fontes primárias poderia propiciar discussões mais aprofundadas sobre a elaboração da ciência. Os livros necessitariam incorporar, em seu discurso relativo à história da ciência, informações que favorecessem a compreensão da ciência como um empreendimento humano e coletivo, sujeito a críticas, e que interage com o meio social, abordando determinados episódios da história com maior riqueza de detalhes, através de estudos de caso que possibilitassem discussões mais profundas.

Palavras – chave: História da Ciência, Johannes Kepler, Livros didáticos, Visões sobre Ciência.

ABSTRACT

Many researches argue that the history of science can humanize the scientific content and relate them to the interests of ethical, cultural and political society. However, one must take into consideration that the history of science, and how, should be worked in the teaching learning to achieve education goals. Taking as cropping history, the German astronomer Johannes Kepler, through its laws this study sought to examine the potential of the story conveyed in textbooks of Physics High School of PNLEM, to overcome the common sense of science as absolute truth, tied to a universal scientific method, in the direction of science as a human construction. In general the historical information contained in textbooks are shallow, rarely allowing the understanding of the complexity of the process of the construction of scientific knowledge, thus contributing to distorted views of science. We observe, finally that authors fall short documents or original texts in textbooks. The inclusion of primary sources could provide more in depth discussions on the development of science. The books would need to incorporate in his speech on the history of science, information that would promote the understanding of science as a human endeavor and collective subject to criticism, and that interacts with the social environment, addressing certain episodes of history with greater detail through case studies that would enable deeper discussions.

Keywords: History of Science, Johannes Kepler, Textbooks, Visions of Science.

SUMÁRIO

Introdução	11
Objetivo Geral	14
Objetivos Específicos	14
1. Fundamentação Teórica	15
1.1 Uma definição de Ciência	15
1.2 Novidades Curriculares e HC	16
1.3 A importância da História da Ciência no Ensino	17
1.4 História da Ciência para educadores de Ciência	17
1.5 Algumas razões para estudar História da Ciência	20
2. Localizando Kepler no espaço Intelectual de seu tempo	23
2.1 A ideia de Universo na época de Kepler	23
2.2 O Universo infinito na concepção de Nicolau de Cusa	25
2.3 Copérnico e o sistema heliocêntrico	26
2.4 Anotações e contribuições de Tycho Brahe	30
2.5 Kepler em busca da harmonia dos astros	32
2.6 Kepler um homem bem educado, assumiria a teoria Copernicana	35
2.7 Kepler pronuncia as duas primeiras leis do movimento planetário	45
2.8 A Harmonia do mundo e os últimos momentos de Johannes Kepler	56
3. Metodologia	61
Relação dos livros analisados.....	62
Definição das categorias.....	63
4. Análise dos Livros	67
4.1 Ciência como construção humana nas Coleções 2007 e 2012: evoluções, retroces - sos e persistências.....	106
Considerações Finais	116
Referências	120

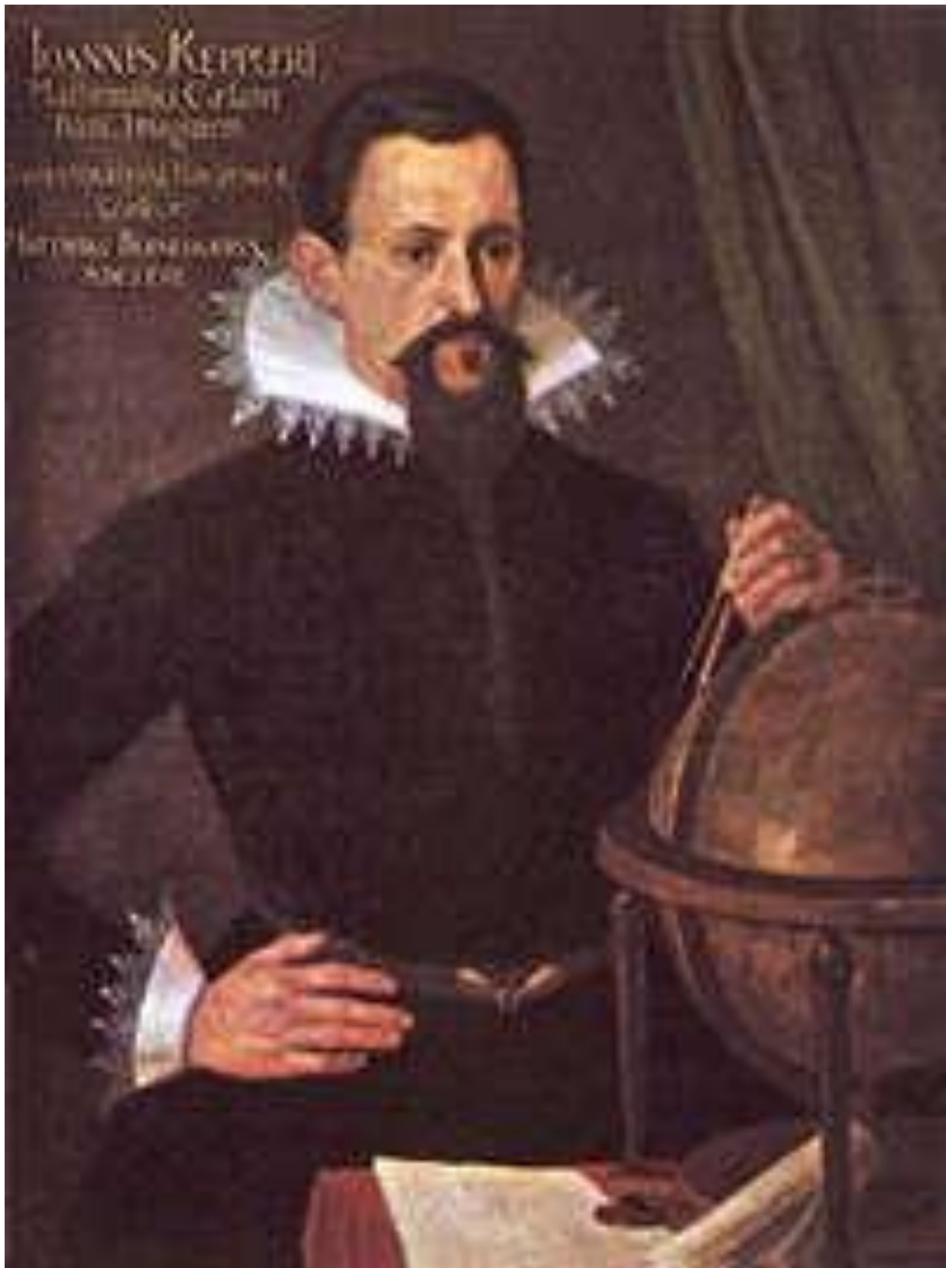


Figura 01: Johannes Kepler

Fonte: educ.fc.ul.pt

Introdução

Entre os recursos didáticos utilizados para se ensinar as ciências em geral, e a Física em particular, há um que é cada vez mais recomendado por seu caráter interdisciplinar e que permite dar uma dimensão mais ampla da educação científica: este recurso é a História da Ciência. Portanto, surgindo à necessidade de discutir o próprio conhecimento científico nas aulas de ciências também como um conteúdo (Barros e Carvalho, 1998). Neste trabalho analisamos como o conhecimento científico está sendo colocado nos livros didáticos do ensino médio, tomando como referencial a história de Johannes Kepler, e através de sua bibliografia, identificar nos materiais didáticos as visões distorcidas da ciência (ahistórica, descontextualizada, elitista e etc.) que por vezes são colocadas no material escolar do ensino médio. Dessa forma, é preferível que a ciência seja tratada como uma edificação humana em constante modificação, e não como algo já acabado.

Neste sentido, a História da Ciência poderia contribuir de maneira significativa para a compreensão do conhecimento científico, permitindo aos estudantes uma postura crítica e que contribui para uma reflexão de algumas opiniões do senso comum sobre superioridade, predestinação, neutralidade e individualismo na ciência. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) a história das ciências tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos. No que diz respeito às competências e habilidades a serem desenvolvidos em Física no Ensino Médio, os PCN's reconhecem a necessidade de uma contextualização sócio-cultural, e, por isso, defendem que esta abordagem deve "reconhecer a Física enquanto construção humana" enfatizando aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.

A opção pelo estudo do livro didático foi feita, por ser ainda a principal fonte de informação na sala de aula. Acreditamos que os computadores juntamente com a web, tornam-se uma grande ajuda para o ensino, mas o livro ainda tem seu valor marcante na sala de aula como fonte de informação e de registro dos conteúdos.

O PNLD (Plano Nacional do Livro Didático) antigo PNLEM, surge com um conjunto maior de componentes curriculares, para melhor avaliar as obras didáticas. Podemos observar, por exemplo, a preocupação do PNLD em buscar, um aperfeiçoamento das obras, trazendo livros mais contextualizados e atualizados. Vejamos:

3.1.4. Correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos.

Respeitando tanto as conquistas científicas das áreas de conhecimento representadas nos componentes curriculares, quanto os princípios de uma adequada transposição didática, foram excluídas as obras que:

1. apresentaram de modo incorreto, descontextualizado ou desatualizado conceitos, informações e procedimentos;
2. utilizaram de modo incorreto, descontextualizado ou desatualizado esses mesmos conceitos e informações, em exercícios, atividades, ilustrações ou imagens. (PNLD, 2012, p.13)

O universo da pesquisa constituiu de livros de Física indicados no PNLD e PNLEM (Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio), dentre os quais a opção de investigação foi apenas os autores que tiveram indicada suas versões de volume único e de três volumes. Como estratégia procurou-se observar a de volume único, com a versão completa de cada autor, na tentativa de se investigar o que foi modificado, as evoluções, as diferenças e o que permaneceu na versão mais condensada, comparada com a mais completa. Numa análise preliminar possibilitou-se constatar que a maioria das obras analisadas tem incorporado apenas poucos aspectos da História da Ciência, sendo mais evidente a presença de biografia e as principais realizações dos cientistas.

A História da Ciência pode ser um componente importante no ensino de Física, dessa forma, vemos uma ciência dinâmica, construída na História e através da História. Afinal, fazer uso da História da Ciência dentro do próprio conceito científico, ou também durante alguma atividade na qual utilize um experimento, porém de uma determinada maneira, dentro de uma abordagem que permita levar em conta as ideias dos estudantes, pois também há de considerar que práticas que apenas seguem um experimento como uma “receita”, não contribuem para uma aprendizagem significativa.

Além destas considerações compreendemos que as ideias prévias dos estudantes, sobre ciência e sua história, também são importantes durante a atividade escolar como ponto de partida para organizar o ensino. Além disso, poderia contribuir para melhorar as aulas, pois essas ideias permitem inserir os conceitos científicos, dentro de uma realidade humana construída, analisando assim aspectos importantes como a não neutralidade do conhecimento científico, os interesses econômicos e políticos, além de valorizar a ciência como já foi dito: *uma construção humana*, mostrando não apenas os aspectos positivos, mas também os equívocos de modo que os estudantes percebam que a ciência não é algo intangível.

Acreditamos que não é suficiente apenas acrescentar as disciplinas de História e Filosofia da Ciência na grade curricular simplesmente para satisfazer uma exigência burocrática, mas como uma necessidade atual de discutir diversos aspectos do conhecimento científico que não podem ficar alheios durante a explicitação dos conceitos científicos. O estudo da história da ciência deve evitar que se adote uma visão ingênua (ou arrogante) da ciência, como sendo a verdade ou aquilo que foi aprovado, alguma coisa de eterno e imutável, construída por gênios que nunca cometem erros.

Logo, desejou-se tomar as Leis de Kepler, no sentido de analisar a ciência transmitida nos livros, como uma construção humana, de constantes descobertas, que a ciência trilha seus caminhos não de forma linear, mais muitas vezes com dificuldades, perseverança e dedicação por parte de algumas pessoas. É através dessas mentes que conseguimos contemplar a beleza da natureza, vendo sua complexidade e ao mesmo tempo sua riqueza de informações; é assim que o todo poderoso Deus fala conosco, através da ciência. E é dessa forma que o aluno deve enxergar a ciência, com uma visão mais crítica, e contemplativa da natureza. Por isso a grande responsabilidade do professor e do livro didático em transmitir a ciência como uma edificação humana.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar o potencial da história da descoberta das Leis de Kepler, veiculada em livros didáticos de Física do Ensino Médio, para superar o senso comum da ciência como verdade absoluta, na direção de ciência enquanto construção humana.

Objetivos Específicos

- Identificar os critérios que permitem classificar a ciência, vinculada em livros didáticos do PNLEM, a partir da descoberta das Leis de Kepler, enquanto construção humana;
- Classificar as visões de ciência, veiculadas no livro didático quando abordam as Leis de Kepler.
- Estabelecer possíveis relações entre as visões da ciência e estratégias de inserção das Leis de Kepler nos livros do PNLD.

1. Fundamentação Teórica

1.1 Uma definição de ciência

O homem movido pela curiosidade e necessidade busca respostas para os fenômenos naturais, dessa forma tenta organizar seus conhecimentos adquiridos para obter explicações para tais fenômenos. Mas será que existe uma forma padrão para adquirir respostas para os fenômenos da natureza?

A ciência construída ao longo do tempo é mostrada através da história, que existiram avanços e recuos, muitas leis que fizeram “sucesso” no passado, foram substituídas e melhoradas, portanto o conhecimento não é adquirido de forma linear e sequencial. No nosso trabalho teremos como exemplo Johannes Kepler, que diversas vezes era obrigado a tomar outro rumo de pesquisa, para melhorar suas respostas. Então a ciência é construída numa incessante busca, não existe um método a ser seguido. As leis e teorias não surgem de uma “receita de bolo”, se assim o fosse seria muito mais fácil para nós chegarmos a determinadas conclusões, como por exemplo: A teoria do Big Bang é verdadeira? Ela consegue responder com segurança como surgiu o universo?

De acordo com Popper a ciência é montada sobre “estacas” e não sobre solo firme, podendo ser mudada e redefinida a qualquer tempo:

A base empírica de uma ciência não repousa sobre um sólido leito pedregoso. A audaciosa estrutura de suas teorias ergue-se como se estivesse sobre um pântano. Ela é como um prédio construído sobre estacas. Estas são impulsionadas para baixo no pântano, mas não para alguma base natural ou “dada”; e se paramos de impulsionar as estacas mais para o fundo não é porque alcançamos solo firme. Nós simplesmente paramos quando ficamos satisfeitos pelas estacas estarem suficientemente firmes para agüentar a estrutura, ao menos por um tempo. (CHALMERS, p.84, apud Popper 1968).

Dessa forma, o conhecimento científico torna-se uma busca constante para obter respostas mais adequadas possíveis, usando um corpo teórico obtido ao longo do tempo, para posteriormente realizarem-se observações.

1.2 Novidades curriculares e História da Ciência

A ciência não pode ser entendida como algo acabado ou terminado, novas teorias surgem, outras desaparecem. Portanto, o ambiente científico sofre influências internas e externas como a política e a cultura de um lugar. Por vezes é preciso analisar os acontecimentos passados, para tentar minimizar alguns “erros” que foram cometidos, dessa forma podemos encontrar outros caminhos, assim o instrumento mais adequado para essa tarefa é a história da ciência (HC).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) existem como uma proposta brasileira incentivadora no ensino da história da ciência, enfatizando a importância que alguns objetivos sejam alcançados, tomando como exemplo a física:

Ao mesmo tempo, a física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da História da humanidade, impregnada de contribuições culturais, econômicas e sociais que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado (PCN, 1999, p.59).

Com esse tipo de orientação dos PCN para a educação no Brasil, há a necessidade de uma formação cada vez mais cidadã, preocupada com aspectos sociais e meio onde o estudante está inserido. Nas palavras dos PCN (ibid., p.9):

Num mundo como o atual, de tão rápidas transformações e de tão difíceis contradições, estar formado para a vida significa mais do que reproduzir dados, denominar classificações ou identificar símbolos. Significa:

- Saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir;
- Enfrentar problemas de diferentes naturezas;
- Participar socialmente, de forma prática e solidária;
- Ser capaz de elaborar críticas ou propostas;
- E, especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado.

Vemos que a responsabilidade do professor torna-se intensa nesse sentido, pois cabe a ele uma grande parcela para a melhoria do ensino, para que seja dinâmico e contextualizado, que acompanhe as mudanças do mundo escolar. Por outro lado, é preciso que a formação dos educadores seja revista, inserindo novos currículos, principalmente cursos de História da Ciência na formação dos professores. Dessa forma, acreditamos que o professor conseguirá despertar o

interesse do aluno se estiver bem preparado, pois como destaca o primeiro ponto citado acima: *1- saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir* dependerá de muita leitura e pesquisa.

1.3 A importância da História da ciência no ensino

A boa formação do professor refletirá na escolha e na criação de materiais melhores, sem dúvida um professor que tenha um bom conhecimento em história da ciência, terá mais facilidade em escolher um livro de maneira mais consciente. A abordagem histórica no ensino implica em dar a conhecer o processo de construção do conhecimento, sendo mais fácil compreender uma ciência enquanto construção humana. O que muitas vezes acontece é a falta de preparação dos educadores nas escolas e academias, somado a falta de tempo para pesquisa, é preciso uma preparação mais cuidadosa no que diz respeito à história da ciência. Segundo Chassot:

Uma adequada alfabetização científica pode acontecer, através da inserção do conhecimento da História da Ciência. Compreende essa, numa situação histórica, como um produto em constante modificação e produzida por pessoas que são influenciadas pela sociedade e pelas situações de sua época. Conhecer a História da Ciência constitui uma forma de produzir a alfabetização científica. Para isso, não deve ser utilizada simplesmente como uma facilitadora do processo de ensino, mas deve ser conhecida pelos educadores. (CHASSOT, 2006, p.145)

1.4 História da Ciência para educadores de Ciência

Um bom professor de uma disciplina científica deve combinar uma competência científica (dominar o conteúdo que vai lecionar) com uma competência didática. A História da Ciência pode contribuir para esses dois aspectos da formação de um professor, de modo significativo. Em primeiro lugar, lembrarmos que a História da Ciência deve ser utilizada no ensino científico. Notamos que usualmente, se introduz no ensino de ciência um pouco de cronologia e de nomes: “Galileu, em 1632 ...”; “as leis da herança foram descobertas por Harvey, no século XVII”. Como diz Martins:

Essa cronologia é pouco informativa e pouco útil. Serve, apenas para que o estudante fique conhecendo os nomes de alguns cientistas famosos e tenha uma idéia sobre as épocas (e sobre as seqüências) de determinadas descobertas; mas não facilita o ensino da própria ciência. (MARTINS, 1990, p.4)

Um segundo aspecto, às vezes explorado, é o das anedotas (reais ou inventadas) sobre cientistas, que servem para amenizar as aulas mais cansativas. Tomemos alguns exemplos: 1- A mãe de Kepler era uma feiticeira perigosa, 2- Newton pensou gravitação observando a queda de uma fruta, 3- Einstein gostava de usar roupas velhas e mostrar a língua para as pessoas, 4- Arquimedes saiu correndo nu pelas ruas de Sicarusa, gritando “heuréka”; e assim por diante.

Esse uso de anedotas também não é muito útil para o ensino de ciências. É melhor, talvez, do que o uso de piadas, como se faz em cursos pré vestibulares, para chamar a atenção dos alunos, acreditamos que poderá proporcionar várias visões distorcidas da ciência e dos cientistas.

Um terceiro uso talvez mais inadequado da História da Ciência é seu uso como forma de convencimento e intimidação, como se a ciência não pudesse em momento algum ser contrariada. A ciência muitas vezes é mostrada como verdade absoluta e não como uma construção humana passível de enganos.

Vejamos alguns exemplos: 1- a lei da gravitação universal é verdadeira porque Newton a descobriu, 2- não há suspeita sobre isso, porque Freud afirmou que o cérebro humano..., e assim por diante. Nesses casos, destaca-se algum nome que ficou na história da ciência para reprimir perguntas, invertendo-se assim a própria natureza do pensamento científico, que longe de se apoiar em nomes de autoridades, procura se baseiar em fatos e argumentos.

Podemos observar que o uso da história da ciência no trabalho do professor, didaticamente falando, tem várias aplicações, dentre as quais: ela pode ser usada para tirar aquela imagem da ciência como um conhecimento só feito por cálculos intermináveis, que poucas pessoas conseguem entender. Em contra partida, o conteúdo histórico, pode auxiliar no estudo da ciência, mais com aspectos sociais, humanos, culturais.

Quando a ciência é mostrada nos livros, e aprendida tomando um aspecto enquanto construção humana, usando a história como instrumento de ensino, facilitará a compreensão dos temas estudados. O leitor, em especial o aluno, terá a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento de tal conceito no seu tempo de criação, levando em consideração todas as influências, que de um modo ou de outro, passaram a existir e que fizeram parte da história naquela época. Pode-se dessa forma, contribuir para dar uma visão mais ampla da ciência e dos cientistas, dando maior motivação ao estudo. Segundo Martins:

Ainda sob o ponto de vista didático, o conhecimento da História da Ciência pode permitir o conhecimento de idéias, temas, problemas, argumentos, exemplos e aparelhos hoje esquecidos e que podem ser extremamente úteis na prática do ensino, fugindo à rotina dos livros texto e enriquecendo as aulas com material que pode ser perfeitamente adequado aos estudantes. No próprio campo de aulas práticas, o estudo histórico é uma maravilhosa fonte de aparelhos e experimentos simples, instrutivos e de fácil improvisação. (MARTINS, 1990, p.4)

Sabemos que muitas vezes a escola não dispõe de um bom laboratório de ciências e informática. A escola fica presa a burocracia dos papéis e não consegue os recursos necessários para colocar em prática os projetos escolares, mas nós professores temos que improvisar, correr atrás de materiais, e até muitas vezes usar da imaginação para dar uma boa aula.

A história da ciência também pode contribuir no sentido de entendermos resultados complexos finais, que aconteceram na natureza. Ao estudarmos a teoria do átomo por exemplo, dificilmente iremos compreender por completo se não investigarmos sua história de formação, seus modelos, as pessoas que participaram do processo teórico. Então a história da ciência neste sentido torna-se um forte instrumento de ensino para auxiliar o professor. Sem a História, não se pode também conhecer o início, a fundamentação da Ciência, que é constituída por certos fatos e argumentos efetivamente observados, propostos e discutidos em certas épocas. Lecionar um resultado sem a sua fundamentação é simplesmente doutrinar e não lecionar ciência.

Para um estudo mais aprofundado da história da ciência, o professor precisa de tempo e dedicação, pois não é algo elementar e fácil de ser adquirido, é necessário absorver e reviver a cultura científica da época, o que também torna-se

indispensável neste sentido é um bom material nas mãos para uma boa pesquisa histórica. Se o educador por exemplo deseja pesquisar sobre a vida de Johannes Kepler, é essencial que busque livros da época, que tenham um bom contexto histórico, logo esta história não poderá ser entendida se lermos só meia dúzia de páginas de um material sem contexto histórico adequado.

1.5 Algumas razões para estudar História da Ciência

No estudo da história da Ciência podemos acompanhar como nascem as leis da natureza, com suas influências históricas, culturais e sociais. A História revela a construção da Ciência, seu processo de criação. Muitas vezes uma teoria, ou uma lei da natureza, pode surgir de forma lenta e progressiva, com ferramentas diferentes em cada época e contexto. A análise da história da ciência nos revela o princípio de criação de cada lei, teoria e conceito.

A ciência não é apenas uma coleção de leis, um catálogo de fatos não-relacionados entre si. É uma criação da mente humana, com seus conceitos e idéias livremente inventadas. As teorias... Tentam formar um quadro da realidade e estabelecer sua conexão com o amplo mundo das impressões sensoriais. Assim, a única justificativa para as nossas estruturas mentais é se e de que maneira as nossas teorias formam tal elo. (GOULART apud EINSTEIN e INFELD, 1976, p. 235).

A ciência é uma busca constante, sendo uma forma que encontramos de representar a natureza. Também não deve ser entendida, que apenas uma parcela de humanos “pode fazer ciência”. Muitas vezes o conhecimento pode surgir através de trocas de ideias entre várias pessoas, que não fazem parte do meio acadêmico. A construção do conhecimento pode surgir, como um conjunto de opiniões de várias pessoas. O importante é enxergarmos a ciência sem uma visão elitista, acreditamos que vale ressaltar a afirmação de Newton a respeito de seu próprio trabalho, feita por escrito em cinco de fevereiro de 1675, e que se eternizou: *Subi nos ombros de gigantes*. (GLEISER, 1997, p.176)

Através desta frase de Newton, podemos ver um exemplo de humildade, que ele reconhece e considera opiniões de pessoas (Galileu e Kepler) que o ajudaram nas suas descobertas. Vemos também neste sentido, que o físico inglês recorreu à

história da ciência para conhecer os obstáculos e problemas científicos de sua época. Portanto, a ciência é uma construção humana, em constante mudança e inovações. Assim temos:

O conhecimento científico, como modelo do real, tem a característica de um permanente devir, um vir a ser, que o torna sempre inacabado, incompleto, descontínuo, a questão da descontinuidade se refere a uma quebra no processo do conhecimento, pois há sempre a possibilidade de uma análise mais recente do mesmo objeto sob um novo e ainda inexplorado ângulo. Em nossa grande história de mistério não há problemas resolvidos e solucionados para sempre (GOULART apud EINSTEIN e INFELD, 1976, p. 39).

Portanto, através de uma investigação histórica podemos perceber quantas mudanças e inovações ocorreram na ciência, ao longo do tempo. Esperamos que se, conhecemos a história, nos preparamos melhor para o futuro. Acreditamos que a linha ahistórica não deve ser seguida pelos professores, dessa forma o professor estará apenas doutrinando, ao invés de ensinar. Passar “fórmulas intermináveis” para os alunos é doutrinador e não ensinar. Por outro lado, quando o professor apresenta o contexto histórico da disciplina, torna-se muito mais fácil e prazeroso, tanto ensinar como aprender.

Por isso o professor deve procurar conhecer os fatos históricos das disciplinas que leciona e da temática que pretende introduzir. É na história do homem que todas as coisas têm obtido seu sentido, pois é preciso que se olhe para a ciência de forma histórica e filosófica; mas também para a história de forma filosófica e científica; e ainda saber enxergar a filosofia de maneira histórica e científica para afinar os instrumentos de que se vale a História da ciência em seu trabalho.

A História da ciência deveria ser incorporada às teorias e especialmente às práticas dos ensinamentos das ciências porque elas não somente humanizam os currículos, mas, poderiam tornar mais explícitos os interesses pessoais, éticos, culturais e políticos que as envolveram em suas construções históricas. (GURGEL apud BERDUQUE, 1997, p.237-238).

Considerando a posição de destaque que o livro didático ocupa em sala de aula, afetada inclusive por interesses editoriais e governamentais, e considerando também o potencial que o uso da História da Ciência possui, é de vital importância verificar a forma pela qual este recurso se manifesta nos livros didáticos e que

visões ou aspectos da ciência têm sido comunicados por estes livros. O uso da história da ciência no material didático deve desmitificar a ciência como uma atividade individual, neutra, linear, cumulativa e descontextualizada.

Além disso, a história da ciência pode funcionar como instrumento e recurso didático, pois pode tornar a aula um ambiente que favoreça a interdisciplinaridade, fazendo com que o aluno desenvolva sua capacidade crítica, quando entra em contato com os fatos históricos, dessa forma o professor não ficará limitado somente ao ensino de nomes, fórmulas e resolução de exercícios.

Por outro lado, inclusão de mais material histórico e filosófico no currículo de ciências é um ponto a ser destacado, pois os educadores podem mostrar sinais de uma má formação profissional para lecionar ciências de forma contextualizada. Sem dúvida que um professor de física, por exemplo, deve ter um conhecimento amplo com informações técnicas (como os cálculos matemáticos), mas ele deve somar a este conhecimento técnico, um conhecimento histórico. Para isso, é preciso tempo e interesse por parte do professor para superar este obstáculo, daí também a importância dos livros passarem adotar com maior frequência, materiais contextualizados e que contenham mais história.

O professor precisa passar a imagem de uma ciência construída, por pessoas que buscam constantemente o conhecimento, que querem interpretar os segredos da natureza, registrá-los e contestá-los. Portanto, a história da ciência serve como um apoio para realizemos essa tarefa, da melhor maneira possível, em busca de novos conhecimentos e novas descobertas.

2. LOCALIZANDO KEPLER NO ESPAÇO INTELECTUAL DE SEU TEMPO.

A ideia da Terra e dos outros planetas peregrinando numa ciranda espacial denominada sistema solar, pode parecer para nós do século XXI algo descomplicado, no entanto não foi sempre assim. Esta ideia que apresenta nosso planeta, na imensidão do Universo, girando em torno do Sol percorreu um longo caminho até se estabelecer. Foi preciso que surgissem algumas pessoas dedicadas e perseverantes como, por exemplo: Ptolomeu, Nicolau Copérnico, Giordano Bruno e em especial Johannes Kepler no qual será o foco principal do nosso trabalho.

Apreciar as principais concepções acerca do Universo, presentes no século XVII, é indispensável para seguirmos na aventura de tentar abarcar as percepções de James A. Connor e Ronaldo Rogério de Freitas Mourão sobre a trajetória intelectual de Kepler. A escolha dessas duas obras se deu pelo motivo de serem importantes literaturas existentes escritas em português, que tratam sobre a biografia de Kepler.

2.1 A ideia de Universo na época de Kepler

No período em que Kepler viveu a ideia em relação ao Universo que predominava era do sistema geocêntrico de Ptolomeu, no qual a Terra ocupava o centro do cosmos. Esta noção, que direcionava muitos homens do ocidente europeu, desde o século II, era mantida por axiomas da física clássica apresentada pelo pensador e filósofo grego Aristóteles.

Aristóteles também estava seguindo uma longa tradição estabelecida pelos pré-socráticos: de que tudo que é pesado cai, e o que é leve sobe, assim como o ar, a água e a terra misturadas numa jarra de vidro acabam se aquietando com a terra no fundo, o ar por cima de tudo e a água no meio. Coisas pesadas se separam das leves, coisas molhadas se separam das secas, coisas quentes, das frias, e coisas claras das escuras. Portanto, disse Aristóteles, a terra tem de estar no centro do universo, pois, como qualquer um pode ver, a terra é pesada e o ar, que se estende em direção ao céu é leve (CONNOR, 2005, p. 76).

Podemos observar que a finitude do Universo é uma característica presente na concepção e visão aristotélica, destacando-se ainda o aspecto imutável da esfera das estrelas fixas, ou seja, além do mundo ser limitado a esta região, esta não

estava sujeita a mudanças. Além disso, na visão de Aristóteles o Cosmos possuía duas partes: a primeira região celeste e a segunda, a região sublunar onde representava todos os lugares naturais dos quatro elementos.

A noção de mundo difundida por Aristóteles, interpretada e transmitida por Ptolomeu, apresentava características que podiam ser percebidas tanto por pessoas estudiosas daquela época, como por leigos. Ainda hoje falamos em nascer e pôr-do-sol, e, esta ideia é estabelecida a partir da nossa observação e percepção, na experiência cotidiana, em relação ao movimento que o corpo celeste faz no céu. É esta questão observacional um dos alicerces que sustentavam o sistema geocêntrico, visto que o Universo aristotélico-ptolomaico contemplava muitos fenômenos observados no firmamento. A imobilidade da Terra e, como aponta James A. Connor, a ideia de que o Universo todo girava em torno dela, parecia algo lógico e natural para os seguidores e discípulos de Ptolomeu.

Colocar a Terra em movimento não parecia uma ideia lógica e pensada para aqueles que entendiam o seu peso e a leveza dos ares. Outro aspecto que fortalecia a ideia geocêntrica está ligado à visão bíblica¹ e teológica, visto que tal ideia, ao localizar a Terra no centro do Universo, reforçava o pensamento teológico da época em que posicionava o homem, imagem e semelhança de Deus, vivendo em um lugar privilegiado da criação divina. Ademais, para os cristãos o lugar onde Jesus havia nascido, vivido, morrido e ascendido ao Pai, era especial.

No entanto, ainda que a cosmologia na visão de Aristóteles em sua essência se diferísse do Cristianismo, a teoria geocêntrica era protegida pela tradição e pelas autoridades oficiais, incluindo as autoridades religiosas. O geocentrismo se sustentava na experiência cotidiana, contudo, o sistema de Ptolomeu não era a única voz que procurava esclarecer o mundo na época de Kepler, e as vozes discordantes do sistema geocêntrico queixavam-se a fim de evidenciar suas falhas.

No período em que Kepler viveu, existiam pelo menos quatro modelos diferentes do cosmo pairando no ambiente intelectual da

¹ Salmo 104(103) versículo 5: “Assentaste a terra sobre suas bases, inabalável para sempre e eternamente;”

época [...] Primeiro, existia o universo oficial, o universo finito, geocêntrico de Aristóteles e Ptolomeu, reiterado por São Tomas de Aquino, teólogo e doutor da Igreja. Depois, havia o universo infinito de Nicholas de Cusa, com Deus no eterno e onipresente centro. Terceiro, existia o cosmo “heliostático” de Copérnico, no qual os planetas, inclusive a Terra, giravam ao redor do Sol, que permanecia fixo no lugar. E, finalmente, existia o modelo ressuscitado por Tycho Brahe, primeiro discutido por Heracleides Ponticus, aluno de Platão, no qual o Sol girava em torno da Terra e os planetas giravam em torno do Sol (CONNOR, 2005, p. 73).

Figura 02 - Representação do Geocentrismo



Fonte: library.kiwix.org

2.2 O Universo infinito na concepção de Nicolau de Cusa

No começo do século XV a noção de que a Terra ocupava o centro do Universo fora questionada pelo cardeal religioso alemão Nicolau de Cusa (1401-1464). Nicolau de Cusa estudou em Deventer, Heidelberg e Pádua, e, inicialmente tinha o sonho de ser advogado ou cientista, consagrando-se posteriormente de forma absoluta ao estudo teológico. Nicolau de Cusa era um homem de comportamento reservado, escolhia momentos muitas vezes de solidão, tendo por objetivos a conciliação e a paz na Igreja. Destaca-se como seus escritos *De Docta Ignorantia*, do século XV, que trata, sobretudo da inexatidão do conhecimento humano. Para Nicolau o ser humano nunca chegaria à verdade absoluta enquanto vivesse na Terra. Na realidade a obra de Nicolau reparte-se em três volumes, o

segundo livro é voltado a tratar-se sobre o Cosmo, e que, paradoxalmente à personalidade conciliatória do autor, confrontava o sistema geocêntrico.

Para Nicolau de Cusa o Cosmo, ou totalidade, é uma parcela da grandiosidade de Deus, para o religioso não poderia haver um ponto fixo e imóvel no centro do mundo, nem tampouco ser a Terra o centro dele (BOEHNER e GILSON 2000, p. 561).

Além disso, ele não acreditava que a esfera das estrelas consideradas fixas fosse o limite do Cosmo, e as ideias defendidas por Cusa era que a Terra fosse um astro como qualquer outro, é essencial destacar que ele deslocava o Sol para o centro do Universo e atribuía à estrela características místicas, onde todo o Universo estava em movimento e o centro do mundo possuía um centro “metafísico”, sendo este centro o poder infinito de Deus.

2.3 Copérnico e o sistema heliocêntrico

O polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), um dos homens mais importantes na vida de Johannes Kepler. Ele o inspirou em muitas ideias, inclusive rumo à formação da teoria heliocêntrica. Nicolau foi um grande estudioso da matemática e também astrônomo, tendo entrado em contato e estudado com Domenico Maria de Novara, um dos grandes críticos do sistema geocêntrico de Ptolomeu. Novara fundamentava-se na filosofia dos antigos pitagóricos para considerar que o Sol estava no centro do Cosmo, e a Terra na visão dele seria um planeta comum como qualquer outro. As ideias de Novara inspiraram os pensamentos de Copérnico que começou a analisá-las e estudar os aspectos problemáticos da teoria geocêntrica de Ptolomeu e a dedicar-se à hipótese de um sistema heliocêntrico.

A princípio Copérnico mostrou-se cauteloso para divulgação de suas ideias e pensamentos, apenas seus amigos mais próximos tiveram acesso a um manuscrito intitulado *De Hypothesibus Motuum Coelestium a se Constitutis Commentariolus*, Comentários sobre as Hipóteses Acerca dos Movimentos Celestes. Em seguida com a divulgação da obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, Das Revoluções das Esferas Celestes, as ideias de Copérnico surgiam de forma mais organizada

descrevendo todos os olhares possíveis sobre os planetas, inclusive a Terra, girando em torno do Sol.

Os pensamentos de Copérnico tinham algumas semelhanças com as ideias de Nicolau de Cusa em relação à centralidade do Sol no Cosmo, mais eram diferentes em alguns pontos como por exemplo: o fato do Sol estar fixo no sistema copernicano; já no pensamento de Nicolau, que era delineado por aspectos teológicos trazia o aspecto de adoração em relação ao Sol, como podemos ver no trecho:

No meio de todos encontra-se o Sol. Ora, quem haveria de colocar neste templo, belo entre os mais belos, um tal luzeiro, em qualquer outro lugar melhor do que aquele de onde ele pode alumiar todas as coisas ao mesmo tempo? Na verdade não sem razão, foi ele chamado o farol do mundo, por uns, e, por outros, a sua mente, chegando alguns a chamar-lhe o seu governador. Trimegisto apelidou-o de deus visível, e Sófocles, em *Electra*, de vigia universal. Realmente o Sol está como que sentado num trono real, governando a sua família de astros que giram à volta dele (COPÉRNICO apud BRAGA et al., 2004, p. 73).

É importante destacar que no período século XV, da vida de Copérnico ele foi afetado pelas navegações e isso mudou e redirecionou o pensamento europeu e conseqüentemente a visão de mundo das pessoas da época. Um ponto importante a ser notado trata-se dos relatos feitos pelos navegadores nesse tempo afirmando através do descobrimento de novas rotas, que a Terra era esférica. Essas observações geraram muitas dúvidas e novos questionamentos a respeito do Cosmos.

Nicolau Copérnico sugeria um modelo de universo que não concordava matematicamente com as teorias aristotélicas e esse ambiente de discordâncias fazia com que surgissem dúvidas em relação ao sistema heliocêntrico proposto pelo polonês. Em contraposição à ideia aristotélica de que o centro do mundo coincidia com o centro da Terra, e este atraía os corpos pesados, Copérnico na época afirmava em forma de sugestão, que a Terra era apenas o centro de sua própria gravidade. Ocorre que este conceito de gravidade aguardaria algum tempo, com Galileu, até se definir mais precisamente, e à sua época Copérnico não conseguiu explicar com clareza o motivo da queda dos corpos, era difícil acolher uma nova física sem se remeter a física aristotélica que justificava diversos fenômenos.

Não só surgiram reações contrárias ao sistema heliocêntrico por parte da igreja, mas também por parte da comunidade científica da época, pelo fato desse modelo apresentar fragilidade dos aspectos físicos e matemáticos que num primeiro momento não se mostrava superior ao sistema geocêntrico.

Copérnico não queria substituir o conhecimento físico que já existia, mas suas ideias consistiam em fazer com que a Terra fosse móvel e deixasse de ser o centro do mundo, tanto é que ele manteve muitas ideias do modelo ptolomaico em seus escritos. O polonês apesar de continuar com a noção de esferas celestes também presente no modelo de Ptolomeu, não discute a questão delas serem reais ou imaginárias, ou o fato do universo ser finito. Contudo, o modelo proposto pelo polonês Nicolau Copérnico defendia além da centralidade do Sol a movimentação da Terra, esse ponto era contrário ao sistema geocêntrico. Ao terminar sua obra, *Commentariolus*, Copérnico afirmava que todo movimento celeste se dava em 34 círculos se opondo as observações de Ptolomeu que dizia que o ideal seriam 80 círculos. (SOARES, 1999, p. 149-150).

Não podemos deixar de comentar que Copérnico defendia a opinião de um Universo com formato esférico, até pelo fato da esfera manter e passar uma noção de perfeição, que na visão de Copérnico estava associada à criação divina. Além dessa visão esférica do universo, estava intrínseco o movimento circular aparentemente perfeito dos corpos que vagavam no firmamento. Observando que desde o início que o Universo é esférico, pois esta forma mais perfeita de todas, transmitia o conceito de perfeição, unidade, complexidade e divindade de Deus. Também porque ela própria seja a mais capaz das figuras e maximamente conveniente para encerrar e conservar todas as coisas; ou até porque as partes mais perfeitas do Universo, isto é, o Sol, a Lua e as estrelas, se apresentam com essa forma e porque todo o Universo tende a ser por ela delimitado. As pessoas viam as gotas de chuva e outros corpos líquidos em sua forma natural, então ninguém poderia pensar noutra forma mais perfeita e sensata aos corpos celestes e ao cosmo.

Copérnico assinalava alguns pontos, que segundo ele tornava o sistema geocêntrico falho e incoerente. O principal ponto fazia referência ao calendário utilizado naquela época, este era originário da reforma romana que, por conseguinte

tinha vindo da cultura egípcia, desde o ano 45 a.C. Nesse processo foram idealizados três anos, cada um com 365 dias e o ano seguinte tendo 366 dias, mas surgiu um problema pelo fato de ocorrer um atraso de 11 segundos em relação ao ciclo efetivo andado pelo Sol. Com isso o calendário aos poucos foi perdendo sua credibilidade. Nesse sentido Copérnico atribuía os erros do calendário à sua adoção e ligação com a teoria geocêntrica.

As ideias sobre o Sol no centro do Universo de Copérnico foram recebidas pelas autoridades religiosas da época, principalmente o papa Clemente VII. Um religioso chamado Nicolau Schonberg cultivou contato com Copérnico através de cartas oferecendo ajuda para publicar suas ideias com o auxílio da Igreja Católica. Ainda que em seguida o livro de Copérnico chegasse a ser coibido pela santa Sé, não existiam muitos religiosos naquela época que fossem contra as ideias do polonês. A de se observar que foram por parte dos protestantes que apareceram as primeiras reações contrárias as opiniões de Copérnico, com destaque para o alemão Martinho Lutero (1483-1546), o mesmo que liderou a reforma protestante. Lutero alegava que Copérnico estava indo contra as sagradas escrituras, precisamente o livro bíblico de Josué (Js 10,13), no trecho em que o profeta paralisa o Sol no firmamento com o objetivo da batalha não ser interrompida e assim conseguir conquistar o território dos filisteus. Lutero dizia: se o profeta parou o Sol, é conclusão que a Terra se movimenta e gira no firmamento. (MOURÃO, 2003, p.66).

Para as pessoas lideradas por Martinho Lutero através da religião, o sistema adotado por Copérnico era contrário às sagradas escrituras, na introdução da obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, o teólogo luterano Andreas Osiander falsificou o escrito original, colocando que Copérnico tinha criado a teoria heliocêntrica apenas para facilitar os cálculos e não se tratava sobre uma verdade sobre o universo (BRAGA, 2004, p. 76).

Graças à curiosidade de Johannes Kepler conseguiu-se identificar que o texto era inautêntico e como veremos no decorrer deste trabalho Copérnico serviu de base para os estudos de Kepler.

Figura 03: O Sistema Solar segundo Copérnico.



Fonte: consciência.org (Google imagens)

2.4 Anotações e contribuições de Tycho Brahe

O dinamarquês Tycho Brahe (1456-1601) viveu na mesma época que Johannes Kepler, ajudando-o bastante em sua caminhada como astrônomo e matemático. Podemos destacar alguns aspectos sobre a vida de Brahe e também em relação ao Cosmo e suas anotações, como aponta Mourão em seu livro que trata sobre Kepler (Mourão, 2008, p.72): Realmente Tycho Brahe era um homem determinado e gostava do que fazia, seu pai tinha o sonho que ele estudasse literatura clássica, mas o destino o levou para o caminho das estrelas, então a vida de Brahe foi marcada por quatro eventos astronômicos. O primeiro foi um eclipse parcial do Sol que viu quando tinha apenas quatorze anos de idade. Esse fato o incentivou muito para a dedicação ao estudo da Astronomia. Nas palavras de Brahe ele diz: “Coisa divina o poder que têm os homens de conhecer os movimentos dos astros, com tão grande precisão, a ponto de serem capazes de prever, com muita antecedência, o lugar e as posições relativas”.

Inclusive tendo adquirido o livro *Almagestum* de Ptolomeu, considerado na época o livro mais completo de observações astronômicas, isso o incentivou ainda mais nos estudos da Astronomia.

Figura 04: Tycho Brahe

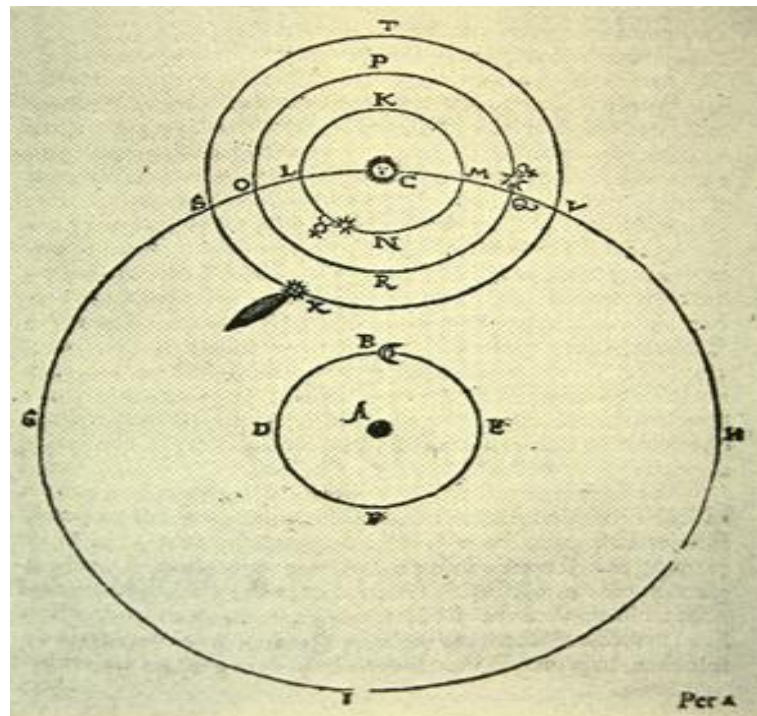


Fonte: soteoria.hd1.com.br

Um segundo fato foi à conjunção de Júpiter e Saturno que Tycho observou aos dezessete anos, essa ocasião foi muito marcante, pois identificou falhas nas tabelas astronômicas da época e, por conseguinte o chamou a atenção que as observações teriam que ser feitas de maneira mais cuidadosa. Portanto, a importância da *observação sistemática* para teste das teorias planetárias, bem como o *aperfeiçoamento dos instrumentos*. E foi partindo desse pensamento que Brahe observaria com mais dedicação o planeta Marte, o que permitiria Kepler a descoberta das Leis dos movimentos planetários.

O terceiro fato marcante na vida de Tycho foi à supernova descoberta na constelação de Cassiopéia em 1572, quando tinha vinte e seis anos, lhe demonstrou ser o céu mutável, em oposição à doutrina básica que limitava a corrupção cósmica à esfera sublunar – crença aristotélica, platônica e cristã, que a nova stella colocou definitivamente por terra. Outro fato que marcou a vida do príncipe das estrelas foi à observação de um cometa em 1577, quando ele tinha trinta e um anos, que lhe permitiu demonstrar que esse astro estava pelo menos seis vezes mais distante da Terra do que a Lua – outro golpe contra as opiniões e concepções aristotélicas, segundo as quais os cometas estavam situados no mundo sublunar, ou seja, abaixo da órbita da Lua.

Figura 05: Representação do sistema de Tycho Brahe.



Fonte: Center of Astrophysics and Space Sciences.

2.5 Kepler em busca da harmonia dos astros

Johannes Kepler era um homem muito persistente, e sua vida pessoal foi marcada por doenças, decepções familiares, mortes na família, mesmo assim teve um papel fascinante em busca de explicações que decifrassem o pensamento de Deus. Além disso, viveu numa época não muito tranquila, uma Europa marcada por conflitos religiosos e disputas políticas. Em meio a esta falta de paz espiritual, Johannes Kepler insistiu em buscar um diálogo entre Deus e o homem através de leis do movimento planetário, leis que representassem a harmonia do mundo.

Também teve a coragem de assumir publicamente suas opiniões a favor da teoria copernicana, ao contrário de Galileu que só fez seu primeiro pronunciamento público em 1613, dezesseis anos mais tarde. Ao longo de todo esse tempo ensinou a Astronomia ptolomaica, repudiando de maneira expressiva a filosofia de Copérnico.

2.5.1 Kepler descreve sua família usando um horóscopo

Conseguimos algumas pistas sobre a família de Kepler ao analisarmos o horóscopo feito por ele próprio. Hoje pensaríamos num jornal cheio de notícias diárias e o horóscopo de cada signo, mas no período em que Kepler viveu a astrologia era considerada ciência e servia para guiar e explicar alguns acontecimentos daquela época século XVII. Mas a intenção desse trabalho não é fazer um estudo sobre astrologia e muito menos sobre horóscopo, o importante nesse instante é destacar como foi dito no início desse texto e podemos observar o horóscopo feito por Johannes Kepler é um documento notável, que descreve os principais membros da família, com descrições de natureza psicológica sobre seus pais, filhos, tios e irmãos.

Connor em seu livro *A bruxa de Kepler* diz que, “o horóscopo de Kepler e suas memórias são os únicos vestígios da sua juventude e vida familiar, e o quadro sombrio que ele pintou ali é bastante preciso de detalhes” (2005, p. 39).

Em 1520 o avô de Kepler saíria do lugar onde havia nascido e moraria em Weil na Suábia, onde trabalhou como vendedor de peles de animais e também era agricultor, assim logo conquistou seu espaço na comunidade onde vivia, devido ao seu modo dedicado de trabalhar. Sobre seu avô Johannes escreveu o seguinte em seu horóscopo:

Meu avô, Sebaldus, foi um burgo mestre da imperial cidade de Weil, onde nasceu em 1521, por volta do dia de São Tiago. Com cerca de 75 anos de idade, além de altivo, vestia-se orgulhosamente. Muito irritável e obstinado, seu retrato era de um homem de passado boêmio, com rosto vermelho e carnudo. Sua barba lhe dava um aspecto autoritário. Apesar da sua ignorância, foi um notável orador. A partir do ano de 1578, começou a sua decadência, social e econômica (MOURÃO, 2008, p. 25).

O bisavô de Kepler fazia parte da corte, mas a partir da geração de seu avô a família que um dia já tinha sido nobre começou a entrar em decadência. Kepler também fala um pouco sobre sua avó dizendo que se tratava de uma mulher inquieta, habilidosa para mentir, apesar de dedicada à religião, sendo por vezes rancorosa e possuidora de uma grande inveja dos outros. Kepler cita seu pai como um homem pecaminoso, inflexível, briguento e que estava com um futuro não muito

bom, Marte e Vênus aumentavam-lhe a maldade, tinha fama de mercenário e aventureiro, que escapou da forca por milagre. Sobre seu pai Kepler diz:

O declínio da maior aproximação de Júpiter fê-lo estudar a ciência da artilharia. Teve numerosos inimigos, um casamento de conflitos. Tinha pouco amor às honras e uma vã esperança nelas. Foi um errante... Em 1577, correu o risco de ser enforcado. Vendeu a casa e começou a trabalhar com uma taverna. Em 1578, a explosão de um jarro de pólvora dilacerou o rosto de meu pai... Em 1589, tratou muito mal minha mãe. Acabou exilando-se e logo morreu (MOURÃO, 2008, p.26).

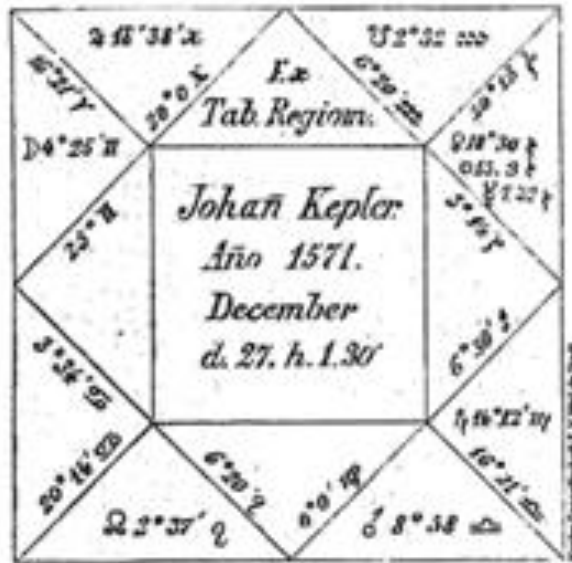
São muitos os segredos sobre a família de Johannes Kepler revelados no horóscopo, com detalhes narrados meticulosamente por ele próprio, inclusive Mourão em seu livro destaca que é muito difícil um historiador ter a chance de entrar em contato com esses escritos.

Podemos concluir ao observar a figura do horóscopo que Kepler fora concebido em 16 de maio, e seu nascimento se deu no dia 27 de Dezembro de 1571, fraco e hipocondríaco, seu nome fora colocado em homenagem ao santo dia, apóstolo João (que significa Johannes) Evangelista. (SCIAM, n°8, 2005, p.7-8).

O desenho que Johannes fez em seu horóscopo é bem triste, com um tom de abandono e solidão, expressando assim seu jeito tímido e mostrando que sua infância não parece ter sido feliz, mas como ele mesmo escreveu em seu horóscopo pode ser somente “uma questão de opinião”.

Visto que Mercúrio afeta a tendência às brincadeiras e à alegria, esta pessoa aprecia o espírito das coisas mais leves. Quando criança, ele se dedicava a brincar; mais velho se divertia com outras coisas e por isso voltou-se para elas; descobrir o que faz uma pessoa feliz, por tanto, continua sendo uma questão de opinião (CONNOR, 2005, p. 46).

Figura 06: Mapa astrológico de Kepler



Fonte: amigodaalma.com.br

2.6 Kepler, um homem bem educado, assumiria a teoria copernicana.

Oriundo de uma família protestante, os momentos de alegria que Kepler teve com sua família eram poucos, igualmente eram também seus irmãos mais novos, de seis irmãos, três morreram no início da vida. Com essa família maltratada pelo destino, a educação acabou por ser a oportunidade para que Kepler pudesse ter um futuro pelo menos mais digno.

Com a mudança de sua família para Leonberg, cidade do ducado de Württemberg, a sorte lhe sorriu pela primeira vez, as autoridades locais haviam idealizado um sistema educativo eficiente para a preparação de religiosos luteranos. Com isso esse sistema também foi estendido para escolas, que se tornou acessível a todas as pessoas da comunidade, inclusive aos menos favorecidos financeiramente. Kepler estudou sua língua pátria, o alemão notado pelos professores como aluno dedicado aos estudos, foi transferido para as aulas de latim. Seu principal professor se chamava Mästlin, homem que o acompanhou por um bom tempo mostrando as primeiras opiniões do geocentrismo e também o heliocentrismo.

O estudo do latim em parte significava estudar os clássicos: Catão, Trechos das cartas de Cícero e as comédias de Terêncio. Todos os dias havia horas dedicadas às orações e ao estudo do catecismo luterano. Aos domingos Kepler ia à igreja com seus colegas de turma e cantava no coro. No terceiro e no quarto ano, os alunos escolhidos pelos professores como prováveis candidatos estudavam para o *Landesexamen*, uma espécie de teste padronizado em Stuttgart. Iam não só com boas notas, mas também com cartas de recomendação tanto do seu pastor como do seu mestre-escola, falando das suas boas qualidades na escrita e na erudição, do seu alto grau de inteligência e seu brilhante caráter cristão (CONNOR, 2005, p. 52).

Kepler era muito dedicado à leitura, suas notas em geral eram excelentes, apesar da saúde sempre debilitada e corpo frágil. De todas as disciplinas Kepler se destacava nas disciplinas de cálculo, principalmente na matemática, isso não o impedia de ler outras literaturas. Ele também gostava de filosofia, chegando a ler diversas obras de Aristóteles. Também se identificava no estudo do grego e hebraico. Além disso, havia ainda a personalidade de seu professor, Mästlin, um dos astrônomos mais célebres de sua época, que o inspirava.

O mestre, amigo e confessor de Johannes, o professor Mästlin, dedicava-se a elaboração de um livro chamado de *Epítome da Astronomia*, livro usado em diversas instituições superiores daquela época. Neste livro o mestre de Kepler, tratava sobre o sistema de mundo segundo Ptolomeu. O interessante é que o professor em suas aulas ensinava e adotava em suas explicações, o mundo segundo Nicolau Copérnico. Acredita-se que esse aspecto tenha influenciado o jovem Johannes, no estudo do heliocentrismo, em que o Sol ocupava o centro do Universo, e assim poder desenvolver um sistema de cálculos mais preciso.

Em Tübingen, enquanto ouvia atento as aulas do famoso Magister Michael Mästlin, vi como havia se tornado inconveniente de muitos modos à noção costumeira da estrutura do universo. Fiquei encantado, portanto, com Copérnico, a quem Mästlin mencionava muitas vezes em suas conversas, e eu não só freqüentemente promovia as suas idéias em debates dos estudantes, mas também escrevia uma cuidadosa discussão concernente à tese de que o primeiro movimento [a revolução da esfera de estrelas fixas] vem da rotação da Terra. Também me pus a trabalhar atribuindo à Terra, com base na física, ou talvez na metafísica, o movimento do Sol cruzando o céu, assim como Copérnico havia feito com base na matemática. Com essa finalidade, reuni pedacinho por pedacinho –

em parte das aulas de Mästlin e em parte das minhas próprias idéias – todas as vantagens matemáticas que Copérnico tem sobre Ptolomeu (CONNOR, 2005, p. 72-73).

2.6.1 Kepler como matemático e professor

O destino fez com que Kepler abandonasse em caráter provisório a imagem de se tornar um pastor e seguir o caminho de Deus, também não lhe passava pela cabeça de ser astrônomo. Com a morte de um professor que lecionava em Graz, o traçado da vida de Johannes iria mudar, ele iria ensinar na Universidade de Tübingen como professor substituto. Em Graz predominava o catolicismo, e Kepler apesar de protestante, soube lidar e conviver muito bem com as autoridades religiosas locais, prova disso, que chegou a ocupar o cargo de matemático provincial. Este cargo era muito importante, pois todo governo queria saber as previsões futuras através dos calendários, dos horóscopos e principalmente dos cálculos que provinham dessas análises; tudo isso era função do matemático provincial. Em suas aulas os alunos não eram incentivados, pois Kepler muitas vezes fazia demonstrações com cálculos complexos, que só ele conseguia compreender, assim como disse Marcelo Gleiser:

“Como tal Kepler tinha que preparar um calendário astrológico anual. Seu primeiro calendário foi um sucesso, prevendo tanto uma frente fria como uma invasão turca. Kepler como professor era um ótimo astrólogo”. (GLEISER, 1997, p.112).

Existiam basicamente duas vertentes de pensamento na época de Kepler, uma liderada pelo fundador do protestantismo, Martinho Lutero pregando a opinião que somente as escrituras podiam explicar os acontecimentos celestes, eram baseados principalmente no salmo 104 das sagradas escrituras. A outra corrente de pensamento estava Philipp Melanchthon, que concordava com Martinho Lutero. Em alguns pontos defendiam que os céus também eram uma maneira de se comunicar com o criador, os astros eram sinais do divino, cada movimento se bem traduzido, poderia dizer algo para nós humanos. Os corpos celestes podiam direcionar nossas decisões e ações, assim Deus nos dizia a verdade. Podemos observar que nesta época havia intenção de separar a Astronomia da Teologia.

Então surge a discussão a respeito da eficiência dos astros em nossa vida, com Martinho Lutero juntamente com a versão teológica vem à predestinação que vai de encontro à versão mulçumana defendendo o livre arbítrio. Já Kepler interrogava-se e até de maneira paradoxal, chegou a discursar criticamente a respeito da astrologia: "Na verdade, com todo o meu conhecimento da astrologia, não sei com suficiente certeza se poderia ousar predizer confiantemente qualquer coisa específica" (Mourão, 2008, p.188). Podemos perceber neste trecho da fala de Kepler uma mistura de religiosidade com ciência, pois movido pelo desejo de conseguir ler o pensamento de Deus através dos astros fazia-se iluminado nessa busca. Além do mais era desconhecido o conceito de hereditariedade, no sentido interferir em algum aspecto da vida de uma pessoa. Então a astrologia era o único meio capaz de dar explicações convincentes a determinadas indagações da época, ou seja, explicações que hoje podemos obter através da Biologia e Psicologia eram dadas pela astrologia.

De que modo o aspecto do céu determina o caráter do homem ao nascer? Age no indivíduo durante a vida da mesma maneira que os laços que o camponês coloca, ao acaso, ao redor das abóboras do campo: não impedem que as abóboras cresçam, mas determina-lhes as formas. O mesmo se pode dizer do céu: não dá ao homem hábitos, história, ventura, filhos, riqueza nem esposa, mas modela a condição (MOURÃO, 2008, p. 188-189).

Podemos observar que na vida de Kepler existiam momentos de interrogações, dúvidas e até mesmo de aflição na busca por explicações sobre a harmonia do mundo. Ele acreditava que Deus não fazia nada plano. Na visão de Kepler a esfera era a figura geométrica de Deus pelo fato de ser perfeita. Existiam várias perguntas ainda sem resposta como, por exemplo: Por que seis, e não três ou dez planetas? Na época de Johannes, ainda não havia sido descoberto Netuno, Urano e Plutão. As pessoas o provocavam com mais perguntas:

- "E onde estão esses planetas, que ninguém vê, caro Kepler?", provocara Koloman, numa visita recente.
- Ah, são pequenos demais para ser vistos", respondera Kepler, desviando o olhar. (GLEISER, 2006, p.83).

Observamos que Kepler procurava uma relação entre o sistema solar e as figuras geométricas, em particular a circunferência. Nas suas aulas sempre buscava

a relação entre as distâncias tomando o Sol como referencial. Na visão do astrônomo alemão, era necessário um Universo encaixável, no qual combinasse com o número de planetas descobertos na época. Então sua primeira tentativa se deu por meio de polígonos, abandonando em seguida e passando a trabalhar com poliedros, assim o número de planetas sendo seis e o número de poliedros sendo cinco, para Kepler o Universo estava em ordem harmônica.

Entretanto, anteriormente a Kepler, ninguém havia se perguntado a respeito do período de revolução dos planetas. Dessa forma, podemos ver a genialidade desse homem, que mais tarde desvendaria este mistério com a descoberta de sua terceira lei do movimento planetário. Depois de dois mil anos, a Astronomia e a Física se encontravam. Connor diz em seu livro que os cinco poliedros fazem parte de um enigma das ciências exatas:

Platão associou esses sólidos aos átomos da natureza, os blocos de construção para tudo. Nisso ele seguiu o filósofo anterior a ele, Empédocles: fogo para o tetraedro, terra para o cubo, ar para o octaedro e água para o icosaedro. O dodecaedro ele associou ao elemento *cosmo*, a matéria de que são feitas as estrelas e os planetas. Seguindo Platão, Kepler pensou ter encontrado outro lugar onde os sólidos apareciam e, visto que Deus nada cria sem um plano, ele acreditou ter descoberto um meio de calcular as distâncias entre os planetas de modo *à priori*, isto é, antes de ocorrer qualquer observação. Os planetas não se encontravam a essas distâncias por acaso; estavam ali por que Deus quis (CONNOR, 2005, p. 92-93).

A astúcia e a coragem de Kepler sempre estiveram presentes em suas pesquisas e seus pensamentos. Cabia ao jovem alemão com apenas 25 anos de idade, mudar um sistema que já duravam quinze séculos, o sistema geocêntrico. Assim, ele acreditava que a ligação dos cinco sólidos com a quantidade de planetas não era uma simples coincidência, mais se tratava de uma dádiva do criador para a descoberta do mistério cosmográfico. Naquela época em 1543, Copérnico havia escrito sua obra a respeito do sistema heliocêntrico, logo depois disso o mundo das pesquisas havia se calado por um período de cinquenta anos, em relação a esse sistema defendido por Copérnico. Só com Kepler esse estudo foi retomado e defendido inclusive publicamente, surgindo assim uma grande obra chamada de Mistério Cosmográfico.

Nessa obra, Kepler propôs nada mais do que estabelecer definitivamente a superioridade do Sistema copernicano sobre todos os outros, mostrando que este era o único sistema capaz de se

ajustar aos arquétipos que Deus havia usado para colocar em ordem o Universo: os cinco poliedros regulares da Geometria, que segundo Kepler estariam associados aos seis planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno) (MOURÃO, 2008, p. 45).

Em comunicação através de cartas com seu mestre Mästlin, Kepler interrogava-o, pedia ajuda, orientação a várias perguntas, uma delas tornava-se importante para aquele momento: Existia alguma força ou essência ou alma animadora que fazia com que os planetas se movessem ao longo do universo?

Para Kepler deveria haver uma força originária do Sol que conduzisse os planetas em suas órbitas. No pensamento kepleriano a força se tornava mais fraca à medida que o planeta se afastasse do Sol, ficando mais forte quando o corpo celeste se aproximasse. Mästlin se mostrava metucioso em relação a essas opiniões e pensamentos de seu discípulo.

No pensamento de Kepler, já existia a ligação entre a Física e a Astronomia, ele seria o responsável por passar de uma astronomia simplesmente *descritiva* para uma astronomia *explicativa*, superaria os astrônomos anteriores à sua época, que se limitavam apenas a uma descrição geométrica, buscaria as causas físicas e naturais dos movimentos dos corpos celestes, e a conclusão dessas indagações seriam argumentos a favor do heliocentrismo.

Pelo fato de Kepler ter admitido que do Sol surgisse uma força responsável pela órbita dos planetas, podemos ver a revelação de uma astronomia kepleriana voltada para experimentação e verificação de hipóteses, formulação de analogias entre o mundo sublunar e o mundo terrestre. Em alguns momentos, admirado com as ideias do magnetismo, considera a Terra, juntamente com o Sol como grandes imãs, e numa de suas cartas a Mästlin, admira o Sol:

De todos os corpos do universo o mais excelente é o sol [...] cuja essência no seu todo nada mais é do que a luz mais pura. Não há estrela maior do que ele; sozinho é o produtor, conservador e aquecedor de todas as coisas. É a fonte de luz, rica em calor fértil, muito claro, límpido e puro à visão. É a origem da visão retratista de todas as cores, embora em si mesmo privado de cor. (CONNOR, 2005, p. 105).

Kepler era um homem religioso, isso fazia com que sempre buscasse explicações teoricamente lógicas em paralelo com explicações teológicas². Na primeira tentativa de usar polígonos, não foi visto uma harmonia por parte do astrônomo alemão, então quando Kepler resolveu usar poliedros, achou que pelo fato de existir a esfera entre as figuras, a solução do problema estava resolvida matematicamente e teologicamente.

Assim a fez colocando alternadamente um poliedro e uma esfera, colocou a órbita de Saturno dentro de um cubo, depois tangente às faces do cubo veio à trajetória de Júpiter, com um tetraedro dentro de uma esfera vinha Marte, seguindo um dodecaedro estava nosso planeta Terra, na órbita terrestre encontrava-se um poliedro com vinte lados, e uma esfera interior a órbita de Vênus, depois colocando um octaedro envolvia-se a órbita de Mercúrio, e para terminar no centro desse complexo esquema montado por Kepler vinha o Sol.

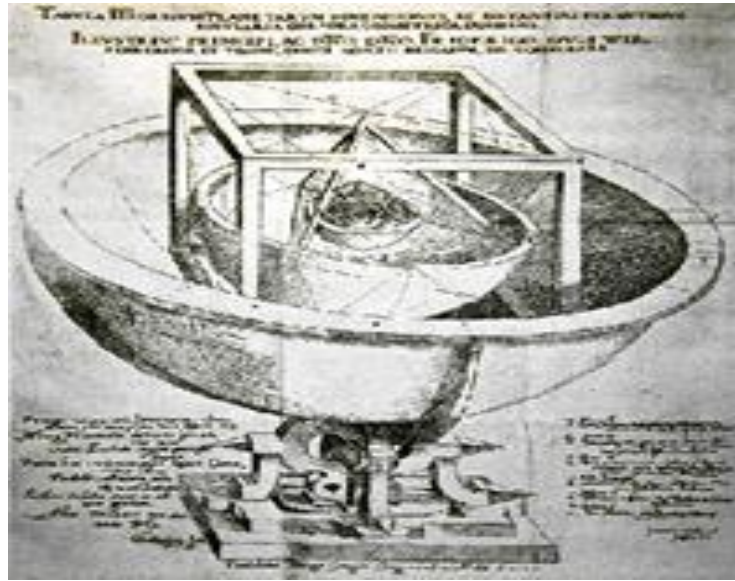
Vemos mais uma vez como Johannes era criativo e buscava incessantemente argumentos para seus cálculos cedidos pelo mestre Tycho Brahe. Numa de suas cartas a Mästlin, Kepler revela um júbilo admitindo ter encontrado a solução do mistério cósmico:

- Deus seja louvado! Após horas e horas de agonia, finalmente encontrei a resposta que procurava, a solução para o mistério cósmico!
- Sim digo que foi milagre, uma revelação de Deus a este humilde servo. Existem apenas cinco sólidos perfeitos. Portanto, apenas seis esferas podem ser interpoladas entre eles: esfera- sólido-esfera-sólido etc., começando pela de Mercúrio, a mais próxima do Sol. A conclusão era inevitável: o número de planetas é consequência do número sólidos perfeitos! Qual outro arranjo poderia ser mais harmonioso? (GLEISER, 2006, p.85-86).

Não faltaram pessoas para aconselharem Kepler para ter mais prudências em seus pensamentos, mas sua coragem falou mais alto, então ele iria publicá-las na sua obra chamada de *O mistério*.

² Kepler acreditava que explicações sobre a natureza, seria o mesmo em ler os pensamentos de Deus. Connor destaca em seu livro a fala de Kepler contemplando a natureza: “Quando contemplo os céus, obra dos teus dedos, a lua e as estrelas que estabeleceste...” (salmo 8) (CONNOR, 2005, p.100).

Figura 07: Taça de Kepler.



Fonte: consciencia.org (Google imagens)

Apesar de boas intenções em relação à geometria aplicada por Kepler, se tornara muito burocrática e complexa, além disso, não tinha ainda conseguido provar efetivamente o funcionamento da engrenagem de uma espécie de “taça” criada por ele. Essa taça tentava reproduzir o sistema cosmológico, mas não houve interesse por parte de Frederico I e de seu Mestre Mastlin. Logo o projeto da taça foi abandonado dois anos depois de sua idealização. Kepler viveu um período difícil antes da divulgação de sua obra *Mistério Cosmográfico*, começando pelo casamento com uma jovem que já tinha sido viúva duas vezes, o pai da moça era rico e não queria o casamento, Kepler ganhado pouco como professor, conseguiu a confiança aos poucos e terminou casando com a tal moça.

Realmente Kepler tinha nascido para a ciência, para servir a humanidade com sua inteligência. O destino não o queria como pastor luterano, pois assim ele haveria de ficar preso na cidade de Graz, também cuidando do comércio de sua família. Além disso, com a Guerra dos Trinta Anos, conflito que existiu na Alemanha a princípio religioso, depois se tornou um conflito político entre Rússia, Turquia e Inglaterra, ou seja, a Europa acabou se transformado num mau lugar para viver. Passando por tudo isso, Kepler juntamente com sua família resolve deixar Graz, nisso se passaram dois longos anos. Neste mesmo período Kepler tinha perdido dois filhos, realmente não foi uma fase boa para o astrônomo alemão, pois para

piorar ainda mais a situação, através do arquiduque Ferdinando foi iniciado o movimento chamado de Contra Reforma. Movimento que foi criado pela Igreja Católica Apostólica Romana, para dar vida nova a Igreja, ou seja, para fortalecer suas bases que estavam sendo ameaçadas pelo Protestantismo. Sendo de origem protestante, Kepler se resguardou e preferiu ficar mais cauteloso por um tempo.

Depois desse período agitado, Kepler novamente começa a olhar para sua primeira obra *Mysterium Cosmographicum* que teve uma divulgação tímida, não passando sequer da Alemanha. Ainda no reflexo do clima agitado pelos acontecimentos anteriores, muitos matemáticos da época optaram em permanecer calados com medo, alguns admiravam a habilidade matemática de Kepler em seu trabalho, outros possuíam opiniões fragmentadas aderindo apenas alguns pontos da obra. Assim as opiniões eram divididas, mesmo assim Kepler foi à busca de mais opiniões chegando a ter várias comunicações com Galileu e Tycho Brahe.

Galileu que posteriormente iria ser intimado pela igreja Católica, na época o elogiou em segredo pelas suas convicções copernicanas, foi então que o príncipe da Astronomia, Tycho Brahe, iria convidar Kepler para morar em Praga e fazer parte de sua equipe de pesquisa. Brahe acabou virando um conselheiro de Kepler, inclusive no início das pesquisas de Johannes, recebeu conselhos para verificar melhor os dados conseguidos. Então, Kepler já tinha sua opinião formada em relação à ordem a ser seguida, ou seja, queria antes de observar os fatos, calcular os dados. Mas por uma questão de consideração e ao respeito que tinha pelo mentor Brahe, resolveu seguir seus conselhos. Vemos neste caso uma ciência construída conjuntamente em ideias e pensamentos, não uma ciência criada de forma linear e solitária. Além do mais, Brahe era mestre na observação e Kepler, devido a sua miopia, consequência de sua varíola adquirida na infância, se tornara um bom astrônomo teórico.

Através da relação histórica entre Johannes e Brahe, podemos perceber que a ciência ocorre num processo muitas vezes lento, gradativo de desenvolvimento de conceitos, até se chegar as concepções aceitas atualmente, o que facilita o aprendizado do educando, que poderá perceber que suas dúvidas são pertinentes ao conceito em questão.

A ciência construída de forma humana, mostrando seu processo histórico, gradativo torna-se muito mais fácil e emocionante de aprender, nos livros didáticos. São sempre importantes que sejam observados esses aspectos, pois uma ciência não é feita por poucos que têm capacidades extraordinárias. Os cientistas do passado também cometiam erros e precisavam um dos outros. Quando Kepler manteve contato com Tycho Brahe eles se completavam em suas capacidades, assim Kepler idealizaria suas três leis do movimento planetário e chegou a afirmar:

“Calemo-nos e escutemos Tycho Brahe, que dedicou às observações trinta e cinco anos... Somente por Tycho Brahe é quem espero; ele me explicará a ordem e a disposição das órbitas... Espero, então, um dia, se Deus me der vida, erguer um admirável edifício”. (MOURÃO, 2008, p.69-70).

*Figura 08: Ilustração de Kepler ao lado do globo que representava o sistema de mundo proposto na obra *Mysterium Cosmographicum*.*



Fonte: ETSU. Acesso em: 29 jun. 2010.

2.7 Kepler pronuncia as duas primeiras leis do movimento planetário

É muito interessante notarmos como o destino trabalhou de tal modo que Johannes Kepler não permanecesse num só lugar. A comunidade luterana de Graz, onde viveu Kepler foi perseguida por católicos, em seguida banida. Kepler teve de escolher entre sua fé e a sua posição. E finalmente banido com elas, surge então à oferta de emprego dado por Tycho Brahe, assim Johannes se muda com sua família para Praga, cidade cheia de magia e intrigas políticas, mas é neste local que Kepler escreva sua obra chamada *Astronomia Nova*.

A ciência não pode ser mostrada nos livros de maneira isolada, ou seja, sem sofrer influências culturais, políticas e sociais, afinal de contas todos esses acontecimentos e aspectos atingem também a vida dos cientistas, filósofos, matemáticos e astrônomos. Com Kepler não foi diferente, claro que de certa forma, as situações vividas por Kepler naquela época, eram diferentes das de hoje, pelo menos se observarmos o contexto como por exemplo: a questão vivida por sua mãe, acusada de bruxa, e também os partidos religiosos que são diferentes dos de hoje. Essas situações atrasaram suas descobertas e seus estudos, ou também podemos considerar que existiam fatores que ajudaram nas suas conclusões e pesquisas, então a ciência não se desenvolve de forma contínua, mas de modo progressivo e às vezes regressivo.

O relacionamento de Tycho com Kepler não foi tão amigável como trazem alguns livros textos. Kepler no intuito de divulgar sua obra *Mysterium*, enviou uma cópia a Ursus, então matemático imperial em Praga, o elogiando como príncipe dos matemáticos, claro que Kepler não sabia da disputa entre Ursus e Tycho Brahe. Este ficou sabendo do elogio de Kepler e considerou como uma traição por parte do astrônomo alemão. Logo após a morte de Ursus, Tycho Brahe obrigou Kepler a escrever uma carta pedindo desculpas a ele, e desmentindo o elogio que tinha sido feito no passado, pois Tycho Brahe sabia que o astrônomo alemão seria muito importante nas suas descobertas futuras.

Mas existiram outros momentos com discórdias entre os dois, Kepler tinha redigido outra carta reclamando das condições do castelo, por motivo do constante

barulho proveniente das várias festas oferecidas por Brahe. A falta de privacidade, pouca higiene e, além disso, baixo salário. Tycho tomou conhecimento dessa carta e ficou muito chateado, mas apesar das várias desavenças, os interesses recíprocos levaram a conciliação destes dois astrônomos de temperamentos ásperos, pois vale novamente ressaltar, para Brahe, Kepler era o único astrônomo capaz de dar consistência às suas observações, e por outro lado, como já vimos, Kepler necessitava das observações de Tycho para edificar suas teorias.

Após esses acontecimentos, as coisas melhoraram para Kepler, através de um pedido feito por Brahe ao Imperador Rodolfo II. Kepler passou a fazer parte do reino, com a função de colaborar na construção de uma tabela que se chamaria Tabelas Rodolfinas. Na época seria considerada a tabela astronômica mais completa, mas não podemos deixar de citar as tabelas Prutênicas que foram as primeiras a fazerem referência ao heliocentrismo. Com a elaboração das tabelas Rodolfinas tudo mudou, pois sua publicação pode ser considerada como o coroamento da obra de Kepler e de Tycho Brahe, pois elas dominaram todo o século XVII. Tycho Brahe era um astrônomo observador, enquanto Kepler devido a sua doença estabelecida na infância se tornara um ótimo astrônomo teórico, não havia outra pessoa mais indicada para que Brahe confiasse seus dados e observações tão importantes que ele guardava a sete chaves. O astrônomo e grande senhor acreditava que somente Johannes Kepler, seria capaz de provar suas teorias e no seu leito de morte, tomado por um delírio febril, ele pedia a Kepler:

Na última noite, no seu delírio onde tudo era muito agradável, como um compositor criando uma canção, Brahe repetia sempre estas palavras: "Faça com que minha vida não tenha sido em vão. Faça com que minha vida não tenha sido em vão...". (CONNOR, 2005, p.160).

É muito importante que o material didático verifique esse aspecto citado acima, vindo a destacar que a ciência não é só baseada simplesmente em observações sem um corpo teórico. Tycho Brahe com suas observações precisava de Johannes Kepler com sua teoria. Assim a observação e a experimentação científica devem aparecer também acompanhadas de um corpo de conhecimento, pois uma ciência mostrada nesse sentido, sem um corpo teórico, transmitirá uma visão deformada do conhecimento científico, como diria Cachapuz, visão ateórica:

“A observação está carregada de teoria” e ainda digo “a observação e a experimentação científica estão carregadas de uma competência prática prévia”. (CACHAPUZ, 2005, p.47)

Quando Tycho Brahe em seu leito de morte pronunciou aquela frase: “*Faça com que minha vida não tenha sido em vão*”, com certeza tinha pedido a Johannes Kepler que não abandonasse por completo todo o seu esforço, contido naquelas observações, ou seja, que não enveredasse por completo nas sugestões copernicanas, pois existiam algumas diferenças entre os dois modelos. A principal delas era que no modelo de Tycho as esferas celestes não podiam ser reais, elas não podiam existir, em contra partida o modelo copernicano essas esferas celestes eram reais.

Tycho não gostava do modelo heliocêntrico de Copérnico. Como ele não conseguiu detectar a paralaxe estelar, acreditava que a Terra tinha que estar imóvel no centro do cosmo. E mais: ele também não gostava do sistema copernicano por motivos religiosos, já que este contrariava a Bíblia. (GLEISER, 2001, p.121)

Escutando o último pedido de Brahe, Kepler teria a missão de tirar o maior proveito possível desses dados. A vida e o destino estavam a favor de Johannes. Dois dias após a morte de Brahe, Kepler conseguiu chegar ao cargo de matemático imperial. Foi assim que um menino pobre, filho de um herege e de uma curandeira entrou para a Corte Imperial de Praga. Apesar das dificuldades enfrentadas com sua esposa Bárbara que não aceitava e não entendia seu trabalho, esse período como matemático imperial foi bom para Kepler e para seus estudos, pois chegou inventar dois ramos científicos, a Óptica instrumental e Astronomia Física.

Quando falamos em Óptica e Gravitação, facilmente nos vem à mente a figura de Newton e Galileu, nos livros e materiais didáticos. E ainda acontece de não fazermos referência ao fundamento e a origem das descobertas. Ou seja, para sermos mais simpáticos, “*a história da ciência não é mencionada*”. O ideal seria falar um pouco como tudo começou, citando seus personagens e pessoas, que de um modo ou de outro, colaboraram com criação de determinado conceito. Difícilmente observamos nos livros a citação de cientistas considerados “menos importantes” em determinado assunto, podemos usar como exemplo o próprio Kepler, que possui um bom trabalho na óptica, e não o temos como referência, a não ser Newton. O próprio Newton com sua sabedoria falou naquela época que não podemos deixar para a trás

uma História da Ciência criada, e muito menos as pessoas que fizeram parte dessa História. Na voz de Newton: “Se enxerguei mais longe, é porque subi nos ombros de gigantes”, ele reconhece a participação importante de Johannes Kepler em suas descobertas. Assim apesar de Kepler ter vivido um tempo atrás de Newton, este através de seus predecessores tinha a oportunidade de ficar sabendo dos problemas e obstáculos enfrentados pela ciência no passado, e a História da Ciência tem essa função muito importante que não pode deixar de ser mencionada no material didático.

Assim Kepler não só se destacou na Astronomia, para sermos mais didáticos, não só na Gravitação, como vem mencionado em alguns livros, ele trabalhou na parte da Óptica e pode ser considerado o primeiro astrofísico da História, pois foi ele o responsável, em ligar a Física e a Astronomia. Na parte óptica foi de fundamental seu estudo, porque explicou muitos acontecimentos que antes não tinham uma explicação concreta, como por exemplo, o fato de a Lua e Sol aparentarem serem maiores quando avistados no horizonte.

A ansiedade de Johannes Kepler pelo enigma do pensamento divino falava mais forte, e ainda tinha-se muito a fazer e a descobrir. Então foi na sua obra chamada *Astronomia Nova* que o astrônomo alemão enunciou suas duas primeiras leis. Para chegar às suas leis havia um longo caminho a ser percorrido, pois Kepler apesar de não ter nas mãos o cálculo integral que temos hoje, possuía hipóteses para tratar do movimento de Marte, afinal ele havia prometido a Tycho Brahe em seu leito de morte. Havia as ideias de Ptolomeu, de Copérnico, do próprio Tycho e suas próprias, então quatro pessoas falando de um mesmo assunto de modos diferentes.

Eram muitas observações para Kepler analisá-las e tirar conclusões. Dessa forma, podemos observar que os fatos históricos podem ser utilizados como dispositivos didáticos úteis, porque a partir de episódios históricos, o processo gradativo e lento de construção do conhecimento vai possibilitar ao aluno obter uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos e suas limitações.

Então Johannes Kepler com sua intuição matemática e dados anteriores resolveu introduzir três inovações totalmente revolucionárias, em sua grande obra *Astronomia Nova*. Kepler lançava uma ideia muito importante, afirmando que no

centro do sistema do mundo encontrava-se o Sol, e a partir dele tinha origem uma *força* responsável por todo movimento dos planetas. O astrônomo alemão com essa afirmação tinha discordado de Copérnico que afirmava que o Sol não estava exatamente no centro do sistema, mas num equante que era um ponto próximo do centro.

Seriam muitas indagações, e a principal delas no momento que incomodava Kepler era a seguinte: Porque os planetas giravam em equantes, se a força responsável pelos seus movimentos provinha do Sol? Kepler a princípio tinha uma resposta, dizia que existiam duas forças: a do Sol, e que cada planeta possuía sua própria força. Podemos observar a primeira intenção de Kepler em introduzir a Física para dar explicações aos fenômenos e as suas observações. Sabemos que mais tarde Newton iria explicar com mais precisão na gravitação e na inércia.

A segunda inovação trilhava bons caminhos para descoberta das suas duas primeiras leis, pois afirmava que as órbitas de todos os planetas encontravam-se aproximadamente num mesmo plano que continha o Sol. E a terceira inovação foi de encontro à tradicional opinião do movimento uniforme e circular perfeito dos planetas, pois o círculo era considerado uma verdade e criação divina, apesar de ter eliminado o movimento uniforme. Johannes Kepler provisoriamente não abandonou o movimento circular, pois ao recusar o dogma do movimento uniforme, além de dispensar os epiciclos introduzidos por Copérnico, voltou ao equante que mais tarde serviria para o estudo do planeta Marte.

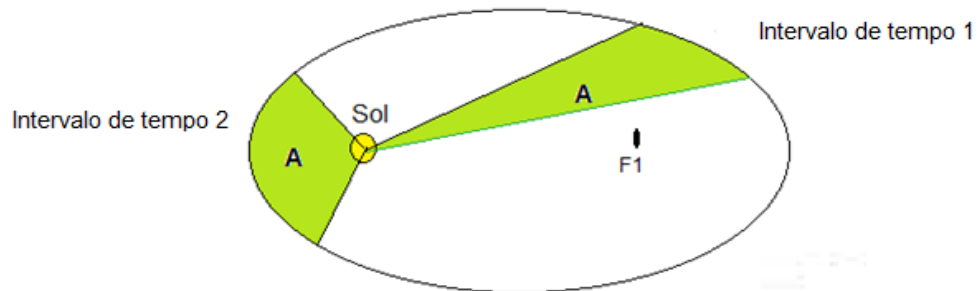
Essas três inovações: I - o deslocamento do centro do sistema para o Sol, II - os planetas descrevendo suas órbitas aproximadamente num mesmo plano, sem oscilarem no espaço e III - o abandono da ideia de movimento uniforme, além de eliminarem diversos círculos que vinham dificultando o progresso das ideias cosmológicas desde Ptolomeu, transformava do sistema de Copérnico em algo complexo, mas mesmo assim, permitiram a Johannes Kepler o sucesso que tornou possível compreender o movimento planetário. Dessa forma, simplificava de maneira considerável o entendimento dos movimentos dos planetas. Assim antes para explicar o movimento de Marte, eram necessários no mínimo cinco epiciclos ou rodas auxiliares; após as inovações, bastava um único círculo excêntrico, se considerada a sua órbita como circular.

Foi preciso que Kepler avaliasse teorias passadas, eliminando e às vezes criando artifícios teóricos para que assim, pudesse chegar a uma conclusão. A ciência é construída de modo histórico, falível, coletivo, contextualizado e não rígido. Histórico porque foi preciso trilhar caminhos observando o passado para projetar o futuro. Falível, pois houve erros, momentos duvidosos e difíceis. Coletivo no sentido de que a ciência não é feita por uma única pessoa, mas pela contribuição de várias mentes pensantes. Assim o contexto também faz parte desse universo de participação, pois existem influências culturais, sociais e políticas. É dessa forma que a ciência é construída, de modo contextualizado, não rígido, e em constante mudança em busca de verdades, representando a linguagem da natureza.

A partir de suas três inovações Johannes Kepler em sua obra *Astronomia Nova*, faria um relato de uma batalha campal, que ele mesmo travaria durante anos por meio de intermináveis horas de cálculo, e iria definir suas duas primeiras leis. Nesta obra ele também consegue notar um erro de oito minutos na órbita de Marte, que haviam sido registrados no *Mysterium Cosmographicum*, assim Kepler descobriu primeiro a lei que pedagogicamente nos livros didáticos chamam de Segunda Lei dos Movimentos Planetários, que fala que “o raio vetor que une o Sol a um planeta percorre superfícies iguais em tempos iguais”.

Poderíamos refletir neste caso, porque os livros trazem dessa forma, mostrando que a ciência surge de modo linear, sequencial, o fato de apresentar a primeira Lei como sendo a segunda. Pedagogicamente torna-se confortável para o professor e para o ensino, mas historicamente falando pode trazer prejuízos para o aluno e para o professor enxergar a ciência de modo real, de como realmente acontecem às descobertas, com dificuldades, erros e acertos, pois os cientistas do passado também erravam e eram humanos, portanto passavam por momentos de dúvidas.

Figura 09: Segunda Lei de Johannes Kepler



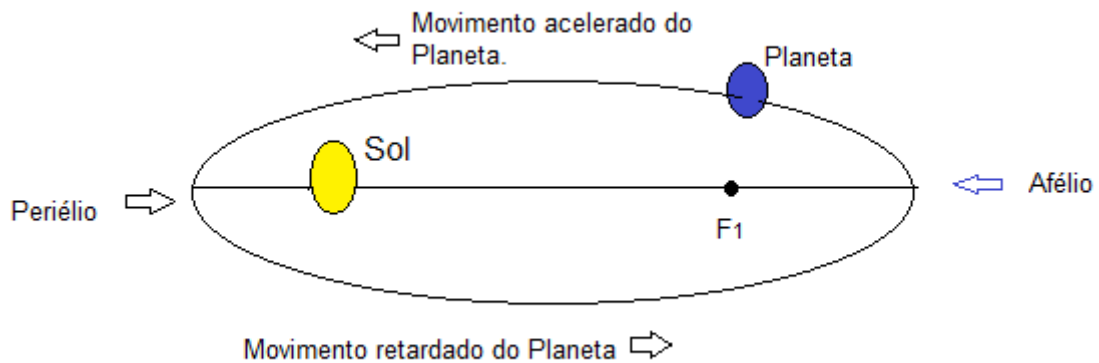
Fonte: mundoeducacao.uol.com.br

Dessa forma, depois de estabelecer a lei que relacionava as variações da velocidade ao longo da órbita, faltava determinar a forma da própria órbita. Depois de infinitos cálculos, testando como exemplo a órbita de Marte, Kepler havia usado círculos. Num período de dois anos, ele chegou a identificar um erro de oito minutos, assim tentaria refazer seus cálculos com outra forma para as órbitas. Como afirma Mourão:

“A solução deve estar entre a forma oval e a circular como se a órbita de Marte fosse uma elipse perfeita. Mas em relação a isso até agora nada questione!”. O mais incrível é que em seus cálculos usou elipses como instrumento auxiliar na determinação da órbita ovalada. (MOURÃO, 2008, p.127).

Na realidade, Kepler não tinha ainda percebido que a equação definia a órbita de Marte como uma elipse. Como não fosse capaz de identificá-la, abandonou-a, e iniciou uma construção pelo método geométrico. O resultado da trajetória traçada geometricamente coincidiu com o de uma elipse, assim com a ajuda de seus cálculos, com horas de estudo e dedicação, concluiu que Marte descrevia uma elipse na qual o Sol ocupava um dos focos, assim estava descoberta a segunda Lei, que pedagogicamente a chamamos de primeira Lei de Kepler ou Lei dos Focos.

Figura 10: Primeira Lei de Johannes Kepler



Fonte: sofisica.com.br

Para chegar a essas conclusões, Johannes Kepler teve de romper com muitas tradições, em primeiro lugar com a opinião de que os planetas traçavam elipses e não círculos perfeitos com movimento uniforme. A ciência não acontece de modo atemporal, se na época de Kepler existiam conflitos políticos e religiosos, é bem verdade que esses fatos tenham influenciado pelo menos no tempo de suas descobertas. Um bom livro didático deve levar esses fatos importantes em consideração. Assim o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012 destaca em suas análises:

A História da Ciência é referenciada em diversas passagens, relacionada aos conteúdos que estão sendo abordados, embora com ênfase em notas biográficas dos cientistas envolvidos com esses conteúdos. Apesar de a leitura das seções que abordam a História da Ciência ser incentivada, esse aspecto é pouco explorado didaticamente, em função de um tratamento algumas vezes superficial das questões históricas e epistemológicas. Assim, as referências históricas, muitas vezes, deixam de apresentar os contextos de produção do conhecimento científico em suas dimensões política, econômica, social e cultural. (PNLD, 2012, p.35)

Os momentos que são vividos pela ciência, até as descobertas das leis e teorias devem ser mencionados no material didático, pois dessa forma trazem uma visão de experimentação afinada com uma perspectiva investigativa, mediante a qual os estudantes e professores são levados a pensar a ciência como um campo de construção de conhecimento, onde se articulam, permanentemente, teoria e observação, pensamento e linguagem. Nesse sentido, é absolutamente necessário que a obra, em todo o seu conteúdo, seja permeada pela apresentação

contextualizada de situações-problema, que fomentem a compreensão de fenômenos naturais, bem como a construção de argumentações. No entanto se o livro traz apenas fórmulas, à utilização dessa linguagem deve ser feita de modo que à compreensão dos fenômenos físicos não fiquem aparentemente reduzidos à própria compreensão dos formalismos matemáticos associados a esses fenômenos.

Quando o PNLD cita seus critérios eliminatórios específicos para o componente curricular Física, no âmbito do PNLD 2012 diz em seus pontos 12 e 13:

12. Evita apresentar fórmulas matemáticas como resultados prontos e acabados, sem trazer deduções explícitas, quando forem pertinentes e cabíveis, ainda que na forma de itens complementares ou suplementares ao texto principal;

13. Apresenta 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; (PNLD, 2012, p.16).

A citação do PNLD no que se refere a evitar a apresentação de fórmulas matemáticas como resultados prontos e acabados, sem trazer deduções explícitas, valoriza a ciência enquanto construção humana, pois quando no material didático observa-se uma visão puramente algorítmica da ciência, como bem cita Cachapuz, temos uma possível visão deformada da ciência e tecnologia. (CACHAPUZ, 2005, p.39).

A relevância da *Astronomia Nova* pode ser compreendida como sendo o rompimento com a tradição antiga, ou seja, além de introduzir conhecimentos físicos, Kepler inovou a linguagem da Astronomia escrita há um tempo atrás. Por exemplo, há diferença no *Almagestum* de Ptolomeu, *De Revolutionibus* de Copérnico, para os textos escritos por Tycho Brahe e Kepler, pois o estilo de escrever, desses dois últimos, difere totalmente das obras clássicas antigas. Jamais uma obra de astronomia recebeu um título tão significativo como aquele de Johannes Kepler sobre Marte: *Astronomia Nova*. Esta obra é escrita na forma de um relato histórico da guerra travada por Kepler contra Marte.

Apesar de seu estudo ter começado por Marte, as duas leis apresentadas nesta obra, são válidas para os demais planetas, conseguindo com sucesso explicar o problema da forma do percurso, e também da variação da velocidade dos planetas em torno do Sol. Assim Kepler conseguiu uma reformulação completa nos princípios e nos métodos da Astronomia através da *Astronomia Nova*, por isso pode ser considerada também um tratado metodológico, pois irá mudar a maneira de observar os fenômenos astronômicos. Mourão destaca a importância dessa mudança com a obra de Kepler:

No caso das observações de Tycho Brahe, era mesmo inadmissível. Era necessário descobrir o seu significado. Kepler explicou que a hipótese dos poliedros regulares (e indiretamente das órbitas circulares) era falsa e devia ser abandonada. Logo em seguida no capítulo dezenove, após agradecer “a bondade divina por ter colocado à sua disposição as observações de Tycho Brahe”, Kepler concluiu que “esses oito minutos sugerem um novo caminho para uma completa reforma da astronomia” (MOURÃO, 2008, p.121).

Em *Astronomia Nova*, Kepler finalmente coloca o Sol no centro do universo, o Sol é a fonte de toda energia e força, que fazia acontecer todos os movimentos planetários. Mas não era simplesmente um sistema heliocêntrico, pelo fato de Kepler ser um homem temente a Deus e muito religioso, o sistema também era teocêntrico. O Sol era o trono de Deus onde deste permeava todo o seu poder através do sistema solar.

Podemos notar que além de uma função matemática, pois todos os planetas dependiam do Sol para configurar suas órbitas, o Sol tinha para Kepler um sentido físico porque garantia o movimento do cosmo, e metafísico, pois era o templo de Deus. Kepler além de muito dedicado e inteligente, era também criativo. Depois de Kepler ter descoberto suas duas primeiras leis, sua vida novamente entra num período de sofrimento e decepções, seu filho querido morre e no ano seguinte em 1612 morre sua esposa. Sua cidade natal Praga, entra conflito político e religioso, pois seria palco da Guerra dos Trinta Anos. Kepler vai para Linz na Áustria vivendo por lá os próximos catorze anos, buscando paz necessária para se concentrar na busca pela harmonia do mundo.

Em seu livro *Harmonia do Mundo*, Kepler faz um resumo do que procurou explicar durante anos, pois no livro ele expõe teorias geométricas, conceitos musicais, astrológicos e astronômicos, na verdade esta obra seria uma continuação do *Mysterium*. A obra *Harmonia do Mundo* foi concluída em 1618. Como bem disse Mourão referindo-se a esta grande obra:

Desde Platão, essa era a primeira tentativa – talvez uma das últimas – destinada a associar esses quatro setores do conhecimento. Depois de Kepler, ocorreu o divórcio entre a Ciência e a Religião, entre a Religião e Arte; em suma, a fragmentação dos saberes e da experiência. (MOURÃO, 2008, p.170).

A ciência não decorre de maneira rígida. Kepler buscando conhecimentos e teorias de outros cientistas, da sua época chegou depois de um longo tempo, a sua terceira lei. Como também não é infalível, podemos observar no trecho que faz referência ao pensamento de Kepler numa de suas cartas ao seu mestre Mastlin:

Passei meses tentando encontrar a posição do equante para Marte. Os cálculos são infernais, absurdamente complexos, e tive de repeti-los mais de setenta vezes! Quase cheguei à loucura! Ah, como as coisas seriam fáceis se o Sol estivesse de fato no centro geométrico do círculo... (GLEISER, 2006, p.241).

Assim a história da ciência, em particular a história de Kepler, nos permite observar que os cientistas passaram pelas mesmas dúvidas que passamos hoje em busca do conhecimento. Além disso, pelo fato de Kepler ter mudado de local em busca de paz para descobrir suas leis, através dos conhecimentos históricos, é possível identificar como, onde, quando e por quem ocorreu uma determinada descoberta científica. Ao mostrar a ciência em construção, a história da Ciência tira a visão arrogante de que ciência é algo acabado e sempre perfeito, pois os cientistas além de humanos também desanimam. Logo, a ciência e a construção dos conhecimentos possuem todos esses aspectos, que devem aparecer no material didático. Marcelo Gleiser em seu livro destaca numa das falas de Johannes Kepler, um momento de tristeza do cientista em busca das descobertas:

Eu sinto, sei que esses oito minutos escondem a nova ciência dos céus. Afinal, meu modelo com o equante para Marte não tinha o Sol como centro. Talvez esse tenha sido o meu erro. Deus me dê forças para prosseguir. (GLEISER, 2006, p.241)

Na busca do conhecimento, caminhos são trilhados, destinos são traçados, pessoas podem interferir em decisões, que por vezes iriam tomar um rumo diferente. Em alguns momentos os caminhos tomados não eram os desejados, e quando podemos voltar, notamos e observamos que poderíamos ter pensado de outra forma, tudo isso fez e faz parte da vida de um cientista, gerando dúvidas, desânimo, inquietação e falta de paz, momentos que nunca poderíamos imaginar que fizeram parte da vida dos grandes pensadores, simplesmente porque não são expressos nos livros. Também não podemos deixar de mencionar que existiram e existem momentos de paz na vida das pessoas que fazem a ciência, fatos da vida pessoal, das descobertas, dos insucessos, devem ser registrados no material didático, pois humanizam a ciência, tirando a visão que nós temos de uma ciência que se desenvolveu de forma linear e sem problemas. Numa de suas cartas, em 10 de outubro de 1602, Johannes Kepler desabafa um momento em que teve dúvidas e achava que tudo o que tinha descoberto estava errado:

Talvez elas não sejam círculos perfeitos? Talvez a deformação seja maior quanto maior for a excentricidade da órbita do planeta? Vou experimentar órbitas com formas diferentes e ver o que obtenho. De uma coisa, no entanto, estou convencido: só aqueles que buscam obstinadamente a verdade sabem dos tormentos que enfrentam no caminho... e merecem gozar a glória do triunfo! Deus ilumine minha mente. (GLEISER, 2006, p.243).

Foram quase vinte e quatro anos de intervalo desde a descoberta das duas primeiras leis do movimento planetário, até chegar à Terceira Lei, também conhecida como Lei Harmônica, que foi uma síntese lúcida. Ele reconstituiu uma sucessão de diversas hipóteses, a maneira pela qual chegou a descobrir seus erros e, por fim, a iluminação final, que lhe permitiu confirmar sua própria concepção harmônica do Universo.

2.8 A Harmonia do Mundo e os últimos momentos de Johannes Kepler

Realmente o período em que Johannes Kepler escreve sua obra *Harmonia do Mundo*, não foi um momento de tranquilidade, estava acontecendo a Guerra dos Trinta Anos, combate de cunho religioso entre protestantes e católicos que depois, tornou-se uma guerra de interesses políticos. A guerra se inflama e Kepler é expulso

de Linz, seu lar durante 14 anos. Dentro desta disputa de interesses surgiram várias pequenas guerras, uma delas foi a Batalha do Monte Branco, local disputado por católicos e protestantes, por ter uma boa localização geográfica, as tropas protestantes estavam em cima do morro esperando as tropas católicas. Com uma organização melhor, os católicos conseguiram dominar as tropas protestantes e dizimaram cerca de quatro mil soldados. Foi neste clima de discórdia e morte que Kepler procurava calma para escrever e estudar. Além disso, ele tinha estado em uma cidadezinha chamada Leonberg para tentar acertar os negócios de sua mãe, que tinha sido acusada de bruxaria, e o julgamento já estava perto de acontecer, mas Kepler mais uma vez tinha conseguido adiá-lo.

Oprimido pela tristeza, nem no seu trabalho Kepler encontrava consolo, não conseguia trabalhar nas suas Tabelas Rodolfinas, até porque quando Kepler estava se preparando para dedicar-se a recomeçar seus estudos nas tabelas, surgiu outra disputa política entre um cardeal católico chamado Richelieu e o imperador Ferdinando. Essa disputa que depois se tornou também uma guerra envolveu a vida de vários camponeses, que durante o cerco provocaram um incêndio que destruiu a casa de Johannes Plank, tipógrafo de Kepler.

A ciência não acontece de forma isolada, atemporal, livre dos acontecimentos políticos, religiosos, sociais e culturais, é evidente que esses tristes acontecimentos que ocorreram na época em que Johannes Kepler estava escrevendo *Harmonia do Mundo*, interferiram para o tempo de conclusão da obra, e não foi diferente na confecção das *Tabelas Rodolfinas*. A importância da menção de fatos históricos em materiais didáticos tem o propósito de tornar e mostrar claramente, o esforço por parte dos cientistas em busca do conhecimento e na construção do saber, e que muitas vezes são citados sem sua devida importância. Podemos observar no trecho do livro de James Connor, que trata da biografia de Kepler, todo o esforço do astrônomo alemão, tentando superar os acontecimentos, para não perder seus dados de estudo, e principalmente sua persistência em coletar novos dados para sua pesquisa:

Plank estava no meio da impressão das Tabelas Rodolfinas naquela hora, e a sua prensa e tudo que ele havia impresso até aquela data foi destruído, com exceção das partes que Kepler tinha levado para

casa. Kepler teria de começar tudo de novo com outro tipógrafo. Para isso, teria de deixar a cidade. (CONNOR, 2004, p.327).

Por todas as razões humanas, Kepler deveria ter sido um homem derrotado, mas pelo contrário, retornou à sua *Harmonia do Mundo*, uma obra dedicada à crença de que o universo é em última instância algo bom e belo. Assim não conseguindo trabalhar nas Tabelas Rodolfinas, pois na sua tristeza não encontrava concentração para os cálculos, então se voltou para a *Harmonia*. Kepler já sabia que seus livros sempre encontrariam dificuldades para serem impressos, por dois motivos principais: o primeiro é que diferentemente de Tycho Brahe, Johannes não tinha condições financeiras, e o segundo era pelo fato de que pouca gente conseguia compreender a sua matemática complexa ou apreciar seus métodos, pois Johannes Kepler era um homem de visão matemática apurada.

Através da história da vida de Johannes Kepler, podemos notar como a ciência é construída no sentido coletivo das ideias de várias pessoas. Kepler precisou verificar a opinião de outros pensadores para criar suas próprias ideias. Dessa forma, não buscando ficar isolado do mundo, se fechando em suas ideias individuais. Kepler teve a humildade de dizer que não tinha conseguido sozinho, e juntamente com as teorias de Tycho Brahe, Johannes chegou a ler um livro escrito pelo pai de Galileu. Neste livro Vincenzo havia retornado à teoria original da harmonia baseada na matemática de Pitágoras, esse livro lido por Kepler foi o começo de tudo, foi ele que despertou o interesse de Kepler porque estava de acordo com o que ele mesmo pensava a respeito de astronomia, matemática e teologia.

Ele se convencera havia muito tempo de que a melhor forma de resumir as três leis, de decifrar os pensamentos divinos, seria através de harmonia à medida que ela se aplicava ao movimento planetário. Para nós a palavra harmonia é uma palavra complexa, significando coisas que se combinem entre si de forma tranquila e suave, quase tudo que é bom dependendo das preferências das pessoas. Para Kepler significava uma matemática precisa, uma comparação entre duas ou mais coisas cujo encontro criava algo belo.

Kepler, lendo obras de outras pessoas, foi amadurecendo suas hipóteses, teve oportunidade de interrogar, de problematizar, contemplar e assim criar suas ideias em seus devidos tempos. Em resumo, a harmonia para Johannes Kepler era tudo que ele acreditava a respeito da ciência, assim como tudo que acreditava sobre Deus. Desse modo, estudou textos de filosofia, teologia, astronomia e matemática, até formar aos poucos uma nova síntese. Podemos constatar numa das obras de Marcelo Gleiser como foi uma das várias tentativas matemáticas de Kepler até encontrar a expressão que representasse bem a sua terceira lei:

Para completar minha obra, restava uma última tarefa: encontrar a lei que relaciona a distância do planeta do Sol (D) ao tempo que ele leva para completar sua órbita (T). A razão entre os dois números, expressão máxima da harmonia cósmica, tinha de ser a mesma para todos os planetas. Comecei com a razão simples, T/D. Não funcionou: para Mercúrio, obtive o, 62, e, para Saturno, 3, 10. Tentei, então, a combinação T/D². De novo, não obtive sucesso. Mercúrio contava agora a maior razão, e Saturno, a menor. Em seguida, calculei T²/D². Nada. Por fim, já quase sem esperanças, tentei T²/D³. E funcionou! A razão é igual a 1 para todos os planetas! (GLEISER, 2006, p.322).

$$\frac{T_1^2}{D_1^3} = \frac{T_2^2}{D_2^3} = 1$$

Depois de um longo decurso, cheio de dificuldades de toda ordem, dentre elas o dever de defender sua mãe pela acusação de bruxaria, Kepler em 1619, publica sua grande obra Harmonia do mundo, contendo sua terceira lei: *os quadrados dos períodos de revolução de dois planetas quaisquer são proporcionais entre si ao cubo das suas distâncias médias ao Sol.*

Essa lei de Johannes Kepler determinou a relação entre a distância média de um planeta até o Sol e a duração de sua órbita. Isso expressava que era possível avaliar o tempo que cada planeta gastaria para dar uma volta em torno do Sol sabendo a sua distância, algo que colocava as duas primeiras leis e a sua aplicação na Física e na Astronomia um passo à frente, o descobrimento das duas primeiras leis serviu de amadurecimento para Kepler chegar à lei Harmônica.

A terceira lei sendo uma regularidade cósmica teve profundas implicações na lei da gravidade com Newton, pois mostrava a distância de um corpo em órbita com

relação ao Sol e o tempo que ele levava para completar o seu ciclo, ou seja, um giro completo ao redor do Sol. Para Johannes Kepler, Deus plantava harmonias no mundo, bastava que cada ser humano tivesse sensibilidade em enxergar, organizar e ouvir. Encontrar harmonias era o essencial para viver e descobrir o mundo, essa sensibilidade de observar a natureza que Kepler possuía, fazia o diferencial de Johannes entre os outros cientistas de sua época, fazendo assim que ele se tornasse um homem especial.

Um menino que tinha crescido numa família caótica, num mundo onde cristãos pregavam a discórdia, uns sobre os outros. De lados opostos da praça da cidade, onde mulheres idosas eram constantemente acusadas de bruxaria, e onde imperadores e príncipes mandavam exércitos invadir as terras alheias e ensanguentar os campos de trigo de camponeses inocentes, poderia perder totalmente a esperança de encontrar ordem e civilidade, mas o destino o guiou para que ele encontrasse a harmonia do universo com suas leis, mostrando o movimento dos planetas como se fosse uma melodia.

Depois de 59 anos vividos aqui na Terra, admirando a natureza, tentando decifrar os pensamentos divinos, em 2 de novembro de 1630, Johannes Kepler ficou fortemente resfriado que logo depois viria uma forte febre e crises de fadiga. Como Kepler sempre tinha seu corpo marcado pela fragilidade de doenças que o acompanhavam desde a infância, então seu corpo ficou totalmente vulnerável, muito rápido a febre subiu e a vida de Kepler corria perigo, ele começando a delirar, alternando momentos conscientes e não conscientes, dizia que sua esperança estava em ver todos os cristãos unidos, e com uma voz fraca chamou por Cristo, deu seu último suspiro e morreu. Na verdade as obras de Kepler e principalmente suas três leis foram uma profissão de sua fé em Deus, os pensamentos de Kepler romperam com o dualismo entre o mundo celeste e sublunar, assim esse grande homem deixou uma série de conhecimentos válidos até nossos dias atuais.

3. Metodologia

A pesquisa em História da ciência voltada para a sala de aula tem sido muito discutida, com periódicos internacionais e publicações, congressos, grupos e departamentos próprios em quase todo o mundo. Temos como exemplos: Ana Paula (2003); Neusa Maria (2003); Silvia Moreira (2005); Marques (2005); Deividi Márcio (2005). Além do mais, por ser uma área interdisciplinar, trabalha também repercutindo sua pesquisa em vários campos de conhecimento. A presente pesquisa propõe a contribuição para o crescimento da área do ensino das ciências, através da análise de livros didáticos de física, trazendo ainda discussões sobre modelos de conhecimento, com o intuito de repensar o ensino em geral.

A partir de uma bibliografia escolhida sobre o tema, foram levantados alguns aspectos envolvendo o uso da história da ciência e a importância que os livros didáticos de Física possuem no processo de ensino-aprendizagem. Para aprofundar esta análise tomamos como recorte da História da Ciência, com foco nas Leis de Kepler e sua história, e foram escolhidas obras adotadas no ensino médio, em especial, aquelas com presença na lista dos aprovados do PNLEM 2007 e PNLD 2012, que são as primeiras edições do Programa Nacional do Livro Didático, em que a disciplina física foi contemplada.

Numa primeira etapa, foram definidos os livros que fariam de fato parte da pesquisa, visto que há uma grande quantidade de títulos. Optou-se então em analisar um conjunto menor de livros didáticos de Física, e escolhemos justamente aquelas obras, que são adotadas na rede pública por professores de física do estado de Pernambuco. Deste modo conseguiu-se abranger um bom número de autores, propostas e visões sobre o ensino de Física e uma significativa quantidade de livros didáticos, alcançando 4 obras do PNLEM 2007 e ainda mais 4 coleções de Física recomendadas no PNLD 2012.

Em nossas análises procuramos identificar as visões que os livros didáticos de Física apresentam para a Ciência a partir dos conteúdos e as referências históricas sobre Kepler. Buscou-se também atentar à presença de mitos científicos e possíveis equívocos, relacionados à História das Leis de Kepler.

Dessa forma, as obras que fizeram parte do estudo estão relacionadas no Quadro A e abrangem títulos desde o ano de 2007 ao ano de 2012.

Quadro A: Relação de obras que foram analisadas

Nº	Título	Autor (es) / Editora	Ano
1	Física – De olho no mundo do trabalho	Antônio Maximo e Beatriz Alvarenga (Ed. Scipione - Volume Único).	2007
2	Física / Mecânica - Universo da Física	José Luiz Sampaio Caio Sérgio Calçada (Ed. Atual - Volume 1, 2 e 3).	2009
3	Física – Ensino Médio	Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (Ed. Scipione - Volume 1, 2 e 3).	2008
4	Física	Aurélio Gonçalves Filho Carlos Toscano (Ed. Scipione - Volume Único).	2008
5	Física – Ciência e Tecnologia	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo Antônio Toledo Soares (Ed. Moderna - Volume 1, 2 e 3).	2010
6	Física e Realidade	Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano (Ed. Scipione - Volume 1, 2 e 3).	2011
7	Física para o ensino Médio	Kazuhito e Fuke (Ed. Saraiva - Volume 1, 2 e 3).	2010
8	Física	Gualter, Newton e Helou. (Ed. Saraiva – Volume 1, 2 e 3).	2010

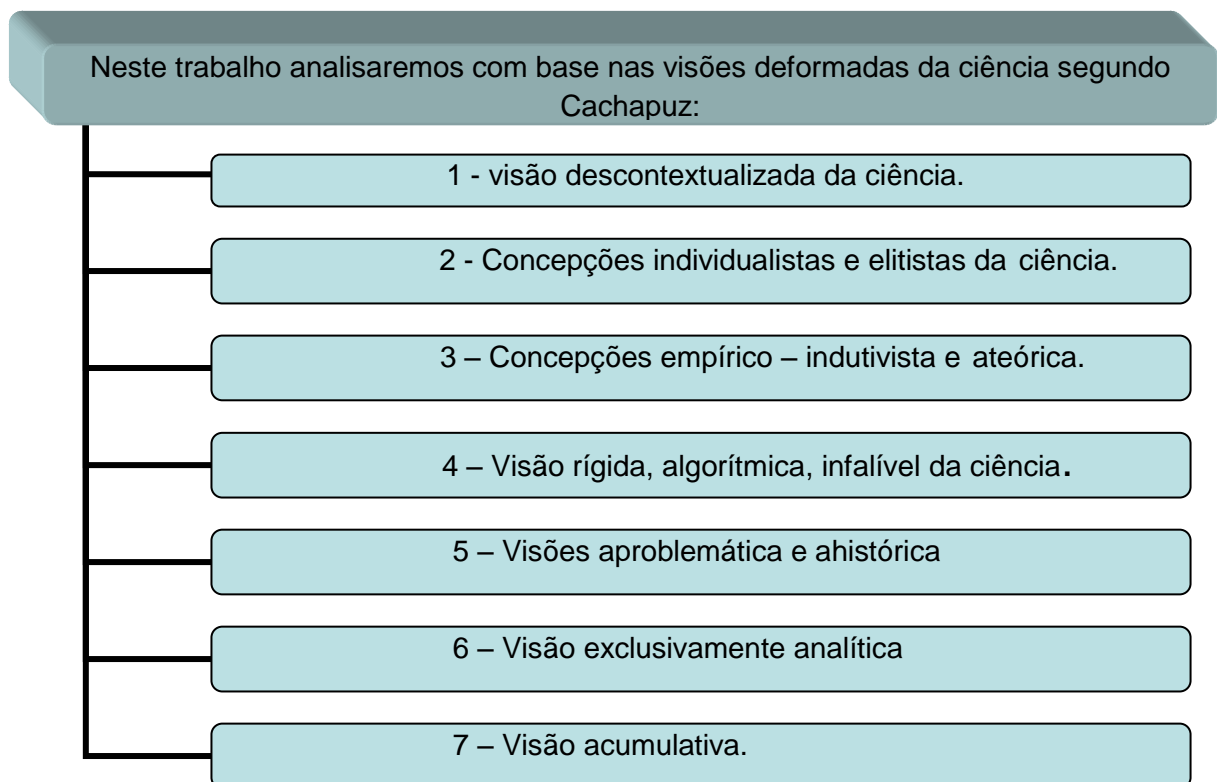
Foram consideradas como conteúdo histórico, informações que apresentassem a localização em tempo ou lugar ou mesmo, os nomes das pessoas envolvidas com a construção das Leis de Kepler. Assim, quando citado o nome de um cientista mesmo sem a sua data de nascimento e morte, foram consideradas como informações históricas, embora sendo informações não suficientes, para contextualizar a Ciência de maneira mais ampla e condizente com os estudos realizados sobre o uso da História da Ciência, mas desta maneira conseguiu-se uma avaliação dos livros de forma mais abrangente.

É importante lembrar que apesar do foco do nosso estudo ser Kepler, é notável destacar que não foi possível estudá-lo de maneira isolada; e sendo assim em alguns momentos foi necessário levar em conta outros cientistas que viveram na mesma época de Kepler, que fizeram parte de sua vida e contribuíram com suas ideias.

Para sistematizar a análise, foram elaboradas tabelas de classificação das obras, nas quais foram levadas em consideração três categorias, apresentadas a seguir, que estão baseadas no trabalho de PAGLIARINI (2007) e no livro de CACHAPUZ (2005).

São três as categorias:

- A.** As Leis de Kepler e sua história nos livros didáticos do ensino médio favorecem a construção de visões acerca da natureza da ciência.



B. Contribuição das Leis de Kepler e sua história para construção de ideias acerca do papel do método científico para a produção do conhecimento científico.

C. Qualidade da informação Histórica acerca das Leis de Kepler.

Estes aspectos iniciais serão subdivididos no decorrer da análise devido à diversidade de abordagens históricas, diante de materiais de diversos tipos, de autores diferentes, anos e editoras, esse conjunto poderá ser mais bem observado, estruturando em pequenas partes descritas abaixo:

Assim a primeira categoria (A) será subdividida em:

(A1) Visão descontextualizada da ciência – Essa categoria está relacionada com aspectos dos livros didáticos que transmitem uma ciência socialmente neutra, visão deformada que empobrece a educação científica e tecnológica.

(A2) Concepções individualistas e elitistas da ciência – Essa categoria está relacionada com aspectos dos livros didáticos que apresentam o conhecimento científico como obra exclusiva de gênios isolados.

(A3) Concepções empirista – indutivista e ateórica – Essa subcategoria tem a intenção de verificar quando nos livros, transmite-se a ideia de uma ciência fortemente reduzida à observação e experimentação na busca das descobertas, sem um apoio teórico.

(A4) Visão rígida, algorítmica, infalível da ciência – Pretende-se observar se os livros didáticos, quando abordam as Leis de Kepler e sua história, transmitem a ideia de uma ciência sem falhas, sem interrupções na construção do conhecimento.

(A5) Visão aproblemática e ahistórica – O objetivo é observar nos livros didáticos, tendo como foco as Leis de Kepler e sua história, aspectos que não enfatizam a evolução dos conhecimentos, ou as dificuldades encontradas e superadas na construção do saber científico.

(A6) Visão exclusivamente analítica – O objetivo é observar nos livros didáticos aspectos que enfatizam uma ciência fortemente baseada em hipóteses e sem atitudes críticas.

(A7) Visão acumulativa – O objetivo é observar se os livros didáticos apresentam uma ciência sem destacar que o processo de desenvolvimento do conhecimento científico também pode ocorrer através de rupturas ou revoluções.

(A8) Visão da ciência enquanto construção humana - Além das visões deformadas, neste trabalho buscamos ainda identificar a inserção das Leis de Kepler e sua história apresentadas nos livros didáticos, que permitiriam contribuir com uma perspectiva de ciência como prática social e empreendimento humano, classificando-a como uma visão de ciência enquanto construção humana.

Partindo-se para a segunda categoria B, a caracterização dos livros será feita preocupando-se com quais ideias acerca da natureza da ciência são veiculadas tomando como referencial as Leis de Kepler.

A primeira subcategoria (B.1) é caracterizada por menções *implícitas* ao método científico, para o desenvolvimento histórico das Leis de Kepler e que contribuem para a superação das visões deformadas da ciência.

Na subcategoria (B.2) será levada em consideração discussões que fazem menções *explícitas* ao método científico, para o desenvolvimento histórico das Leis de Kepler e que contribuem para a superação das visões deformadas da ciência.

Na subcategoria (B.3) será analisada a natureza do empreendimento científico, discussões mais sofisticadas sobre o método científico para o desenvolvimento histórico das Leis de Kepler e que contribuem para a superação das visões deformadas da ciência.

A última categoria (C) que analisa a qualidade das informações históricas, ligadas as Leis de Kepler, também divididas em três subcategorias:

(C.1) presença de mitos ou histórias cuja veracidade não é comprovada, relacionados às Leis de Kepler.

(C.2) Contém apenas menções e breves notas biográficas, a respeito de cientistas ligados a Kepler, e suas realizações, ao longo dos capítulos.

E a última (C.3) a abordagem histórica que valoriza apenas os conhecimentos aceitos atualmente.

4. Análise dos Livros

Com a criação dos PCN's e do PNLEM (atual PNLD), o ensino médio vem sofrendo mudanças, principalmente no que diz respeito ao material didático, em especial os livros. Com o objetivo de buscar uma análise mais profunda acerca das Leis de Kepler nos livros didáticos, analisamos oito coleções didáticas editadas desde 2007 até 2012. Este estudo foi feito preocupando-se com as visões deformadas da ciência transmitidas nos livros didáticos de Física do ensino médio, tomando como foco as leis de Johannes Kepler. Outro ponto importante foi à preocupação com a qualidade da informação histórica acerca das Leis de Kepler. Procurou-se escolher obras conhecidas do meio escolar, e que fizessem parte das listas do PNLEM 2007 e 2012, a escolha desses dois anos como intervalo, justifica-se pelo fato de 2007 ser o primeiro ano referente ao PNLEM de Física e o ano de 2012 ser a lista mais atualizada.

As coleções analisadas estão listadas no *quadro A* (p.62), estão em ordem alfabética de seus títulos e seguidas de seus autores e ano em que foram editadas. Neste momento é necessário que façamos algumas observações a respeito dos livros. Dentre as coleções que foram analisadas, todas estavam completas, seis contém os três volumes e duas são volume único. Pelo fato de tomarmos como foco de estudo às leis de Kepler, exploramos com maior frequência o primeiro volume de cada coleção. Isso não significa que os volumes 2 e 3 não foram usados, pelo contrário, em alguns momentos esses volumes foram consultados e deram sua contribuição para pesquisa, exceto os livros nº1 e nº4 do quadro A, pois são volumes únicos.

Outro ponto a ser notado refere-se às coleções nº1 e nº3 que são do mesmo autor, sendo a primeira, volume único e a segunda seriada com três volumes. O mesmo acontecendo com as coleções nº4 e nº6, fato que possibilitou uma discussão sobre a postura didática, tanto em conteúdo como a abordagem em relação às leis de Johannes Kepler, por parte do autor, e sua relação com os PCN's e o PNLEM. Das coleções listadas tanto no PNLEM 2007, quanto no PNLD 2012, por questões de tempo, escolhemos quatro que são adotadas por professores de física do estado.

Pautados pelo referencial teórico descrito anteriormente, passamos agora a apresentar o resultado das análises das coleções didáticas, segundo as categorias anteriormente apresentadas.

A coleção nº1 contendo um único volume, com o título: *De olho no mundo do trabalho*, mostrou-se resumida com relação aos conteúdos históricos. Na sua edição de 2007, o autor começa citando o sistema geocêntrico, e apresenta o assunto, através da seção intitulada: *O sistema geocêntrico de Ptolomeu*. Apesar da existência de pelo menos dois modelos geocêntricos o de Aristóteles e o do próprio Ptolomeu, os autores no texto valorizam em particular o segundo modelo. Por outro lado ao investigar a história podemos encontrar outras contribuições além de Aristóteles, temos também São Tomás de Aquino que na época tinha idealizado um modelo com a Terra no centro do universo da mesma forma que Ptolomeu. (Gleiser, 2001, p.96). Nesse caso a história da ciência é trabalhada elegendo sempre os mesmos nomes, podemos destacar que o autor no segundo parágrafo da página 71 diz:

“Entre os diversos sistemas geocêntricos conhecidos, aquele que obteve maior êxito e, conseqüentemente, maior aceitação foi o proposto pelo grande astrônomo Ptolomeu, que viveu na cidade de Alexandria no século II da nossa era.” (p.71).

No mesmo trecho o autor evidencia que o sistema geocêntrico de Ptolomeu foi aceito na época, mas não deixa transparente que influências contrárias ao sistema existiram, quais aspectos se opuseram ao sistema. Dessa maneira, consideramos que o trecho analisado do material didático acaba por transmitir uma visão descontextualizada da ciência **(A1)**.

Outro ponto interessante encontra-se no final do terceiro parágrafo (p.71), em relação à luneta, cita-se o nome de Galileu, mas não faz menção a Giovanni Batista della Porta a quem se atribui a invenção desse instrumento (MOURÃO, 2008, p.151), usado por vários astrônomos para realizarem anotações e descobertas. A ausência dessa informação acaba por não ajudar os estudantes a perceberem que a ciência se desenvolve através de várias contribuições.

No início da apresentação das leis de Kepler, o material didático menciona que o astrônomo alemão torna-se adepto do sistema copernicano, podemos chamar a atenção de dois pontos. O primeiro ponto em forma de pergunta: Como Kepler despertou o interesse pelas ideias de Copérnico? Seria interessante que em algum momento o livro mencionasse o nome *Michael Maestlin*, astrônomo que participou das descobertas das leis do astrônomo alemão, que inclusive foi o responsável em apresentar a Kepler o sistema copernicano.

O outro ponto trata-se do motivo de Kepler ter continuado com o sistema copernicano, torna-se interessante a explicação e a apresentação desses pontos no livro, para que o leitor tenha contato com um material histórico mais completo. Compreendemos que esses dois pontos citados acima devem está em qualquer material didático para podermos entender historicamente como se deu a evolução dos conhecimentos relativos às leis de Kepler, concluindo assim, identificamos um aspecto ahistórico do material didático **(A5)**. Na página 73 do livro no que se refere às leis de Kepler temos:

*“Durante cerca de dezessete anos, Kepler examinou cuidadosamente uma grande quantidade de medidas referentes ao movimento dos planetas, tabelados por outros astrônomos que o precederam”. Em consequência desse enorme esforço, **ele conseguiu** estabelecer três leis sobre o movimento... (frase n°1)*

Quando no livro encontramos **“grande quantidade de medidas (...) tabelados por outros astrônomos que o precederam”**, temos um bom exemplo neste trecho do livro em que destaca a importância de uma ciência construída por várias pessoas, tirando a visão do leitor de uma ciência individualista. Dessa forma, compreendemos que o trecho analisado do material reconhece a contribuição de outros cientistas, para o trabalho de Kepler, mas no final do trecho, o livro refere-se somente a Kepler (*ele conseguiu...*), descartando a figura de Tycho Brahe para a descoberta das leis do movimento, o que nos permite identificar a subcategoria **(A2)**.

Assim, notando a omissão³ do nome do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1456-1601) que viveu na mesma época de Johannes Kepler e foi dele os principais

³ O livro não cita Tycho Brahe no capítulo sobre: movimento dos planetas (p.71).

dados e anotações (Mourão, 2008, p.109), contribuindo de forma decisiva na elaboração das leis Kepler, portanto temos a categoria ahistórica **(A5)**. O vasto conhecimento de Física de Astronomia e de Ciências, acumulado ao longo da história da humanidade evolui gradativamente, com o surgimento das ideias de várias pessoas, cada uma delas teve sua importância no seu tempo e espaço, por isso é essencial à presença de uma história da ciência trabalhada com a citação dos nomes que participaram dela.

Na apresentação das leis de Kepler, a **Coleção nº1** cita a “primeira” lei da seguinte forma: ***As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. O sol ocupa um dos focos destas elipses.*** Logo em seguida é apresentada uma ilustração de forma simples e sem detalhes:

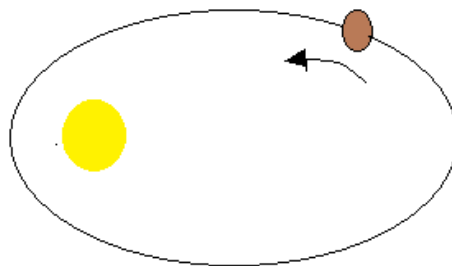


Figura 11: Ilustração da trajetória de um planeta qualquer, ao girar em torno do Sol, como representada na coleção nº1, sem destacar os elementos orbitais principais, como os focos da elipse e distância média.

O modo como Johannes Kepler chegou a sua didaticamente “primeira” lei, que segundo fontes históricas é a segunda (MOURÃO, 2008, p.124) não é mencionado, assim temos um aspecto **(A5)**. Dessa forma, o livro não trabalhou a história neste ponto importante dos acontecimentos. Fazendo também parte da história, à ilustração pode ser útil para o bom entendimento do assunto, por isso torna-se importante que ela venha mencionando alguns conceitos como foco, eixo e etc. Segundo o PNLEM às ilustrações tem importância no aprendizado:

*O vocabulário científico deve ser usado como recurso que auxilie a aprendizagem (...). As analogias, metáforas e **ilustrações** devem ser adequadamente utilizadas, garantindo-se a explicação das semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos estudados. (PNLEM, 2007, p.41) (grifo nosso).*

Vejamos o que o material didático menciona sobre as ilustrações na página 73:

“A figura 11 (tirada do livro), mostra uma elipse descrita por um planeta. O Sol, como se pode ver, não está no centro da curva, mas em um ponto denominado foco da elipse (o traçado desta curva pode ser feito com certa facilidade, conforme você verá ao realizar as atividades propostas no final deste capítulo).”

As atividades propostas ensinam ao leitor como traçar uma elipse, para um primeiro contato com o assunto é bem vindo uma atividade deste tipo, porque trará a mente do estudante à diferença entre outras figuras geométricas que porventura ele ache parecida. A Física é um conhecimento que faz uso de enorme quantidade de símbolos como marcas representativas para conceber, esquematizar e associar objetos, sistemas de dispositivos, formas ou fenômenos. Esses símbolos devem auxiliar tarefas com o objetivo de facilitar a memória, a própria conceituação, a atenção, a aplicação, a operacionalização e, por consequência, a resolução de problemas teóricos e práticos.

A apresentação simples dessa lei, sem trazer seu processo histórico, e principalmente teórico, nos faz verificar que a obra traz concepções empírico – indutivista e ateórica da ciência, ao dizer simplesmente que a trajetória encontrada e dita como verdadeira são elipses **(A3)**. Na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo, enxergando dessa forma, encontramos um sentido amplo em estudá-la. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. Vejamos no trecho que segue:

“Essas órbitas são quase circulares, sendo admirável que Kepler tenha conseguido perceber que, na realidade, são elípticas.” (p.73) (frase nº2).

A ciência deve sempre ser entendida como uma construção representativa do mundo, e dessa forma, é muito arriscado fazer afirmações categóricas, como “na realidade, são elípticas”, mesmo que tenha a finalidade didática, pois o movimento dos corpos celestes não são elipses perfeitas. Assim, o autor perde a oportunidade de conduzir o leitor para compreender a ciência enquanto um processo evolutivo,

portanto temos a subcategoria **(A5)** *visão aproblemática*, enquanto evolução do conhecimento, ou as dificuldades encontradas e superadas na construção do saber científico.

Já em relação à natureza da ciência a **coleção nº1** descreve o procedimento e os passos que Kepler seguiu para obter um conhecimento científico, porém sem caracterizá-lo explicitamente como método científico, enquadrando-se assim na subcategoria **(B1)**, temos como amostra as **frases nº 1 e 2** já citadas neste trabalho. Percebemos nesta discussão da **coleção nº1** algumas características de senso comum sobre ciência. Afinal, mesmo sem citar explicitamente como sendo o método científico, a passagem acaba por reforçar o caráter procedimental e indutivo, que estaria por traz dos avanços científicos, promovendo uma visão distorcida da ciência, conforme podemos perceber nos termos em negrito, acima citados (*frases 1 e 2*).

Na apresentação da segunda lei temos: **“A reta que une um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.”** (p.73). Em seguida após referir-se a figura abaixo explica a “segunda lei” da seguinte forma: **“Como o arco AB é maior do que CD, é fácil concluir que o planeta possui maior velocidade quando está mais próximo do Sol.”** (p.73).

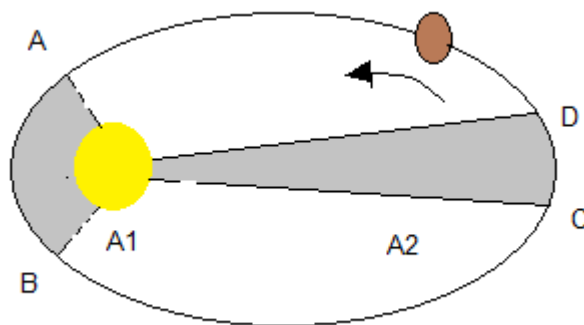


Figura 12 (tirada do livro): Sendo $A_1 = A_2$, o planeta gasta o mesmo tempo para descrever os arcos AB e CD.

Na citação acima o autor além de chamar a atenção do leitor para uma ilustração sem detalhes, o que dificulta o entendimento do assunto uma vez que não possui a indicação alfabética do planeta, do Sol, não existe a preocupação de informar pontos com maior precisão da elipse em relação ao foco. Destacamos

neste aspecto, que o PNLD 2012 no que diz respeito às ilustrações para as obras recomendadas exige que elas tenham figuras claras e precisas (PNLD, 2012, p. 15).

Na primeira vez que o autor menciona o nome elipse, não diz como Kepler resolveu adotar tal figura para explicação de suas leis, e também não cita que antes de adotar elipses, Kepler trabalhou com círculos. Nesta passagem, os autores perdem oportunidade de destacar a evolução por parte do conhecimento, o que podemos concluir que se sobrepõem as categorias respectivamente (A5) e (A7) (Visão aproblemática e acumulativa respectivamente). Outro ponto importante é quando o autor cita: “**é fácil concluir que o planeta possui maior velocidade quando está mais próximo do Sol.**” (p.73), o leitor é privado do direito de pensar e automaticamente é induzido a afirmar que o planeta é mais veloz à medida que se aproxima do Sol, sem saber o porquê de tal afirmação.

De acordo com os trechos analisados, podemos considerar que esta coleção enfatiza muito fortemente os aspectos técnicos e matemáticos da física. Afinal, como analisado, as discussões e apresentações, relacionadas à terceira lei de Kepler, acabam tendo como preocupação a matematização, para a apresentação de fórmulas, voltadas para um resultado final que objetiva a obtenção de técnicas para solução de exercícios o que por vezes pode tornar-se obstáculo para o aprendizado. Cabe ao professor trabalhar com cautela e se possível demonstrar através de deduções, como se pode chegar às expressões matemáticas, que dessa forma adquirirão mais sentido para o aluno.

Trabalhar com símbolos e seus esquemas envolve do aprendiz atividades cognitivas ligadas às atividades de tratamento e conversão, além de um esforço extra de abstração e lembrança, que abrange, ainda, a necessidade da superação do caráter, em parte, assustador e de ansiedade que a aprendizagem da simbologia possui, pois o estudo perde o apoio no senso comum e se distancia do sentido concreto. (DUVAL, 2004, p. 42)

A coleção n°2 inicia o assunto sobre gravitação no seu segundo volume, juntamente com um capítulo 2, que trata da estática dos corpos rígidos. Na mesma unidade no volume n°1 dessa coleção, os autores no seu primeiro capítulo traz uma discussão interessante iniciando com o tema: Introdução à Física. Logo após lança a pergunta: O que é Física? É bem pertinente porque o leitor além de ser seu primeiro contato com a matéria, terá a oportunidade de pensar sobre a evolução do

conhecimento. Observamos no volume outras perguntas como: Do que é constituído o universo? Qual o método da Física? E no final do capítulo sugere três livros que podem servir de aprofundamento. No mesmo capítulo na página 6, fala da existência dos mitos na ciência citando dois exemplos. É importante que o material didático mostre esse lado histórico da ciência, pois prova que existe uma constante busca por explicações, o conhecimento é dinâmico e mutável, que existiram explicações que numa época podem ser úteis e depois substituídas por explicações melhores, prova disso são os mitos.

Valorizando o aspecto histórico, o primeiro volume traz um trecho sobre Filosofia antiga, as primeiras teorias da *Physis*, a teoria dos quatro elementos, incluindo os atomistas e também sobre Aristóteles, abordando o que Aristóteles havia pensado sobre o Universo. (Os corpos sublunares estariam sujeitos a transformações, seriam, portanto, corruptíveis e os corpos supralunares seriam incorruptíveis, isto é, seriam indestrutíveis, não podendo sofrer qualquer transformação). Mais tarde essas ideias seriam usadas por Galileu, Copérnico e por Kepler, então o livro apresenta um bom panorama histórico que não foi observado na primeira coleção analisada. Logo em seguida apresenta uma discussão sobre a revolução científica dizendo na página13:

“Entre os séculos XVI e XVII ocorreram alterações drásticas no conhecimento, que receberam o nome de Revolução Científica e que resultaram na chamada ciência moderna.” (p.13).

E logo no ponto abaixo cita:

- *“Mudança da concepção geocêntrica do Universo para a concepção heliocêntrica, proposta por Copérnico.”* (p.13)
- *“Alterações no método a ser seguido na busca do conhecimento. Até então fazia-se pouco uso da experimentação e da Matemática. A partir da Revolução Científica passou-se a encarar como fundamentais a experimentação e a Matemática, sendo Galileu (1564-1642) considerando o fundador do novo método.”* (p.13).
- *“Abandono da concepção, herdada de Aristóteles, de que os corpos sublunares e supralunares obedeciam a leis diferentes. A partir de então, passou-se a considerar que todos os corpos do Universo obedeciam às mesmas leis.”* (p.13).

Nos trechos acima vemos que o livro apresenta para o leitor uma ciência mutável, que não é rígida e pode ser sujeita a mudanças e alterações ao longo do tempo à medida que o conhecimento evolui, transmitindo uma ciência baseada em constantes estudos, e que busca novos métodos para obter explicações. O fato do trecho acima citar: ***A partir da Revolução Científica...***, evidencia uma ciência que é construída, não de forma isolada e atemporal, mas que sofre várias influências ao longo de sua história.

No final do primeiro capítulo o autor discute sobre atitudes e procedimentos científicos, deixando bem claro que a ciência possui um conjunto de atitudes e procedimentos que passam por testes experimentais, que essas ideias por mais interessantes que possam parecer devem ser abandonadas e reformuladas, se não concordarem com a experiência, e cita o exemplo das trajetórias circulares dos planetas que perduraram por muito tempo e depois foi substituído pelas trajetórias elípticas. É muito importante que o material didático traga os aspectos acima citados para o leitor, que a presente obra o faz, pois o primeiro contato com a disciplina exigirá que se tenha uma visão correta da ciência, descartando assim a visão ahistórica, descontextualizada, rígida, atórica, pois podemos nos deparar a qualquer momento com o seguinte comentário: *“Notícia de primeira página! Uma bela teoria foi covardemente assassinada por um medíocre fato”*. Temos um exemplo na história da ciência, quando as leis de Newton não puderam explicar algumas situações e então surgiu a *Teoria da Relatividade*.

Finalizando a análise do primeiro volume, vemos em relação ao polêmico método científico que é discutido e algumas ressalvas são feitas em relação a sua concepção como método para obtenção de conhecimento científico, principalmente no que diz respeito à falta de concordância entre os próprios cientistas sobre a natureza do saber científico.

Freqüentemente ouvimos falar de um modo bastante questionável, num método científico, como se houvesse um método único e seguro que se aplicasse a todas as ciências. Infelizmente, porém, as coisas não são tão simples. Há um ramo da Filosofia, denominado Filosofia da Ciência, que se preocupa em estudar, entre outros temas, a questão do método científico, e até agora não há unanimidade entre os filósofos sobre essa questão. [...] Tudo indica que há, na realidade, vários métodos; cada ciência tem os seus próprios caminhos na busca do conhecimento. Em segundo lugar, não há acordo nem mesmo dentro de uma mesma ciência, como é o caso

da Física. Fazendo-se um estudo dos caminhos seguidos pelos físicos em um grande número de casos, verifica-se que não há uma receita dentro da qual se encaixem todos esses caminhos (SAMPAIO e CALÇADA, 2005, p.18).

Em relação às leis de Kepler, só iremos encontrá-las no segundo volume desta coleção, porém no primeiro capítulo que trata sobre gravitação, o livro apresenta outro grande cientista, Newton, e faz uma citação importante:

*O que mais entusiasmou **os cientistas** foi à maneira como ele conseguiu explicar os movimentos dos planetas a partir das três leis do movimento e de outra lei por ele proposta: Lei da Gravitação, que apresentamos neste capítulo. (p.2)*

Temos por parte do autor uma valorização histórica, pois ele refere-se a Kepler quando diz: “**conseguiu explicar os movimentos dos planetas a partir das três leis do movimento**”, e também a valorização do aspecto coletivo da ciência, excluindo a visão elitista, e mostra que o conhecimento é construído de modo conjunto e não por uma só pessoa de forma individual. Em relação à coleção nº1, esta coleção possui uma maior diversidade de passagens históricas, distribuídos ao longo de mais assuntos, visando despertar o interesse pela física, e como cita o autor na apresentação da obra, uma característica importante desta coleção é que se trata de uma obra “não só de Física, mas também sobre Física”.

No trecho que fala sobre Aristóteles e Tycho Brahe o livro destaca alguns enunciados no sentido de transmitir uma ciência que pode ser mutável, quando cita: “**Foram tentados então outros métodos**” (p.2). Apesar de não citar explicitamente que métodos foram estes usados naquela época, logo mais na mesma página temos o trecho:

“No entanto, essas idéias não foram apreciadas; eram muito fortes as convicções de uma Terra imóvel no centro do Universo. Assim, os modelos continuaram a ser geocêntricos.” (p.2-3).

No texto acima notamos por parte do autor um esforço em transmitir uma ciência com mudanças ao longo do tempo, mais não há a citação que convicções afetaram nas opiniões, se foram influências religiosas, culturais, sociais ou políticas, logo o autor também passa para o leitor uma ciência descontextualizada (**A1**). Como

também na página 3 temos o enunciado: **“Vários astrônomos trabalharam nesses modelos, sugerindo alterações no modelo de Aristóteles.” (p.3)**, o autor valoriza uma ciência trabalhada coletivamente, apesar de não citar que alterações foram feitas e de que modo isso aconteceu **(B1)**.

Esta coleção, diferentemente da primeira, faz menção aos astrônomos que antecederam Kepler, inclusive Tycho Brahe, que não tinha sido mencionado na primeira. Detalhadamente podemos observar que o livro traz as datas referentes ao nascimento e morte de cada um, com suas respectivas fotos, temos como exemplo Copérnico e Tycho Brahe. Na parte que fala sobre o astrônomo polonês Copérnico, o livro traz uma frase que mostra uma ciência contextualizada, que sofre várias influências externas, que nesse caso foi religiosa, temos:

O sistema de Copérnico não conseguia explicar [...] Essa complexidade ajudou a dificultar a aceitação de seu sistema, que já despertava repulsa tanto de católicos quanto de protestantes, pelo fato de tirar a Terra do centro do Universo. Martinho Lutero, o fundador do protestantismo, escreveu em 1539:

As pessoas estão dando ouvidos a um astrólogo estrangeiro que quis demonstrar que a Terra que gira e não os céus, o Sol e a Lua... Esse estúpido quer manter toda a ciência da Astronomia; mas as Sagradas Escrituras dizem que Josué ordenou que o Sol se detivesse, e não a Terra. (p.4)

Na mesma página a obra lança uma afirmação, no trecho que trata sobre Tycho Brahe, que na ciência não existem resultados permanentes e perenes, mas que podem ser mudados e refutados a qualquer momento, pois Tycho Brahe refutou e discordou das teorias anteriores: **“Brahe não aceitou o sistema de Copérnico e o de Ptolomeu. (p.4)”**, dessa forma a ciência não é rígida **(A4)**; é louvável destacar que a presente obra faz o esforço para superarmos esta visão deformada da ciência, como também a visão acumulativa **(A7)**, pois uma teoria pode superar outra, é mais prudente dizer que uma teoria não é absoluta todo tempo, por mais que ela tenha superado testes rigorosos, assim seria mais adequado dizer que uma teoria corrente é superior as suas predecessoras no sentido de que ela é capaz de superar os testes que falsificaram aquelas que a antecederam.

No segundo volume da coleção nº2, nos trechos que tratam sobre as leis de Johannes Kepler, os autores não trazem conteúdo histórico **(A5)**, mostrando acontecimentos que porventura ocorreram no intervalo de uma lei para outra, os

autores em momento algum citam as obras do cientista, passando a sensação que suas descobertas foram surgindo de forma sequencial e linear, dessa forma percebemos que não houve a valorização do processo de desenvolvimento do conhecimento **(A7)**, por outro lado no mesmo parágrafo diz:

“Kepler passou então a analisar cuidadosamente as anotações de Brahe e, a partir de 1609, quando teve acesso aos primeiros telescópios, pôde fazer observações mais precisas.” (p.5)

No trecho acima podemos observar que autor valoriza uma ciência que é construída gradativamente através de pensamentos adotados por Kepler naquela época. Uma ciência que avança através dos conhecimentos e contribuições que vão sendo usados por outras pessoas. Afinal, o fato de afirmar que Kepler usou os dados de Tycho Brahe prova isso, e transmite para ao leitor uma visão de ciência dinâmica, tirando a visão rígida e as concepções individualistas, que muitas vezes nós temos a respeito do conhecimento científico. Quando o autor cita que Kepler analisou cuidadosamente as anotações de Brahe, seria interessante o livro mencionar que o caminho que se segue em busca de uma teoria não obedece a regras, é um caminho imprevisível; o astrônomo alemão teria passado por essa situação para ter analisado esses fatos, temos a afirmação na frase: **“pôde fazer observações mais precisas”** (grifo nosso), notamos dessa forma menções implícitas ao método científico usado **(B1)**.

A apresentação da primeira lei de Kepler vem seguida de uma elipse, em que o autor fala em *periélio* e *afélio*, mas não define para o leitor tais palavras, na sequência o livro traz de maneira simples e didática uma explicação matemática do que vem a ser uma elipse, existe uma boa intenção do livro para que o leitor possa entender melhor a segunda lei de Kepler.

Na citação da segunda lei, o livro revela como ela foi descoberta matematicamente. Temos indícios do caminho seguido por Kepler, ao invés da álgebra, o astrônomo alemão resolveu desenvolver seus cálculos usando a geometria, pois era a ferramenta mais avançada de sua época. Temos a subcategoria **(B2)** menções explícitas ao método científico, e da mesma forma o material didático transmite a ciência como um esforço humano, pois Kepler teve de

construir vários “*modelos geométricos*” (GLEISER, 2006, p.85-86), através de tentativas juntamente com os dados de Tycho Brahe, para poder chegar as suas conclusões **(A8)**, assim é de grande valor que o livro mostre esses detalhes históricos, pois o leitor irá perceber que a ciência pode muitas vezes tomar rumos inesperados, chegando ainda assim a bons resultados. Temos:

Kepler enunciou sua segunda lei usando uma relação geométrica que hoje pode parecer sem sentido à primeira vista. A razão de Kepler ter seguido esse caminho é que, na sua época, era mais freqüente seguir o caminho geométrico, pois a álgebra ainda não estava suficientemente desenvolvida. (p.6)

Temos a seguir a apresentação da terceira lei:

Kepler calculou o período (T) de cada planeta, isto é, o tempo que cada planeta gasta para executar uma volta completa em torno do Sol. Em seguida [...] que é distância média do planeta ao centro do Sol. (p.7)

O autor perde a oportunidade de citar a obra em que se encontra a terceira lei de Kepler que seria: *A Harmonia do Mundo*. Historicamente houve um processo para se chegar à lei harmônica, dessa forma o valor de um debate histórico dos conceitos trazidos no material didático torna-se importante e essencial para o acompanhamento do assunto em questão. Assim podemos observar a subcategoria **(A5)**. Enfim a terceira lei é mostrada no livro como uma fórmula de um resultado simples. No final do assunto a obra traz um exercício resolvido sobre a terceira lei de Kepler, tomando como exemplo os planetas Terra e Marte, o exercício é um bom exemplo para o entendimento matemático e aplicativo da lei.

A coleção **nº3** sendo de mesma autoria da primeira coleção mostrou-se melhor em relação à quantidade do conteúdo histórico, trazendo na introdução do capítulo que trata sobre gravitação um parágrafo referente aos gregos. No início temos também uma característica do senso comum sobre ciência daquele povo da época, observemos no trecho:

Assim, a necessidade de se estabelecer as épocas de plantio e colheita e sua relação com as posições do Sol, e da Lua e das estrelas, levou os astrônomos da antiguidade a coletar um grande número de dados sobre os movimentos desses astros. (p.207). (Trecho 3a).

Observemos no trecho 3a, que o autor menciona a curiosidade e o interesse pelos céus, que já existiam desde muito tempo atrás. Seres humanos dotados de um cérebro imaginativo, que possuíam sentimentos e emoções, essas pessoas certamente com suas crenças – que vão além das verdades gerais, podendo inclusive vir a ser teísta ou religioso, não tinham uma sequência de métodos a ser seguida para que houvesse às descobertas, buscavam uma ligação entre o pensamento e os acontecimentos observados na natureza. A observação era a primeira ferramenta usada para tentar tirar conclusões dos fenômenos naturais, por isso os astrônomos daquela época coletavam dados e construía conhecimentos através do olhar para os céus, assim o autor transmite no trecho uma ciência enquanto construção humana **(A8)**.

No que se refere aos gregos o material didático cita trechos que passam para o leitor uma ciência que é mutável e não é infalível. Essa menção do autor ajuda na superação da visão que temos da ciência rígida, que segue um caminho pré-estabelecido. Temos:

Na tentativa de melhor ajustar o modelo aos fatos observados, os gregos tiveram que lançar mão de um grande número de esferas para explicar o movimento de um único planeta. Isto tornou o universo grego muito complicado e, durante muitos anos, várias tentativas foram feitas para se conseguir um modelo mais simples. (p.207)

O autor também na primeira parte da apresentação do assunto menciona duas passagens que mostram para o leitor uma ciência que sofre modificações devido aos acontecimentos que existem em sua volta. No trecho referente a Ptolomeu temos:

*Em virtude da razoável precisão das previsões feitas com o sistema de Ptolomeu e, além disso, como a sua teoria, supondo a Terra no centro do Universo, se adaptasse muito bem a filosofia religiosa da Idade Média, suas idéias perduraram durante praticamente 13 séculos. (p.207) **(Texto A)***

Na parte dedicada a Copérnico segue:

O astrônomo polonês, Nicolau Copérnico, no século XVI, apresentou um modelo mais simples para substituir o sistema de Ptolomeu. Sendo um homem de profunda fé religiosa, Copérnico acreditava que

o “o Universo deveria ser mais simples, pois Deus não faria um mundo tão complicado quanto o de Ptolomeu” (p.207) **(Texto B)**

Também temos:

Entretanto, um sistema em que o Sol era considerado imóvel e a Terra passava a ser um planeta em movimento, como qualquer um dos outros, era fundamentalmente contra a filosofia aristotélica e as convicções religiosas da época. Em virtude disto, Copérnico relutou muito em publicar suas idéias. O livro no qual Copérnico apresentava a sua teoria causou grandes polêmicas e terminou sendo colocado na lista dos livros proibidos pela Igreja. (p.208) **(Texto C)**

Nos textos **A**, **B** e **C** vemos uma ciência mostrada com o contexto daquela época, uma ciência que era influenciada pela religião e pela política, pois a religião participava das decisões tomadas pelos filósofos, cientistas e pensadores, assim o livro mostra uma ciência contextualizada.

Foi observado nesta coleção o subitem **(C2)**, por conter menções breves sobre Copérnico e Kepler, foram citadas datas de nascimento e morte dos cientistas, também no livro foram encontradas citações das obras dos astrônomos.

Na análise dos exercícios de fixação, dois exercícios contribuíram no sentido de transmitir uma ciência enquanto construção humana: A questão três que diz: **3) Cite duas causas que tornaram o sistema de Ptolomeu bem aceito por tanto tempo. (p.208)**

A questão faz o leitor buscar no assunto os motivos de tal aceitação do modelo citado, assim irá perceber que a ciência não pode se desenvolver de forma descontextualizada. A outra questão tem a intenção de eliminar a ideia de uma ciência ahistórica e aproblemática, podemos ver: **Questão 4) c) Por que as idéias de Copérnico não foram bem aceitas na época?(p.208)**

O leitor pesquisando no assunto terá a chance de observar na história, os motivos que foram contrários às ideias de Copérnico; assim verá uma ciência historicamente construída. O livro apresenta às leis de Kepler citando inicialmente vários outros astrônomos que o antecederam como exemplo Copérnico, Tycho Brahe que por sinal não foi citado na coleção n°1, e por fim cita Johannes Kepler.

É importante a citação dos nomes, pois assim o leitor poderá perceber que houve um conhecimento trabalhado ao longo do tempo por várias pessoas, apesar do caminho rumo às descobertas serem incertos, pois não existe uma “fórmula” de descobrir teorias e leis, é dessa forma que se consegue identificar no mesmo parágrafo a categoria **(B1) menções implícitas ao método científico**, pois o autor cita que o astrônomo Tycho Brahe realizou rigorosas observações com seus instrumentos de forma que observou e chegou às suas conclusões:

Em seu observatório muito bem equipado para a época, Tycho Brahe realizou, durante cerca de 20 anos, rigorosas observações dos movimentos planetários, verificando que o sistema de Copérnico não se adaptava satisfatoriamente a essas observações. (p.208)

O livro posteriormente comenta que os dados que Tycho Brahe foram cuidadosamente tabelados, constituindo assim a base para os trabalhos de Johannes Kepler, não cita em momento algum o professor de Kepler chamado Michael Maestlin que teve a função de apresentá-lo ao heliocentrismo, na página 209 temos o trecho:

Desenvolveu o seu trabalho analisando cuidadosamente, com grande habilidade matemática, durante cerca de 17 anos, a grande quantidade de dados coletados por Tycho Brahe. O trabalho de Kepler foi coroado de êxito, tendo conseguido descobrir as três leis sobre o movimento dos planetas que deram origem ao nascimento da Mecânica Celeste. (p.209, grifo do autor).

A afirmação do autor quando diz: **“O trabalho de Kepler foi coroado de êxito, tendo conseguido descobrir as três leis sobre o movimento dos planetas que deram origem ao nascimento da Mecânica Celeste.”** O autor não levou em consideração as interrupções ao longo do caminho das descobertas, como também as opiniões contrárias que existiram por parte da igreja e também dos astrônomos da época, não mencionou o longo intervalo de tempo que existiu das duas primeiras leis para a terceira lei que foram de dez anos, logo podemos identificar a subcategoria **A6, visão exclusivamente analítica**. Temos também outro trecho que reforça a subcategoria citada acima; na apresentação da primeira lei:

A correção do sistema de Copérnico, procurada por Kepler, é expressa através de sua 1ª lei. Seus estudos o levaram a concluir que realmente, os planetas se movem em torno do Sol, mas suas órbitas são elípticas e não são circulares, como supunha Copérnico.

Além disso, Kepler verificou que o Sol está situado em um dos focos da elipse. (p.209)

Temos no trecho acima a ideia que foi fácil para Kepler, que ele teria descoberto sua “primeira lei” num estalar de dedos: **Seus estudos o levaram a concluir que realmente, os planetas se movem em torno do Sol [...].**

Temos também outra subcategoria identificada quando autor no texto se refere à primeira lei. Neste caso, percebemos a subcategoria **A2 concepção individualista e elitista da ciência**, que apresenta o conhecimento científico como obra exclusiva de gênios, afinal o autor se refere a Kepler, como um gênio, o grande descobridor, no texto a seguir:

Na realidade, as órbitas pouco diferem de uma circunferência e são realmente impressionantes como as medidas de Tycho Brahe puderam ser tão precisas que possibilitaram ao gênio de Kepler descobrir que as órbitas são elipses. (p.209)

Na apresentação da segunda lei o autor perde a oportunidade de esclarecer para o leitor o motivo pelo qual os planetas desenvolvem uma velocidade maior ao chegarem perto do Sol, e menor quando se afastam dele, simplesmente afirma o fato. O material didático transmite uma ciência apoiada numa simples observação, quando por hora seria oportuno introduzir o conceito de **força**. Neste caso podemos verificar o subitem **A3 concepção empirista – indutivista e ateuísta**.

As ilustrações trabalhadas nos livros devem ser acompanhadas de mais detalhes para que ajudem no aprendizado, principalmente no caso da Física, que possui um grande número de conceitos abstratos. No caso da apresentação das leis de Kepler, é de grande importância pelo fato de usar a elipse que possui em sua definição diversas partes, como foco, eixos. Segundo Laburú as ilustrações:

Constituem-se verdadeiros obstáculos à apreensão operatória do aprendizado quando se as reorganiza perceptivelmente, e ainda, os obstáculos dependem do grau de complexidade de tratamento. (LABURÚ, p.35, 2009 apud, DUVAL, 2004)

Dessa forma, destaca-se a importância do material didático usar de detalhes nas ilustrações para auxiliar no aprendizado do conceito em questão. Seriam

cabíveis as indicações do que sejam foco, periélio e afélio, referentes às elipses que indicam às leis de Kepler. O material em questão complementa explicação da segunda lei da seguinte forma:

Enquanto o planeta se desloca de A para B, a reta que une o planeta ao Sol “varre” a área A_1 . Ao se deslocar de C para D, esta “varre” a área A_2 . Kepler verificou que, se o tempo que o planeta gasta para ir de A até B for igual ao tempo necessário para ir de C até D, então A_1 e A_2 serão iguais. Daí formulou a sua 2ª lei. (p.209)

Novamente podemos ver no trecho acima que o autor cita no livro uma ciência firmada apenas numa observação, sem mencionar apoio teórico e conceitual, uma trajetória de investigação que a ciência provavelmente seguiu, dessa forma temos **(A3)** *concepção ateórica*.

Antecedendo a apresentação da terceira lei de Kepler, o livro traz um pouco da história do astrônomo alemão citando as datas de seu nascimento e morte, cita suas principais obras. Foi observado que o texto referente à história de Kepler é o mesmo da coleção nº1, diferenciando numa foto de Kepler que existe na coleção nº3; na parte que trata a terceira lei o livro valoriza uma ciência trabalhada em conjunto, pois defende o fato de Kepler ter usado os dados acumulados por seu mestre Tycho Brahe para chegar às suas leis.

Referente à terceira lei de Johannes Kepler o material didático assinala para uma ciência enquanto construção humana **(A8)**, citando que com o trabalho de anos e anos de Kepler, às leis serviram de base para descobertas futuras, como por exemplo à lei da Gravitação Universal de Newton. Também o material didático evidencia a importância da 3ª lei para a época. Quando se pensava que já havia descoberto tudo em relação à Astronomia, Kepler procurou estabelecer relações entre os dados científicos da época, chegando assim depois de vários anos à cinemática do movimento planetário.

A coleção nº4 em sua introdução traz um panorama do que o leitor encontrará ao longo do livro, começando com o título chamado: *Ciência em transformação*. No decorrer da apresentação o material didático mostra-se a favor da comunicação entre as disciplinas dizendo: *Além de seu próprio campo de pesquisa a Física,*

auxilia outras ciências da natureza, como a Química, a Astronomia, a Geografia e a Biologia. (p.8). No capítulo referente à gravitação o presente material didático começa com uma afirmação bastante pertinente quando diz que: **“Apresentar um modelo de organização do sistema solar não foi nada fácil.” (p.65).** Podemos observar que o livro além de transmitir uma ciência que evoluiu ao longo do tempo, também, passa para o leitor (em especial: professores e alunos), que os cientistas percorrem caminhos por vezes difíceis e ao mesmo tempo uma trajetória que não é linear e sequencial para encontrar os conhecimentos. Na sequência, podemos ver o trecho:

*“Quando olhamos para o horizonte, o Sol, a Lua e as estrelas parecem atravessar o céu de leste a oeste. O movimento dos planetas é mais complexo: ora atravessam o céu de leste a oeste, ora em sentido contrário. Dadas essas observações, **a hipótese de a Terra ser o centro do sistema solar é bastante plausível.**” (p.65).
(grifo nosso)*

Vemos aqui uma descrição dos principais fenômenos da natureza que sustentam o bom senso sobre a Terra ser o centro do sistema solar. O autor de maneira simples e lógica explica como víamos os fenômenos celestes, assim também as pessoas observam os céus com *curiosidade* e *admiração* usando os sentidos tentando decifrar a natureza, o que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas.

Podemos dizer que vivemos: *A aventura humana do “ver”*. Segundo Alan Chalmers: *“Há mais coisas no ato de enxergar que o que chega aos olhos.” (CHALMERS, 1993, p.42).* Fazendo uma ligação com a história, existiam pessoas que defendiam o sistema geocêntrico e outros defendiam o sistema heliocêntrico. Cada um desses dois grupos julgava como certo e verdadeiro o funcionamento do universo. Ambos enxergavam de modo diferente um mesmo fenômeno natural. Muitas vezes as coisas não são como as vemos, mas vemos as coisas como somos. Embora com outras palavras, diz-se algo muito parecido: “as coisas são da cor que tem a lente com que são olhadas”. Dessa forma, temos um conjunto de conhecimentos e uma soma de olhares, que faz uma ciência tornar-se dinâmica e viva. Assim temos uma ciência enquanto construção humana **(A8)**.

Por outro lado, no aspecto histórico de uma maneira geral, o livro apresenta-se sem conteúdo caracterizando a subcategoria **(A5)**, afinal apenas cita Aristóteles, Platão, Ptolomeu, Tycho Brahe com suas datas de nascimento e morte, explicitando o sistema geocêntrico de maneira bem resumida, trazendo uma ilustração sem explicações, da mesma forma quando o autor refere-se ao sistema heliocêntrico. Assim a obra contém apenas menções a respeito de cientistas ligados a Kepler ao longo do capítulo caracterizando a subcategoria **(C2)** *breves notas biográficas*.

Continuando a análise podemos ver um trecho valorizando uma ciência construída através de discussões de vários cientistas e pensadores. No trecho, percebemos que muitas vezes os astrônomos discordavam uns dos outros. Dessa forma, o autor se esforça em tirar a visão de uma ciência elitista, feita por pessoas que viviam isoladas e não aceitavam ideias de outras, assim o conhecimento pode ser construído também através de ideias diferentes. Vejamos:

“Mesmo entre eles, porém, havia uma divergência: Galileu e Copérnico admiravam o movimento circular para os planetas, mas Kepler e Newton afirmavam que as órbitas dos planetas não descreviam propriamente um círculo, mas uma elipse.” (p.65).

O material didático após o trecho discutido acima apresenta os sete axiomas de Copérnico. Temos como amostra o axioma nº 3: **“Todas as esferas giram em torno do Sol e, conseqüentemente, o Sol é o centro do Universo.” (p.66)**. Os axiomas foram ideias que produziram uma revolução no pensamento científico da época, muitos cientistas e astrônomos seguiram o pensamento copernicano na época.

Contudo Kepler remodelou e adaptou a teoria Copernicana introduzindo inovações. Segundo Mourão, temos: *“De início, introduziu três inovações totalmente revolucionárias”.* (MOURÃO, 2008, p.115), tirando os epiciclos e as órbitas circulares dos planetas, adotando órbitas elípticas, assim compreendemos que o autor através do material (*Exercício nº4 do livro, p.67*), onde pergunta ao leitor: **4) O trabalho de Kepler introduziu uma alteração fundamental em relação aos de Copérnico e Galileu. Que alteração foi essa?** Neste exercício citado, o livro valoriza a busca do conhecimento através de tentativas do ser humano, pois da mesma forma que Johannes Kepler aproveitou uma ideia anterior ao seu tempo e conseguiu chegar as

suas leis, o conhecimento hoje não se torna diferente. O conhecimento é uma busca, nunca se pode dizer de uma teoria que ela é verdadeira, por mais que ela tenha superado testes rigorosos. Mas auspiciosamente dizer que uma teoria corrente é superior a suas predecessoras no sentido de que ela é capaz de superar os testes que falsificaram aquelas predecessoras, dessa forma temos uma ciência construída humanamente **(A8)**.

Na apresentação das leis de Kepler, o livro não cita nenhuma data ligada ao astrônomo alemão, não foi observada também a citação de nenhuma de suas obras, o que podemos inferir que a categoria **(A5)** torna-se presente, dessa forma percebemos que historicamente, Kepler só foi citado num pequeno trecho que podemos observar: ***Kepler elaborou três leis relativas às órbitas dos planetas, contrariando a idéia de órbita circular. (p.67).***

Logo em seguida, o material apresenta as leis de Johannes Kepler num quadro, às leis seguem em sequência de forma simples, como bem cita Cachapuz:

*“No que se refere à educação em ciência deve-se evitar a excessiva simplificação da estrutura e do papel desempenhado pela teoria, já que quando tal acontece está a dar-se uma idéia de ciência finalizada, como retórica de conclusões, **não se evidenciando a complexidade da sua construção**” (...)* (CACHAPUZ, 2005, p.80).

Quando o material didático apresenta às leis de Kepler dessa forma, sem um contexto histórico, cultural e sem um apoio teórico que acompanhou o surgimento das leis que explicam a cinemática planetária, podemos identificar alguns subitens sobrepostos como: **(A4)** uma ciência sem interrupção, ou seja, às leis foram encontradas na sequência apresentada no material, **(A3)** uma ciência sem um apoio teórico, dessa forma tem-se a ideia que Kepler não teria pesquisado nada nem ninguém e **(A1)** ciência socialmente neutra, no período da descoberta das leis, não existiram influências externas.

Categorias	Coleção n° 1	Coleção n° 2	Coleção n° 3	Coleção n° 4
A1	1	1	0	1
A2	1	0	1	0
A3	1	0	2	1
A4	0	1	0	1
A5	5	2	0	2
A6	0	0	1	0
A7	1	2	0	0
A8	0	1	2	2
B1	1	2	1	0
B2	0	1	0	0
B3	0	0	0	0
C1	0	0	0	0
C2	0	0	1	1
C3	0	0	0	0

Quadro B: Frequência das categorias nos livros (PNLD 2007).

As ideias iniciais expressas neste trabalho fazem alusão sobre o uso de História da Ciência e foram descritas mostrando inclusive algumas vantagens de sua utilização no ensino de Ciências e mais especificamente no ensino de Física, baseando-se nas referências estudadas e citadas neste trabalho sobre o assunto, daremos continuidade ao processo de análise, prosseguindo agora o estudo com as coleções pertencentes ao PNLD 2012.

A coleção n°5 possui três volumes, sendo o primeiro volume responsável em trazer o assunto sobre Gravitação, por conseguinte referindo-se as leis de Kepler. No volume n°1 da quinta coleção, percebemos no começo do capítulo 7 uma explicação apontando momentos históricos sobre a formação do sistema solar, com seus modelos, citando um pouco sobre a reclassificação de Plutão como planeta-

anão, a formação das estrelas e traz em seguida o mais atual argumento sobre a formação do sistema solar, o Big Bang. Um dos focos do capítulo está na evolução das diversas teorias oriundas das observações astronômicas, desde os chineses, passando pelos gregos e chegando à atualidade.

Trabalhando o conceito de tecnologia como uma forma de produzir conhecimento com melhor qualidade, desmistificando o senso comum de que tecnologia é apenas a construção de equipamentos, pois, embora “os antigos” não possuíssem instrumentos para as observações, a necessidade de observações mais acuradas estimulou e impulsionou o desenvolvimento do telescópio, por exemplo. Dessa forma o assunto não é apenas apresentado como um conjunto de fórmulas que o estudante precisa memorizar para reproduzir numa prova: as “fórmulas” da Gravitação constituirão uma representação de linguagem matemática da compreensão (em um determinado momento histórico-cultural) do que se observou (e se abstraiu) nos céus, dessa forma o livro transmite uma visão da ciência que permite contribuir com uma perspectiva de ciência como prática social e empreendimento humano. Podemos observar um trecho do livro que destaca uma ciência enquanto construção humana **(A8)**, pois a partir do momento, em que a obra evidencia o *esforço humano*, com suas dúvidas, acertos, tentativas e decepções, em busca do conhecimento, tudo isso faz parte do processo da construção do saber. Além do mais, a obra também permite que tenhamos noção, que o conhecimento é um processo gradativo não sequencial:

*Para que chegássemos ao estágio atual de conhecimento do Universo, **muitos pensaram a respeito, elaboraram teorias, fizeram experiências e observações; às vezes acertaram, muitas vezes erraram**, e alguns chegaram a sacrificar a própria vida defendendo suas idéias. (p.242, grifo do autor).*

O autor traz também no capítulo um pouco da história dos egípcios que foram responsáveis pela criação do primeiro calendário com 365 dias, com pontos cardeais e etc. Nisso o material didático nos chama a atenção para os primeiros registros históricos que poderiam ser considerados científicos. Na narração sobre os filósofos da Grécia Antiga podemos ver o esforço por parte do autor em evidenciar que a ciência foi construída aos poucos, e mais uma vez destaca uma ciência enquanto construção humana **(A8)**:

*Os filósofos gregos antigos, além de profundos observadores do céu, tinham como característica marcante, procurar explicar racionalmente o que viam. **Podem ter errado, o que freqüentemente aconteceu**, mas o que importa é o admirável poder de elaboração presente em suas teorias e hipóteses. (p.243, grifo nosso).*

Na sequência o livro apresenta alguns pensadores da ciência da época como: Tales de Mileto, Pitágoras, Platão e Ptolomeu, ou seja, valoriza uma ciência construída através da soma de contribuições, tirando a visão de uma ciência construída individualmente, levantando um pouco da história de cada pensador, além disso, menciona a figura de Giordano Bruno o que não foi observado nas coleções anteriores analisadas.

Este homem (*Giordano Bruno* que antecedeu Kepler) com suas ideias sobre o universo foi de vital importância para mostrar o quanto à ciência sofria influências externas. No caso, a força da Igreja Católica que na época era inconteste com tais ideias sobre o universo. O livro conta um pouco da história desse astrônomo mostrando uma ciência contextualizada. E ao tratar das leis de Kepler, menciona a pessoa de Tycho Brahe como seu grande mestre e inventor de instrumentos:

*Conseguiu recursos do governo dinamarquês **para construir um grande centro de estudos e pesquisas astronômicas em Uraniborg [...]**, e foi aí que com aparelhos e instrumentos de **notável precisão**, obteve registros dos movimentos planetários nunca conseguidos antes (p.247). (grifo nosso)*

Podemos observar a intenção do autor em mostrar a importância da tecnologia na ciência. Assim Brahe precisou de um corpo teórico para construção de tais aparelhos, e para a criação do primeiro grande centro de pesquisa da Europa, o primeiro grande observatório moderno. Notamos também no livro, a presença de breves menções e notas biográficas sobre Brahe e Kepler, destacando algumas de suas obras **(C2)**.

A história trazida sobre Brahe e Kepler é mostrada no livro em forma de “tiras”, identificamos alguns erros históricos. Na “tira” que diz respeito à Brahe, podemos notar um erro no que diz respeito à quantidade de leis que o autor afirma pertencer ao livro *Harmonia do Mundo*:

Dessa forma compilou com notável precisão muitos dados astronômicos que foram fundamentais para seu discípulo, Johannes Kepler, entender e formular a Harmonia dos Mundos, hoje conhecida como as leis de Kepler do movimento planetário. (p.247)

De fato, historicamente só a terceira lei de Kepler é que faz parte do livro *Harmonia do Mundo*, assim consideremos a afirmação do autor como um fato histórico cuja veracidade não é comprovada **(C1)**. Do mesmo modo podemos observar na “tira” que traz um pouco da história de Johannes Kepler, o autor afirma que em seu livro chamado *Astronomia Nova*, Kepler apresenta suas três leis, quando na verdade historicamente foram às duas primeiras, então temos novamente a subcategoria **(C1)**. Vemos:

*Em 1596, Kepler publicou o *Mysterium Cosmographicum*, onde expôs argumentos favoráveis à hipótese heliocêntrica. Em 1609, publicou *De Motibus Stellae Martis (Astronomia Nova)*, onde apresentou as três leis do movimento dos planetas. (p.247).*

Na continuação da apresentação das leis de Kepler, o livro mostra como essas leis podem ser aplicadas no nosso dia-a-dia, citando por exemplo os satélites artificiais:

As referidas leis podem ser aplicadas, por exemplo, para o movimento dos satélites artificiais em torno da Terra ou da Lua ou de outros corpos do sistema solar e até mesmo do próprio sistema solar em torno do centro da nossa galáxia, a Via Láctea. (p.248)

Essa forma de apresentação das leis é didaticamente muito importante, pois faz com que o leitor (em especial o aluno) perceba que existe uma aplicação prática na vida e no nosso cotidiano, ou seja, traz uma visão de experimentação afinada com uma perspectiva investigativa, mediante a qual os jovens são levados a pensar a ciência como um campo de construção de conhecimento, onde se articulam, permanentemente, teoria e observação, pensamento e linguagem. Nesse sentido, é absolutamente necessário que a obra, em todo o seu conteúdo, seja permeada pela apresentação contextualizada de situações-problema, que fomentem a compreensão de fenômenos naturais, bem como a construção de argumentações.

A primeira lei é mostrada no livro, acompanhada da explicação sobre elipse, juntamente com conceitos geométricos como: periélio, excentricidade, afélio, foco,

perigeu e apogeu, com isso o livro mostra um pouco da geometria usada na construção de uma elipse. A evolução do conhecimento com suas etapas, o surgimento de cada lei, cada uma com seus momentos históricos não foram apresentados no livro, dessa forma podemos perceber as subcategorias **(A5) visão aproblemática e ahistórica** e **(A4) visão infalível**. Como já foi discutido neste trabalho, existiram momentos na astronomia de Kepler e na sua vida pessoal por exemplo, que dificultaram seu progresso em relação às descobertas, assim as duas últimas leis são apresentadas de modo simples sem mencionar aspectos importantes.

Na coleção n^o6 sendo de mesma autoria da quarta coleção analisada neste trabalho, pode-se perceber poucas mudanças em relação à versão de 2008 (versão seriada em três volumes). O autor manteve a parte introdutória, em que apresenta uma visão ampla sobre ciência, defendendo a harmonia entre as várias partes do conhecimento como Filosofia, Química, Biologia e a própria Física. Além disso, nesta versão o autor traz algumas passagens textuais que pretendem promover para os leitores uma ciência enquanto construção humana, principalmente quando o autor destaca ser um objetivo impossível “*encontrar a verdade absoluta*” na ciência ou quando destaca que é fundamental para o progresso cultural a existência de “*ideias divergentes*”, conforme vemos nos trechos a seguir:

Como toda área do conhecimento humano, a física foi construída à medida que novas descobertas eram feitas e antigas noções eram deixadas de lado. Isso não quer dizer que esse processo ocorreu de maneira linear e progressiva, pelo contrário: muitas idéias consideradas certas mostraram-se erradas com o tempo e vice-versa. Em todas as épocas, seres humanos empregaram grandes esforços para atingir um objetivo impossível: encontrar a verdade absoluta. (p. 11) (trecho 1)

Ao contrário do que se possa pensar, as idéias divergentes foram fundamentais para o enriquecimento e melhoramento da cultura grega. (p. 11). (trecho 2)

O autor nos trechos acima destaca assim a questão da existência de diversas perspectivas que em algum momento da história podem discordar uma das outras, e nesse processo a ciência por vezes avança. É dessa forma que surgem as teorias e ideias científicas (MOREIRA, p.108, 1993), conhecimento científico não é conhecimento verdadeiro, mas representa um conhecimento que é constantemente

comprovado (ou refutado), dessa forma podemos entender a ciência como sendo feita por um coletivo de cientistas e até por pessoas sem formação científica formal, e não apenas feita individualmente por gênios **(A8)**.

Também temos:

Porém como vimos, compreender a natureza não é tarefa das mais fáceis e os processos de transformação são lentos e descontínuos. Conhecendo as antigas idéias e analisando as novas, Isaac Newton conseguiu um feito especial (...) (p.12) (trecho 3)

Já no trecho 3, além de também reforçar o aspecto descontínuo da construção do conhecimento, o material didático também destaca a questão da junção de conhecimentos de épocas e de pessoas que viveram em tempos e lugares distintos, assim no trecho acima podemos identificar a subcategoria **(A8)**. Dessa forma, no texto podemos perceber algo interessante quando os autores dizem que os processos de transformação da natureza são lentos e não sequenciais. Com isso vemos a maneira como a ciência é construída.

Avançando na leitura do livro, podemos observar uma afirmação bastante importante para o contexto do estudo que está sendo realizado: “*Apresentar um modelo de organização do sistema solar não foi nada fácil.*” (p.88), com esse tipo de enunciado o professor e também o aluno poderão perceber, como a ciência é construída através dos tempos, destacando os aspectos culturais, políticos e humanos, sendo assim uma ciência enquanto construção humana **(A8)**. É importante ressaltar o papel do professor, que serve de *mediador* (PCN, p.54, 1998), chamando a atenção do aluno para que as passagens textuais importantes no material didático possam ter significado.

Em relação às ilustrações houve mudanças, ficaram mais coloridas e amplas. Entendemos que assim como o texto, as ilustrações também auxiliam no aprendizado, e devem ser adequadas às finalidades para as quais foram elaboradas. Em nossa visão, as ilustrações, de um modo geral, chamam a atenção do leitor e fazem conhecer o personagem da história. Dessa forma, consideramos que o presente material analisado teve uma melhoria significativa em relação às ilustrações nesta versão seriada. Por outro lado, o livro de uma maneira geral

apresenta-se sem conteúdo histórico, apenas cita Aristóteles, Platão, Ptolomeu, Tycho Brahe com suas datas de nascimento e morte, mencionando o sistema geocêntrico de maneira bem resumida, sem fazer relações com o processo de produção do conhecimento destacado na parte introdutória da análise deste volume, o mesmo acontecendo quando o livro refere-se ao sistema heliocêntrico, ou seja, contém apenas *menções breves sobre os cientistas ligados a Kepler (C2)*.

Na seção que traz as leis de Kepler, historicamente o livro apresenta um pequeno trecho que podemos ressaltar: *Kepler elaborou três leis relativas às órbitas dos planetas, contrariando a idéia de órbita circular. (p.90)*. Podemos observar que na ciência muitas vezes podem existir “partidos contrários”, pois Kepler foi de encontro à ideia geocêntrica e das órbitas circulares predominantes de seu tempo, tendo a coragem de assumir a ideia de órbitas elípticas. Logo em seguida o material apresenta suas três leis num quadro, às leis seguem em sequência e sem uma matematização didática quando se refere à segunda e a terceira leis.

Quando o material didático apresenta às leis de Kepler dessa forma, podemos identificar alguns subitens sobrepostos como: **(A4)** *uma ciência sem interrupção*, ou seja, às leis foram encontradas na sequência apresentada no material, **(A3)** *uma ciência sem um apoio teórico*, dessa forma tem-se a ideia que Kepler não teria pesquisado nada nem ninguém e **(A1)** *ciência socialmente neutra*, ou seja, no período da descoberta das leis de Kepler, não existiram influências externas, assim por exemplo, a obra perde a oportunidade de destacar a perseguição política e ideológica contra as ideias do astrônomo alemão que contrariavam o pensamento vigente, pois retiravam a Terra do centro do Universo e por consequência o homem passaria a ter menos importância. Para finalizarmos, também foi notado nesta análise que o material didático manteve os mesmos exercícios nas versões de 2008 e 2011.

Ao analisarmos a coleção **nº7**, percebemos a escolha do autor em iniciar seu texto pela Gravitação. E assim, no início do capítulo o autor apresenta o sistema solar como compreendido atualmente, no qual Plutão, conforme a União Astronômica Internacional é considerado, não mais como um planeta da mesma categoria da Terra ou Marte, por exemplo, mas como um planeta anão. Vemos

assim, que o autor se mostra preocupado em apresentar uma ciência mutável e dinâmica, sem dogmatismo ou certezas definitivas. Podemos observar que a coleção nº7 esforça-se em promover a compreensão acerca do desenvolvimento histórico da ciência, que vai se relacionando com as novas descobertas tecnológicas, mas sempre podendo ser contrariadas por novos resultados. Essa preocupação fica evidente na passagem:

Os nomes que usamos na ciência têm que se adaptar às novas realidades que descobrimos. Uma das maravilhas da ciência é que ela não se pretende definitiva. Na definição de Popper, o que qualifica a ciência é o fato de que todas as suas leis estão sujeitas a ser contrariadas por resultados novos. Sem exceção! (p.321).

Dessa forma é possível identificarmos no trecho acima uma ciência enquanto construção humana **(A8)**. No subtítulo do capítulo do livro que diz: “**A construção do modelo de mundo ao longo da História**” podemos destacar que o livro ajuda a entender a ciência enquanto construção humana, Afinal, a valorização da história da ciência evidencia a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. Podemos compreender, por exemplo a transformação da visão de mundo geocêntrica para heliocêntrica, relacionando-as às transformações sociais que lhe são contemporâneas, identificando as resistências, dificuldades e repercussões que acompanharam essa mudança.

Desde os tempos remotos, a curiosidade a respeito do que existe ou acontece no céu estrelado tem sido uma constante: ele não deixa de atrair a nossa atenção, isso mostra uma ciência construída pelas mãos dos homens admiradores da natureza **(A8)**. Vejamos o trecho:

Uma das lições que o ser humano tirou mirando os céus foi o conhecimento das épocas mais propícias para o plantio e a colheita. Em virtude disso, o estilo de vida de nossos ancestrais passou do modo caçador-coletor para a condição de criador e agricultor. (p.323)

Podemos também observar no trecho do livro novamente a ideia de uma ciência enquanto construção humana **(A8)** através de tentativas, ou seja, uma ciência mutável, que sofre críticas através dos tempos:

No século II a.c, o astrônomo grego Aristarco de Samos (310 a.c – 230 a.c) havia proposto, sem sucesso a idéia de colocar o Sol no centro das trajetórias dos corpos celestes (com o objetivo de simplificar o movimento desses astros, como o movimento aparente do Sol e dos planetas), contrariando assim o modelo geocêntrico vigente até então. (p.323)

A coleção nº7 também evidencia uma ciência com caminhos tortuosos e por vezes recheados de dúvidas por parte dos cientistas, ou seja, uma ciência que por vezes arriscava caminhos que eram criticados e questionados, que nem sempre o caminho apresenta-se harmonioso **(A8)**. Vejamos:

Ptolomeu enunciou que, além de realizar o movimento de translação em torno da Terra, os demais planetas também cumpriam trajetórias auxiliares ou epiciclos, que explicavam seus movimentos circulares realizados pelos planetas em torno de pontos imaginários que, por sua vez, também giravam ao redor da Terra. O modelo geocêntrico ptolomaico, por descrever *com razoável precisão as posições* adotadas pelos planetas, teve vida longa, *sendo questionado somente a partir do século XVI*. (p.324)

Nos trechos (1) e (2) que seguem a análise podemos observar que o livro valoriza e mostra uma ciência contextualizada, que foi afetada pela sociedade e política da época:

“Esse sistema geocêntrico teve um forte adepto: a igreja católica”. (p.324) (1)

Foi quando Nicolau Copérnico (1473 – 1543), astrônomo polonês que viveu entre os períodos do Renascimento e da Reforma - portanto em uma época propícia à proposição de mudanças (...) (p.324) (2)

No quadro **A Física na História (p.324)**, temos um pouco de história da ciência, esse aspecto torna-se de grande valor para o material didático, pois revela como os cientistas criavam seus instrumentos e suas teorias; mas podemos identificar um erro histórico **(C1)** citando o nome de Galileu como o idealizador da luneta, e que segundo (MOURÃO, 2008, p.151) teria sido, Giovanni Batista della Porta (1535-1615). Na continuação, o quadro traz outro ponto importante citando a relação que a ciência teve com a igreja mostrando uma ciência contextualizada:

“Com suas observações, Galileu fazia cair por Terra a imagem de Mundo divino e perfeito concebida por Aristóteles e adotava pela Igreja Católica. Por isso foi preso e julgado pelo Santo Ofício”. (p.324)

Ao longo do texto, no subitem que diz: **Kepler e o desvendamento do movimento planetário**, o livro traz mais um pouco da história, dessa forma o leitor ficará por dentro de detalhes que fizeram parte da construção dos conhecimentos, o texto cita nomes importantes como Galileu e Brahe, trazendo um pouco da história que envolveu Kepler e Brahe enfatizando a importância de Brahe na vida de Kepler para a descoberta de suas três leis. O texto perde a chance de deixar claro como Kepler usou esses dados que foram coletados de Brahe. Também o material didático deve mostrar que a utilização dessas informações não se dá de forma ordenada, seguindo um “método” no decorrer do tempo, dessa forma podemos identificar a subcategoria **(B1)** caracterizada por menções implícitas ao método científico para o desenvolvimento das leis de Kepler. Podemos observar:

Trabalhando com uma grande quantidade de dados obtidos por Brahe, Kepler elucidou completamente a natureza do movimento planetário, enunciando-o em três leis, que mais tarde viriam a ser denominadas como as três leis de Kepler. (p.325).

O autor prefere usar uma ordem didática na apresentação das leis de Kepler, enquanto historicamente a lei das áreas foi descoberta em primeira ordem, assim Connor (2004, p.176) e Mourão (2008, p.124) quando apresentam a biografia de Kepler, deixam evidente que à ordem das descobertas feitas por Kepler foi a seguinte: A lei das áreas vem em primeiro lugar, seguida da lei das órbitas e por último a lei dos períodos.

Sendo de suma importância que o material didático cite as obras de Kepler (Astronomia Nova, Harmonia do Mundo, etc.), pois assim o leitor terá uma ideia cronológica do surgimento das leis juntamente com seus aspectos sociais, culturais e políticos, tirando a ideia de uma ciência acumulativa **(A7)**, como podemos observar neste ponto do livro na apresentação das leis. Além disso, ao mencionar que em sua obra *Astronomia Nova*, Kepler descreveu suas duas primeiras leis, e em *Harmonia do Mundo* sua terceira lei, será mais fácil entender como se deu o processo de descobertas. Também é importante citar que houve um intervalo de dez anos de

diferença dessas duas obras, dessa forma o material didático se tornaria mais completo em dados históricos.

Materiais históricos adequados à temática de cada assunto requerem um enorme esforço e preparação, devem ser elaborados com base em conhecimento aprofundado da História da ciência, dessa forma podemos identificar a subcategoria **(A5) ahistórica**, intimamente ligada a esta subcategoria, podemos também observar o aparecimento da categoria **(A1) descontextualizada**, pois se o contexto histórico é mostrado no livro, este virá acompanhado de acontecimentos culturais, políticos, influências externas que de um modo ou de outro fizeram parte da construção do conhecimento científico da época. A História da ciência também pode ser utilizada para realizar a contextualização de determinado conteúdo, assim a História da ciência pode oferecer um contexto sobre o pensamento de determinado conceito porque insere características da época, local e tudo que seja pertinente para que o aluno entenda como pode o pensamento ocorrer.

Atrelada às duas visões citadas acima (A5 e A1), temos também a *visão acumulativa* **(A7)**, pois esta é uma visão simplista à qual o ensino costuma contribuir, ao apresentar as teorias hoje aceitas sem mostrar o processo do seu estabelecimento, nem ao se referir às frequentes confrontações entre teorias rivais. Geralmente isso acontecerá quando o material se apresenta sem um contexto histórico. Pensarmos numa ciência “encaixável” e “perfeitamente esférica” é resultado das visões distorcidas e empobrecidas da ciência, que adquirimos ao longo do tempo.

Na parte inicial do primeiro volume da **coleção nº8**, o livro traz um texto (*página 18*) sobre mecânica (No quadro: A cinemática e a Dinâmica), neste texto de apresentação o leitor ficará sabendo o que é Mecânica, diferenciando as partes da Física. O texto tem o objetivo de esclarecer a diferença entre essas duas partes da mecânica, em seguida o livro apresenta o conceito de ponto material que servirá para o assunto de Gravitação. É muito importante enfatizar que os conceitos estudados neste livro são fundamentais não apenas para a mecânica, mas também para o desenvolvimento das demais partes da Física.

Da mesma forma através do texto o leitor terá o primeiro contato com as leis de Kepler. O livro de maneira simples e didática explica que o astrônomo alemão utilizou as ideias de Copérnico e Tycho Brahe, destacando a importância da figura de Kepler que explicou o movimento planetário cinematicamente, servindo de base para Newton que posteriormente utilizaria os dados do astrônomo alemão para desvendar o movimento planetário dinamicamente, dessa forma o texto no começo do livro tem uma importância para que o leitor venha a conhecer o assunto de modo mais simples, servindo de preparação para um aprofundamento que acontecerá no *capítulo 8* do livro que fala sobre Gravitação.

No começo do capítulo sobre gravitação o livro apresenta o assunto trazendo uma introdução evidenciando que existem mudanças na ciência. Teorias podem ser substituídas ou aprimoradas, a ciência segue em constante movimento, a religião num certo momento, fez e faz parte das decisões científicas. Assim, temos uma ciência mutável e que também depende do contexto em que está inserida. A importância desse trecho para o leitor é significativa, mostrando a construção do conhecimento em sua realidade. O texto inicia dizendo:

Muitas teorias se sucederam até que chegássemos à concepção atual do sistema solar a que pertencemos. De início, o misticismo e a religião dissociavam as idéias sobre o Universo do caráter científico. (p.204)

Na continuação o material didático mostra a evolução das ideias geocêntricas até chegar ao heliocentrismo de Copérnico, o texto faz o leitor notar que existiram vários modelos diferentes do Cosmo que pairavam no ambiente intelectual daquela época, e destaca os modelos de Ptolomeu e Copérnico dizendo:

Embora mais simples que o de Ptolomeu, o modelo de Copérnico – heliocêntrico, pois admitia o Sol como centro do Universo – encontrou grandes obstáculos para sua aceitação, já que se contrapunha aos preconceitos antropocêntricos da igreja. (p.204)

O trecho acima faz notar que existiram reações contrárias ao sistema heliocêntrico, por parte da igreja pelo fato desse modelo apresentar fragilidade dos aspectos físicos e matemáticos, pois na época não existia o cálculo diferencial. O homem vai construindo suas ferramentas de estudo aos poucos, às vezes

adaptando e melhorando as técnicas de observação, assim podendo-se chegar a alguma teoria ou lei. Além disso, o sistema heliocêntrico tirava a Terra do centro do Universo, logo podemos identificar uma ciência mutável, contextualizada e muitas vezes com rupturas e dificuldades encontradas e superadas na construção do saber científico ao longo do tempo **(A8)**.

O material didático traz dois boxes (quadros ilustrativos), com trechos sobre as vidas de Copérnico e Johannes Kepler, com suas principais obras, datas de nascimento e morte. Podemos observar no box referente a Copérnico que o livro mais uma vez cita a igreja que na época cria uma relação de livros proibidos (Index), no box referente a Kepler o livro destaca a comunicação que o astrônomo alemão teve com Galileu. E também cita a importância dos dados de Tycho Brahe para a descoberta de suas leis, assim os leitores podem ver a Física como uma atividade humana de muitos lados que realmente é. Isto significa apresentar o assunto em perspectiva histórica e cultural, e mostrar que as ideias da ciência, em especial da Física, têm uma tradição assim como modos evolucionários de adaptação e mudança, fazendo assim uma ciência humana **(A8)**.

A coleção nº8 não se prende apenas aos conceitos do assunto, traz também conceitos da atualidade, como por exemplo DNA, num trecho que fala sobre os restos mortais de Copérnico. Podemos ver:

Com o auxílio de computadores, silicone e outros recursos, uma reconstituição facial do crânio recolhido nas buscas arqueológicas, chegou-se a uma figura muito semelhante àquelas que aparecem nos retratos do criador da Teoria Heliocêntrica (...) (p.205).

Assim o livro discute diversos aspectos do conhecimento científico que não podem ficar alheios durante a explicação dos conceitos, dessa forma o leitor conseguirá ver uma ligação com Biologia, também será incentivado a pesquisar sobre as novas tecnologias usadas na ciência.

No que concerne às figuras, destacamos neste aspecto que o PNLD 2012 no diz que as obras recomendadas devem ter figuras claras e precisas ajudando e completando o assunto em questão (*PNLD, 2012, p.15*), assim a coleção nº8

mostra-se bem ilustrada trazendo fotos dos cientistas como Ptolomeu, Nicolau Copérnico e Kepler, as imagens aparecem numa sequência histórica.

O livro faz menção à luneta, este instrumento tão usado no século XVI pelos astrônomos para realizarem suas observações e descobertas. É muito importante que o material didático apresente esses instrumentos, pois o leitor irá perceber as dificuldades instrumentais da época, como os equipamentos eram rudimentares em relação aos de hoje. No entanto, os cientistas continuavam perseverantes em suas pesquisas. Segundo MOURÃO (2008, p.151) o idealizador da luneta foi Giovanni Batista della Porta (1535-1615) e não Galileu. Assim, podemos identificar um erro histórico, que no nosso trabalho seria a subcategoria **(C1)** histórias cuja veracidade não é comprovada. Vejamos o que diz a coleção nº8:

Um importante adepto do pensamento copernicano o astrônomo Galileu (1564-1642) em razão das necessidades de suas observações astronômicas, Galileu construiu diversas lunetas, com as quais observou os satélites de Júpiter (...) (p.205).

No que segue, o material didático mostra um trecho que evidência como toda área do conhecimento humano é construída à medida que novas descobertas são apresentadas enquanto as antigas são por vezes substituídas e melhoradas. Isso mostra que o conhecimento não surge de forma sequencial, pelo contrário, muitas vezes existem opiniões e situações adversas às ideias lançadas. Um exemplo seria a transição do geocentrismo para o heliocentrismo, dessa forma a ciência avança e também recua surgindo novas teorias.

A crescente controvérsia entre as proposições de Ptolomeu e Copérnico levou os astrônomos a estudos mais profundos. Foi o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630) quem conseguiu descrever de modo preciso os movimentos planetários. (p.205)

Assim uma ciência em discordância e ao mesmo tempo em evolução, caracteriza um conhecimento enquanto construção humana **(A8)** feito por várias opiniões e entendimentos. Da mesma forma através de correções e melhoramentos a ciência avança em busca de explicações mais seguras e universais, busca uma tradução mais precisa dos mistérios que a natureza propõe. Na época de Kepler só existia o conhecimento de seis planetas, a presença de Urano, Netuno e Plutão foi

constatada com a evolução de equipamentos de observação como lunetas e telescópios, também assim teremos uma ciência enquanto construção humana **(A8)**. Vejamos o trecho do livro que destaca esse aspecto:

“Atualmente o modelo aceito para o Sistema Solar é basicamente o de Copérnico, feitas as correções sugeridas por Kepler e por cientistas que o sucederam”. (p.205).

O material didático mostra bem uma ciência que por vezes pode ser falha, não rígida, afinal de contas a ciência é construída por humanos falhos e passíveis de erros e correções, assim é a realidade da ciência. Além do assunto, o livro valoriza o conhecimento atual, trazendo um box sobre as deliberações da União Astronômica Internacional (UAI) de 2006 à respeito da nova classificação de Plutão como planeta anão. Esse quadro em forma de box torna-se importante para que o leitor permaneça informado sobre as resoluções científicas atuais e, além disso, perceba como o conhecimento científico é dinâmico e ao mesmo tempo mutável.

Antecedendo às leis de Kepler, o livro traz uma definição sobre elipse com suas principais partes como: excentricidade, semi - eixos maiores, semi – eixos menores, fazendo com que o leitor visualize e entenda melhor a construção geométrica dessa figura tão significativa para o assunto em questão, servindo de base para o entendimento das leis de Kepler.

A coleção nº8 começa a apresentação das leis de Kepler mencionando um pouco da personalidade do astrônomo alemão, sua inteligência, obstinação e vocação pelos céus, também chama a atenção o fato de Kepler ter herdado informações de outros astrônomos de sua época como Copérnico. Vejamos o trecho:

“Kepler herdou um grande acervo de informações e medidas. Esses ingredientes ajudaram-no a verificar que existem notórias regularidades nos movimentos planetários, e assim ele pôde formular, **mesmo sem demonstrar matematicamente**, três generalizações, conhecidas como Leis de Kepler”. (grifo do autor, p.207).

No trecho acima o livro deixa claro que Johannes Kepler dependeu e usou ideias de outras pessoas, podemos notar o esforço do autor em tirar a visão que

muitas vezes nós temos de uma ciência feita por pessoas isoladas da sociedade, longe de tudo e de todos; assim como narra a história que Tycho Brahe e Kepler precisavam um do outro, temos a exemplificação histórica na frase clássica de Brahe que entrega todos seus dados observacionais a Kepler e diz: “*Que eu não tenha vivido em vão*”. (CONNOR, 2004, p.160). Assim o livro transmite uma ciência feita por humanos que buscavam o conhecimento, mais que também precisavam em alguns momentos de ajuda para continuarem na busca do saber. Podemos falar dessa forma numa ciência enquanto construção humana **(A8)**.

No mesmo trecho acima podemos identificar um erro histórico quando o livro diz: *Assim ele (Kepler) pôde formular, mesmo sem demonstrar matematicamente, três (...)* (p.207), Mourão em sua biografia sobre Kepler fala: “*No entanto, nos seis (...), Kepler perde-se em cálculos e mais cálculos ao tentar determinar a área oval*”. (MOURÃO, 2008, p.127), dessa forma podemos verificar no livro a subcategoria **(C1)** história cuja veracidade não é comprovada.

O primeiro volume da coleção nº8 apresenta as três leis de Kepler na sequência, sem um contexto histórico, caracterizando a subcategoria **(A5)**, seria interessante que o material didático apresentasse um panorama histórico com a trajetória seguida por Johannes Kepler em busca de suas teorias. No entanto, para auxiliar o leitor, traz um quadro chamado: *A ciência e a fé já foram unidas*, p.208, que contem informações sobre o astrônomo alemão, contendo suas obras, pessoas que participaram nas descobertas de suas leis, e faz uma breve referência a terceira obra do astrônomo chamada: *Harmonia do Mundo*. Podemos perceber a intenção do livro em aprimorar o material histórico e biográfico, nesse sentido vemos que existe um ideal a ser alcançado pela obra, dessa forma podemos identificar a categoria **(C2)**.

A primeira lei é assim mencionada: “*Em relação a um referencial no Sol, os planetas movimentam-se descrevendo órbitas elípticas, ocupando o Sol um dos focos da elipse*”. (p.207).

Para complementar a explicação da primeira lei, o material didático traz uma ilustração com detalhes mostrando alguns conceitos como: afélio, periélio, distância máxima e foco. Dessa forma, é muito importante o papel do professor que

juntamente com o livro deve adicionar mais exemplos com esses conceitos e mostrar que uma teoria científica é uma construção, resultado da superação de obstáculos que a teoria anterior não deu conta. Desse modo a ciência não é vista como domínio de gênios que em uma tarde inspiradora propõem uma teoria que revoluciona a humanidade, mas que surgem com muitas idas e vindas, alguns acertos e muitos erros, e principalmente muito trabalho.

O contato com a história das leis de Johannes Kepler, como elas foram concebidas, devem está nos livros principalmente para se conhecer a persistência e o trabalho desse homem que foi Kepler, sua obsessão em fazer com que as observações que herdara de Tycho Brahe se encaixassem em expressões e leis matemáticas, findou por derrubar quase todos os dogmas legados pelos gregos, como podemos observar na pesquisa desse trabalho na página 46.

Também chamando a atenção ao aspecto histórico quando nos referimos às duas últimas leis de Johannes Kepler pelo fato do intervalo da segunda para a terceira lei serem de uma década, sendo assim durante esse tempo houve acontecimentos que de uma maneira ou de outra, deveriam ser apresentadas no material didático, pois uma ciência apresentada de modo que não destaque o processo de desenvolvimento do conhecimento científico, sem seus aspectos externos influentes, caracteriza as subcategorias **(A1)** *ciência descontextualizada* e **(A7)** *ciência acumulativa*, essas subcategorias estão ligadas a história, além disso, na ciência podem ocorrer mudanças e crises. Segundo Kuhn: “*Crise vai gerando instabilidades que podem se transformar em verdadeiras revoluções na ciência*”. (KUHN, 2003, p.1)

As leis de Kepler se completam, fazem parte de uma sequência lógica, por isso é importante que o material didático evidencie essa ligação da descoberta das leis com seu contexto *histórico – cultural*. Kepler não poderia ter chegado à lei Harmônica sem antes ter descoberto suas duas primeiras leis (MOURÃO, 2008, p.124). No texto final os autores mostram para o leitor uma aplicação prática das leis de Kepler, e citam como exemplo os satélites, dessa forma o assunto se torna mais atraente e didático para o leitor em especial o aluno, que terá um exemplo do dia-a-dia sobre o assunto estudado. Vejamos o texto:

Em torno da Terra gravitam a Lua e centenas de satélites artificiais, além de muita sucata espacial. Nessa situação, podemos aplicar as três leis de Kepler, com a Terra fazendo o papel de “Sol” e os citados corpos o papel de “planetas”. (p.210)

Categorias	Coleção nº5	Coleção nº6	Coleção nº7	Coleção nº8
A1	0	1	0	1
A2	0	0	0	0
A3	0	1	0	0
A4	1	1	0	0
A5	1	1	1	1
A6	0	0	0	0
A7	0	0	2	1
A8	2	3	4	5
B1	0	0	1	0
B2	0	0	0	0
B3	0	0	0	0
C1	2	0	1	2
C2	1	1	0	1
C3	0	0	0	0

Quadro C: Frequência das categorias nos livros (PNLD 2012).

Agora que exploramos as análises dos livros, tendo como resultado os quadros **B** e **C**, iremos à próxima seção destacar alguns pontos que julgamos necessários, mostrando algumas relações existentes entre as categorias que foram analisadas ao longo da pesquisa.

4.1 Ciência como construção humana nas Coleções 2007 e 2012: evoluções, retrocessos e persistências.

Nesta seção, vamos dar início de maneira mais detalhada, a análise dos quadros B e C que foram formados, a partir das observações feitas dos livros. As análises nesta seção buscam evidenciar, ao longo do período estudado (2007/2012), as variações sofridas nas frequências das categorias, identificadas nas coleções e aqui discutidas, assim como compreender o significado das possíveis mudanças e persistências nas frequências das categorias. Deste modo, nosso objetivo foi mostrar como as categorias se relacionaram nos livros, na busca por compreender como tem avançado, nos livros estudados, aprovados no PNLEM (atual PNLD), a perspectiva da ciência enquanto construção humana.

Ao observarmos as coleções em grupo, separadas por ano, em que foram aprovadas no PNLEM, um dos primeiros elementos que nos chamam atenção foram às evoluções. Nesse caso, as frequências de determinadas categorias variam, ao longo do período estudado, contribuindo para que o conjunto das coleções, por vezes se distancie da perspectiva da ciência enquanto construção humana, tomando como parâmetro de análise a História das Leis de Kepler.

A seguir apresentamos o quadro referente às evoluções:

Categorias	Coleções 2007	Coleções 2012
A1	3	2
A2	2	0
A3	4	1
A5	9	4
A6	1	0
A8	5	14
B1	4	1
B2	1	0
B3	0	0

Quadro D: Evoluções entre as categorias identificadas nos livros.

A visão que alguns autores têm sobre a natureza da ciência e a construção do conhecimento é por vezes expressão de uma visão comum e simplista. Nós professores aceitamos esta visão implicitamente devido à falta de reflexão crítica e de uma educação científica que limita, com frequência a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados. Ensinar e aprender física estão intimamente ligados a investigar sua história, não podemos privar o ensino de conhecer tal história, com seus elementos influentes que determinam os caminhos da ciência.

Intimamente ligada uma visão *ahistórica* (**A5**) podemos considerar a (**A1**) *visão descontextualizada*, pois desta forma quando um material didático apresenta-se sem um bom conteúdo histórico, dificilmente será bem contextualizado em sua essência, como se fossem categorias “inversamente proporcionais”. De fato as coleções de 2007 mostraram-se mais descontextualizadas (**A1**) que as atuais, acompanhando inversamente os dados em relação à categoria (**A5**), assim: aparentemente vemos que uma obra mais *ahistórica* teria *menos* conteúdo histórico e seria *mais* descontextualizada. De maneira semelhante, uma obra menos *ahistórica* teria *mais* história, tendendo a se mostrar *menos* descontextualizada. Por isso a importância de se buscar materiais que além de possuírem conceitos científicos de cada época, explorem outros contextos da história, que não seja apenas o técnico-científico, como podemos observar o quadro D (ou quadro E), mais especificamente as categorias A1 e A5.

Categorias	Coleções 2007	Coleções 2012
A1	3	2
A5	9	4

Quadro E: frequência das categorias **A1** (visão descontextualizada da ciência) e **A5** (visão *ahistórica* da ciência) nas obras PNLD 2007/2012.

Dessa maneira pode-se alcançar um entendimento mais completo a respeito das complexas inter-relações entre a ciência e a sociedade, em um determinado espaço e tempo. A ciência em especial a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias, e sendo, por elas, alavancada.

O material didático sendo de grande importância na sala de aula torna-se muitas vezes responsável para o entendimento futuro do leitor (aluno e educador), para uma melhor percepção como se faz ciência. Desse modo, é muito importante uma linguagem que se preocupe em socializar um conhecimento feito por pessoas “normais”, um conhecimento enquanto construção humana, e não um conhecimento científico produzido por gênios alheios ao mundo real. Pois desta forma, corrobora-se uma visão distorcida da ciência.

Ao analisarmos as coleções em relação à categoria **A2** (*concepções individualistas e elitistas da ciência*), percebermos que essa preocupação, em difundir uma ciência mais humana e menos elitista, aumentou por parte dos autores, ao longo do período pesquisado.

	Coleções 2007	Coleções 2012
A2	2	0

Quadro F: frequência da categoria **A2** (*concepções individualistas e elitistas da ciência*) nas obras.

Assim no segundo grupo de livros pertencentes ao PNLD 2012, **A2** não foi encontrada. Entendemos que dessa forma as obras didáticas analisadas, mostraram-se com conteúdos mais elaborados, que apontam para a valorização e resgate não apenas da linguagem, mais também da interdisciplinaridade e da contextualização dos conteúdos como princípios pedagógicos.

Afinal, percebemos que os autores, nas coleções de 2012, se mostraram mais cuidadosos, com a linguagem, evitando certos termos, que costumam ser atribuídos convencionalmente à ciência e aos cientistas, evitando o uso de termos como “gênios”, “ciência absoluta”, “ciência confirmou”, “em busca da verdade final” e etc. Além do mais, em nossa perspectiva quando o livro traz citações e passagens mais ricas, com vários ambientes da época, e um coletivo de cientistas, tenderá a se mostrar mais interdisciplinar e contextualizado, pois acaba por promover ligações que acompanham a construção dos conceitos, tais como: histórico-político, filosófico-cultural, religioso-político, científico-filosófico, filosófico-religioso e etc. E assim, quando a obra traz as contribuições de vários cientistas, no material didático, para um determinado fenômeno científico-histórico, normalmente ajuda a perceber

que a ciência, não se desenvolve de forma atemporal, mais participando das transformações e mudanças de sua época.

Na abordagem aqui defendida, um elemento norteador para a construção de um ensino de física mais significativo, poderia ser o pensamento: “*para que ensinar Física*”, em vez de pensar: “*o que ensinar de Física*”. Dessa forma, o contexto histórico enriquece o significado a cada conceito e teoria que serão abordados em sala de aula. E assim, fará mais sentido criar ligações entre os assuntos que vão sendo abordados. No PNLEM 2007, temos alguns critérios eliminatórios e classificatórios das obras didáticas e entre eles podemos destacar o item 3, que defende a valorização das obras com uma abrangência teórica:

3. A obra deve pautar-se por um princípio de **abrangência teórica** e pertinência educacional, **priorizando os conceitos centrais, estruturadores** do pensamento em cada disciplina ou na área do conhecimento, em vez de privilegiar conceitos secundários. Visando a uma aprendizagem significativa de tais conceitos centrais, a obra deve evitar uma visão compartimentalizada e linear dos mesmos, buscando abordá-los de maneira recorrente, em diferentes contextos explicativos e situações concretas, em conexão com diferentes conceitos, favorecendo, assim, a construção de sistemas conceituais mais integrados pelos alunos. (PNLEM, 2007, p.41) (grifo nosso).

Assim nas coleções analisadas podemos perceber uma linguagem mais criteriosa, os assuntos vêm aparecendo com mais detalhes ao longo dos anos, materiais que adotam conexões entre os conceitos tornam-se até mais contextualizados.

Quando o livro apresenta as teorias usando a ideia de uma *ciência enquanto construção humana*, faz também o leitor perceber a importância do processo de construção de cada teoria na história da ciência, Chalmers em seu livro cita a importância da teoria com um exemplo:

Suponhamos uma **teoria astronômica que deve ser testada pela observação** da posição de algum planeta através de um telescópio. A teoria deve prever a orientação do telescópio necessária para uma visão do planeta em algum tempo especificado. (CHALMERS, 1993, p.85-86) (grifo nosso).

Dessa forma, notamos que houve uma diminuição da categoria **A3** *concepções empiro – indutivista e ateórica*, ao longo do período considerado. E assim, é possível inferir que a ciência nas obras analisadas, vem sendo melhor trabalhada nos livros, tirando a ideia de uma ciência apenas reduzida à observação na busca de descobertas, sem um apoio teórico, de acordo com a variação decrescente sofrida na categoria **A3** (concepções empiro – indutivista e ateórica).

	Coleções 2007	Coleções 2012
A3	4	1
A6	1	0

Quadro G: frequência das categorias **A3** (concepções empiro – indutivista e ateórica) e **A6** (visão exclusivamente analítica) nas obras.

Também como consequência da diminuição da categoria **A3** nos livros didáticos, foi observada paralelamente à baixa frequência da categoria **A6** *visão exclusivamente analítica da ciência*, que está ligada a categoria analisada no *quadro G*. Cachapuz destaca que essas concepções, não só A3 e A6, mais as que foram citadas neste trabalho, estão associadas entre si e formam um esquema conceitual relativamente integrado:

Assim, **estas concepções aparecem associadas entre si**, como expressão de uma imagem ingênua da ciência que se tem ido desencantando, passando a ser socialmente aceita. De fato essa imagem tópica da ciência parece ter sido assumida por numerosos autores do campo da educação, que criticam como características da ciência o que não são senão visões deformadas da mesma. (CACHAPUZ, 2005, p.52) (grifo nosso).

Quando a ciência é apresentada no material didático, tornando evidente que o conhecimento científico é aberto, sujeito a mudanças e reformulações, que a ciência tem como objetivo criar interações entre as teorias para que surjam outras, e que o conhecimento não é construído pontualmente, a tendência do material é apresentar seu conteúdo trazendo cada vez menos a visão analítica, que defende uma ciência baseada em hipóteses e sem atitudes críticas. Por outro lado, percebemos que o conteúdo do material didático se apresentará mais como uma ciência enquanto

construção humana, se cada vez mais tentar minimizar a frequência com que essas visões deformadas da ciência estejam presentes em seus exemplares.

No ensino de ciências, a linguagem contida no material didático torna-se importante, sem, no entanto desprezar a importância da aprendizagem dos *métodos científicos*, não necessariamente um único método. Dessa forma, como vimos isso pode gerar uma visão deformada da ciência, uma ciência rígida (**A4**). Mas será que método científico é de fato uma sequência linear, como está sendo colocada em alguns materiais? Será que existe mesmo esta sequência tão bem definida de etapas que parece caracterizar a visão leiga de método científico?

Nosso argumento neste trabalho é o de que esta concepção do método científico comum em alguns materiais é equivocada. Isto é, não é assim que se produz o conhecimento científico. Na prática muitas vezes o cientista procede por tentativas, vai numa direção, volta, mede novamente, abandona certas hipóteses porque não tem equipamento adequado, faz uso da intuição, dá “chutes”, se deprime, se entusiasma, se apega a uma teoria. Assim entendemos que fazer ciência é uma atividade humana, com todos os defeitos e virtudes que o ser humano possui, é dessa forma que a ciência deve ser apresentada nos materiais didáticos.

Nos livros didáticos analisados podemos perceber o cuidado com a linguagem por partes dos autores, pois nos livros pertencentes ao PNLD 2012, onde notamos uma frequência maior da categoria **A8** (*ciência enquanto construção humana*), as categorias **B1**, **B2** e **B3** aparecem menos vezes, e em até alguns livros não apareceram, significando que tais livros tiveram maior cautela na linguagem adotada ao se referirem ao método científico. Observemos o quadro H:

	Coleções 2007	Coleções 2012
B1	4	1
B2	1	0
B3	0	0
A8	5	14

Quadro H: categorias: **B1** (menções implícitas ao método científico), **B2** (menções explícitas ao método científico) e **B3** (discussões mais sofisticadas sobre o método científico), que representam o método científico versus **A8** (ciência enquanto construção humana) nos livros pertencentes ao PNLD 2007/2012.

A linguagem do material didático deve apresentar a produção do conhecimento científico como uma atividade essencialmente humana. Por outro lado defender junto ao leitor a ideia de que o método científico é uma sequência rígida, lógica de passos programados, pode reforçar ou gerar várias concepções errôneas sobre ciência.

Os livros pertencentes ao PNLD 2007 apresentaram mais conteúdo tratando-se sobre método científico, porém nenhum deles tentou justificar, com o mesmo cuidado do segundo grupo de livros, que o método científico não é um procedimento lógico e rígido. Dessa forma, portanto é preciso superar a visão de ciência que considera o processo de produção de conhecimento científico como uma rígida sequência de passos que começa com a observação e culmina em uma conclusão / descoberta. O presente trabalho pretende ser apenas um alerta nesse sentido.

Por fim, também podemos observar a influência do PNLEM (atual PNLD) sobre a qualidade dos conteúdos da história e filosofia da ciência dos livros. Algumas coleções aprovadas sofreram reestruturações, a fim de se enquadrarem ao edital do Plano Nacional do Livro Didático, e aparecem com conteúdos mais elaborados e abordagens mais criteriosas a respeito da história da ciência. Também quando nos referimos à categoria (**A8**) *ciência enquanto construção humana*, notamos um crescimento no número de vezes em que esta categoria é identificada nas obras (*Quadros D e H*). Sendo assim, um indicativo que os materiais, ao longo dos anos, têm buscado superar as concepções deformadas de ciência.

Retrocessos

A seguir apresentaremos a categoria, que contribuiu como indicativo nas obras analisadas, evidenciando um “não avanço” ou “retrocesso”, em busca de uma ciência enquanto construção humana. Trata-se da presença dos mitos e histórias cuja veracidade não são atualmente comprovadas.

Observou-se na análise feita, um aumento da categoria **C1** referente à presença de mitos ou histórias não comprovadas. Analisemos o quadro abaixo:

Categoria	Coleções 2007	Coleções 2012
C1	0	5

Quadro I: frequência da categoria **C1** (categoria relacionada à presença de mitos ou histórias cuja veracidade não é comprovada) referente aos livros PNLD ano de 2007/2012.

Provavelmente, o aumento de **C1** se deve a maior presença de conteúdos históricos presentes nos materiais didáticos. Acontece que a utilização da história, requer pesquisa e busca de fontes primárias por parte dos autores e professores. Caso contrário, corremos o risco de utilizarmos materiais não confiáveis.

A não utilização de fontes primárias aumenta o risco de se cometer erros de interpretação históricos, e também o de perpetuar interpretações equivocadas feitas no passado. Nesse sentido, não é difícil encontrar verdadeiros “mitos” a respeito da história da ciência em manuais didáticos, repetidos por sucessivas gerações de autores. Esse fenômeno indica uma tendência de os livros didáticos copiarem seus antecessores – muitas vezes, de maneira acrítica (RAMBERG, 2000, grifo nosso).

O professor deve ser bastante criterioso quando se trata da confiabilidade das informações. Hoje os educadores possuem informações em tempo real através da rede mundial de computadores, todavia em alguns casos podemos nos deparar com muitas informações, que não trazem um conteúdo adequado para os objetivos de ensino. Podemos pensar que muitas vezes temos: *“Muita informação e pouca formação”*.

Assim vale a pena seguir os conselhos dos PCN’s quando se referem à busca de informações: *“É claro que a confiabilidade das fontes de informações deve ser objeto de atenção do professor.” (PCN, p.109, 1998).*

Persistências

Ao longo da pesquisa, também foi observado que algumas categorias permaneceram constantes, no intervalo de tempo (2007/2012) de estudo das obras de ensino médio. Dessa forma, tornando-se um indicativo de *atenção* e *prudência* usada por alguns autores, na escrita e linguagem das obras didáticas.

Na análise das coleções, em relação às frequências das categorias (**A4** *visão rígida* e **A7** *visão acumulativa*), observou-se que tais categorias se mantiveram constante⁴ nos dois grupos analisados. Por outro lado, desejava-se uma frequência menor ao longo dos anos. Afinal, essas visões transmitem uma ciência inflexível e acumulativa, que costuma apenas empilhar conhecimentos ao longo do tempo.

Categorias	Coleções 2007	Coleções 2012
A4	2	2
A7	3	3

Quadro J: frequência das categorias **A4** (visão rígida e algorítmica da ciência) e **A7** (visão acumulativa de crescimento linear da ciência) nos livros.

Assim podemos perceber que as obras vêm melhorando, provavelmente devido ao PNLD, fundamento pelos PCN's que buscam orientar práticas educativas, significativas e contextualizadas, por meio de situações-problemas, dentro da perspectiva interdisciplinar.

No plano nacional, observamos que nos PCN's referentes às ciências naturais, em várias partes considera o ensino de caráter histórico do conhecimento científico como conteúdos importantes para uma boa formação estudantil, assim o *PNLEM* (atual PNLD), também chama a atenção para que conteúdos históricos apareçam em livros didáticos, tornando pertinente nossa análise a respeito da história da ciência nas obras didáticas de física.

Continuando com as análises dos *quadros B* e *C*, podemos observar progressos em relação à introdução de alguns assuntos (mais conteúdo histórico). Nos livros pertencentes ao ano de 2007, a categoria ahistórica (**A5**) apareceu mais

⁴ (nº de vezes que cada categoria apareceu nos anos 2007 e 2012 se manteve).

vezes do que as coleções pertencentes ao ano 2012. Assim o segundo grupo de livros analisados apresentou-se com um maior número de conteúdos históricos. Por outro lado, observou-se uma estabilidade na quantidade de *menções e notas biográficas* **C2**.

Portanto, nos indicativos do *quadro L*, podemos perceber que as coleções mais descontextualizadas, aparecem menos históricas. Em relação às categorias C2 e C3, ligadas à categoria A5, podemos observar que não houve aumento ou diminuição, assim os livros continuaram valorizando apenas o uso de citações e notas biográficas, para a introdução dos conteúdos históricos.

Além disso, foi observado que os conteúdos históricos tendem aparecer valorizando experiências passadas, somados a conhecimentos da atualidade e não apenas conhecimentos aceitos atualmente (**C3**). Assim, a categoria C3 não foi observada em nenhum volume analisado neste trabalho, provavelmente pela forte preocupação do PNLD, em valorizar a contextualização dos conceitos e a presença de conteúdos históricos, relacionados com conhecimentos escolares, como podemos presenciar no quadro, a seguir:

Categorias	Coleções 2007	Coleções 2012
A1	3	2
A5	9	4
C2	2	2
C3	0	0

Quadro L: frequência das categorias **A1** (visão descontextualizada), **A5** (visão ahistórica), **C2** (menções e notas biográficas) e **C3** (abordagem histórica que valoriza apenas os conhecimentos aceitos atualmente) nos livros pertencentes ao PNLD 2007/2012.

Considerações Finais

Ao iniciarmos a elaboração deste trabalho tínhamos como meta a produção de um material alternativo para inserção no cotidiano da sala de aula, e que pudesse se constituir como mais um instrumento auxiliar aos professores no exercício de seu trabalho educacional.

A escolha do tema: ***As Leis de Kepler em livros didáticos de Física: a Ciência enquanto construção humana*** estaria relacionada, entre outros fatores, ao desafio de transformar um assunto que julgamos de difícil abordagem e de elevado grau de especificidade, em um conteúdo que pudesse despertar o interesse dos diferentes tipos de estudantes, e não apenas dos alunos que se destinarão ao estudo das ciências exatas e da natureza. O objetivo do trabalho foi analisar o potencial da história da descoberta das Leis de Kepler, veiculada em livros didáticos de Física do Ensino Médio, para superar o senso comum da ciência como verdade absoluta, na direção de ciência enquanto construção humana.

Já os objetivos específicos escolhidos para complementar a análise foram: 1- Identificar os critérios que permitem classificar a ciência, vinculada em livros didáticos do PNLEM, a partir da descoberta das Leis de Kepler, enquanto construção humana, 2- Classificar as visões de ciência, veiculadas no livro didático quando abordam as Leis de Kepler e 3 - Estabelecer possíveis relações entre as visões da ciência e estratégias de inserção das Leis de Kepler nos livros do PNLD.

Na metodologia foram levantados alguns aspectos (em forma de categorias) envolvendo o uso da História da Ciência e a importância que os Livros Didáticos de Física possuem no processo de ensino-aprendizagem. O aprofundamento da análise teve como recorte da História, nosso “personagem” principal o astrônomo alemão Johannes Kepler, que foi observado através dos livros e serviu de base para avaliação da ciência enquanto construção humana.

Assim procuramos mostrar que a ciência é um construto humano cujo objetivo é levar a compreensão do mundo, dessa forma o conhecimento científico representa a realidade. Muitas vezes vemos nos livros uma ciência apresentada de forma “pronta”, como um conjunto completo e linear de fatos conhecidos, mas isso não é verdade.

Na análise dos livros didáticos do ensino médio, tivemos a oportunidade de observar a importância do conhecimento histórico no material escolar, e conseqüentemente em sala de aula. A introdução de mais conteúdo histórico no material didático faz com que acompanhem a trajetória do conhecimento científico. Dessa forma, podemos adquirir um olhar mais crítico e mais humano da ciência.

Na escolha do material didático, muitas vezes o professor de física tende a dar prioridade ao material mais “matematizado”, com extensas fórmulas e deduções. Por outro lado, esta tendência pode ser um sinal de uma formação acadêmica incompleta do educador, que não valoriza uma ciência que sempre está sendo criada e reformulada. O conhecimento não pode ser resumido apenas, a equações e funções matemáticas, assim corremos o risco de doutrinar, e não ensinar ciências.

Dessa forma encontraremos sentido em estudar os conhecimentos históricos, tornado-se muito mais simples atribuir um significado a cada conceito e teoria, que serão abordados em sala de aula, dando mais oportunidade em criar ligações entre os assuntos que serão abordados futuramente.

Por outro lado, se o material didático e o professor trazem consigo a questão: *O que ensinar de física?* Estarão caminhando para a filosofia de ensino dos cursinhos pré-vestibulares, que visam apenas à transmissão do conhecimento, simplesmente com o objetivo de aprovações nas provas universitárias.

Na análise dos livros tivemos a oportunidade de observar que as coleções, pertencentes ao ano de 2012, evidenciaram a categoria **A8** (ciência enquanto construção humana), mais do que as coleções que faziam parte do PNLEM 2007. Desse modo, concluímos que os autores buscaram mais o uso da história e da filosofia da ciência. Com o aumento evidente de mais temas históricos, surge a tendência de observarmos materiais didáticos mais contextualizados e interdisciplinares, tornando-se dessa forma, um progresso para o ensino - aprendizagem de ciências.

Existe uma proposta brasileira incentivadora para o uso da história da ciência, como instrumento didático de ensino. Essa proposta pode ser observada através dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's):

Ao mesmo tempo, a física deve vir a ser reconhecida como um **processo cuja construção ocorreu ao longo da História da humanidade**, impregnada de contribuições culturais, econômicas e sociais... (PCN, 1999, p.59). (grifo nosso)

A proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais em relação ao uso da história tem incentivado cada vez mais os autores, a se tornarem mais criteriosos no momento da elaboração dos materiais didáticos. Dessa forma, notamos o aparecimento de livros historicamente mais elaborados.

Temos um conjunto formado por três elementos importantes, para que o ensino de ciências torne-se melhor. São eles: O aluno, o professor e o livro. Esses elementos devem se relacionar de forma harmônica. O aluno além do saber escolar, possui suas experiências pessoais, que devem ser observadas e valorizadas pelo professor, para que este também aprenda.

O professor também possui um papel importante neste processo de ensino-aprendizagem, pois sempre estará interagindo com os alunos, contribuindo com suas experiências acadêmicas e pessoais. A escolha do livro através do professor torna-se importante neste conjunto, quando o educador tem condições de escolher um material, que traga uma visão crítica e contextualizada da ciência para o aluno. É de grande importância, o professor enfatizar o conhecimento científico, como processo em edificação constante de saberes, que nem sempre são concordantes, e que avança à custa de construção e desconstrução de ideias.

Portanto, as visões deformadas da ciência indicadas neste trabalho devem ser evitadas pelos professores e materiais didáticos, pois o estudo das ciências no ensino médio também tem como objetivo preparar o aluno para o mundo do trabalho e o exercício da cidadania, da prática da autonomia intelectual e do pensamento crítico.

Na pesquisa realizada procuramos mostrar, que a ciência representa a natureza, e a história da ciência nos auxilia neste sentido. Quando falamos em “ciência enquanto construção humana”, temos que levar em consideração uma ciência que é viva e dinâmica, que sempre poderá sofrer modificações ao longo do tempo. Por isso nosso título: *“As Leis de Kepler em livros didáticos de Física: a Ciência enquanto Construção Humana”*.

A inclusão da história da ciência no ensino deve ser uma realidade, tanto para o professor, como para o aluno. Buscar conhecimento histórico é compreender melhor a origem e significados dos conceitos científicos dentro do contexto em que surgiram no passado. As informações históricas da ciência presentes nos livros didáticos irão influenciar as visões de ciência que serão construídas, pelos alunos em seu processo de aprendizagem. Por isso, a importância do livro didático como referência de conhecimento escolar. Por outro lado, a partir desses materiais, pode-se construir uma imagem equivocada da atividade científica. Segundo Martins:

Assim como existem os professores improvisados de história da ciência, que não tem formação adequada, há os escritores improvisados de história da ciência. São pessoas sem um treino na área, que se baseiam em obras não especializadas (livros escritos por outros autores improvisados), juntam com informações que obtiveram em jornais, enciclopédias e na Internet, misturam tudo no liquidificador (ou no computador) e servem ao leitor desavisado. (MARTINS, 2006, p.xxiv)

Um ponto que pode ser levado em consideração é a necessidade de um maior e mais efetivo contato dos autores com pesquisadores da história. Isso influenciaria na qualidade dos livros, diminuindo dessa forma alguns erros presentes, favorecendo uma melhor maneira de introduzir o conhecimento científico. Acreditamos também que o professor, na sua formação inicial, deveria ter mais acesso a materiais históricos, palestras, seminários e discussões a respeito da história.

Esta complexa ciência chamada Física possui uma rica história e está imersa em um contexto dinâmico e amplo. Um ensino que visa difundir uma ciência enquanto construção humana, não pode se limitar a apresentação de simples conceitos, fórmulas, nomes e datas.

REFERÊNCIAS

AFONSO – GODFALD, Ana Maria. **O que é História da Ciência**. 1ª edição - São Paulo: Brasiliense, 2004.

ANTÔNIO, Cachapuz. **A necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. 223p.

BOEHNER, Philotheus; GILSON, Etienne. **História da filosofia cristã**: desde as origens até Nicolau de Cusa. Título original: **Christliche philosophie: von ihren anfaengen bis Nikolaus von Cues**. Tradução Raimundo Vier. Rio de Janeiro: Vozes, 2000.

BRASIL. MEC. **Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: Ministério da Educação, 1996.

BRASIL. MEC. SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnologia, 1998.

BRASIL. MEC/SEF. **Guia de Livros Didáticos para o Ensino Médio**– PNLD 2008. Brasília: FAE, 2008.

BRASIL. MEC/SEB. **Guia de livros Didáticos para o Ensino Médio** – PNLD 2012. Brasília: FNDE, 2011.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Cláudio. **Breve História da Ciência Moderna**. Vol. 2: das máquinas do mundo ao universo-máquina. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

BRINCKMANN, Cátia. **Formação de Professores de Física e a História da Ciência**. Paraná: (Artigo apresentado no IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, p. 8364 – 8374, 2009.

CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.

CHATEL, Paul. **O castelo das estrelas: a estranha história de Tycho Brahe, astrônomo e grande senhor**. 1ª edição – São Paulo: Nova Stella, 1990.

CHAUÍ, Marilena. **Convite à Filosofia**. 4ª edição – São Paulo: Editora Ática, 1995.

CONNOR, James A. **A Bruxa de Kepler: a descoberta da ordem cósmica por um astrônomo em meio a guerras religiosas, intrigas políticas e julgamento por heresia de sua mãe**. Rio de Janeiro: Rocco, 2005.

DOCA, Ricardo Helou. **Física 1**. 1ª edição – São Paulo: Saraiva, 2010.

EINSTEIN, A. e INFELD, L., (1976). **A evolução da Física**. 3 ed. Rio de Janeiro: Zahar.

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética da ciência**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

FUKE, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio, volume 1**. 1ª edição – São Paulo: Saraiva, 2010.

GIORDAN, Marcelo. **Visões de ciências e sobre cientista entre estudantes do ensino médio**. São Paulo, Revista Química na escola nº15, p.11- 18, maio de 2002.

GLEISER, Marcelo. **A dança do Universo: dos mitos de criação ao Big Bang**. 2ª edição – São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GLEISER, Marcelo. **A harmonia do Mundo: As aventuras e desventuras de Johannes Kepler, sua astronomia mística e a solução do mistério cósmico, conforme reminiscências de seu mestre Michael Maestlin**. 1ª edição – São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

GONÇALVES FILHO, Aurélio. **Física e Realidade: ensino médio volume 1**. 1ª edição – São Paulo: Scipione, 2010.

GONÇALVES FILHO, Aurélio. **Física, volume único: ensino médio**. 1ª edição – São Paulo: Scipione, 2005.

GOULART, Sílvia Moreira. **História da ciência: elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências**. Publicado no livro: Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade, São Paulo, 2005.

GURGEL, Célia M.A. **Concepção de neutralidade e objetividade de ciência e tecnologia na formação de professores de ciências: argumentos para inserção da história e sociologia da ciência na construção do conhecimento científico**. R.B.E.C.T. vol 1, nº1, jan/abr.2008.

KOYRÉ, A., (1991). **Estudos da história do pensamento científico**. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987.

JERUSALÉM, **Bíblia de**. São Paulo: Editora Paulus, 2002.

LABURÚ, Carlos Eduardo. **Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais**. São Paulo: Caderno Brasileiro Ensino de Física, v.6, nº1: p.24 – 47, abril. 2009.

LIMA, Ana Paula dos Santos. **História é Ciência?** Bahia, Disponível em: www.uesc.br/eventos/ciclohistoricos/.../ana_paula_dos_santos_lima...> Acesso em: 28 de Dez. 2011.

LOMBARDI, Anna Maria. **Gênios da Ciência: A harmonia dos Astros**. São Paulo, Disponível em: www.sciam.com.br >Acesso em: 30 nov. 2011, SIAM nº8, 2005.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro. **Coleção de olho no mundo do trabalho**. Volume Único. 1ª edição – São Paulo: Scipione, 2003.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro. **Física: Volume 1**. 1ª edição – São Paulo: Scipione, 2005.

MARQUES, DEIVIDI MARCIO E CALUZI, JOÃO JOSÉ. **Contribuições da história da ciência no ensino das ciências: alternativa de inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio**. São Paulo, Enseñanza de las ciencias, número extra, p.1 - 4, 2005.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Sobre o papel da história da ciência no ensino**. Boletim da Sociedade de História da Ciência (9): p. 3-5, 1990. Disponível em: <http://ghc.ifci.unicamp.br/pdf/ram-42.pdf>

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. **A história da Ciência e o ensino da Biologia**. Ciência e Ensino nº 5, p.18-21, 1998.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. Pp 17-30 in: SILVA, C. C. (org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MATTHEWS, M.R. **Ensino de ciências - O Papel da História e Filosofia da Ciência**. Nova york: Routledge, 1994.

MATTHEWS, M. R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Ciências, v. 12, n. 3, dez., p.

164-214, 1995. Disponível em <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/12-3/index.html>. Acesso em: 02 abr. 2009.

MICHAELIS: **dicionário escolar espanhol**. – 2ª Edição, São Paulo: Editora Melhoramentos, 2009. – (Dicionário Michaelis)

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Kepler – A descoberta das leis do movimento planetário**. 2ª edição – São Paulo: Odysseus Editora, 2007.

MOREIRA, Marco Antônio. **Sobre o ensino do Método Científico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.10, nº2: p.108 – 117. Agosto, 1993.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. **A história da ciência no ensino de física**. Revista Ciência & Educação, São Paulo 1998, 5(1), 73–81.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física de São Carlos Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PEDUZZI, Luiz O.Q. **Sobre a utilização didática da História da Ciência**. In: Pietrocola, Maurício (org.). Ensino de Física. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. P.151-170.

PESSOA JR, Osvaldo. **Quando a Abordagem Histórica Deve Ser Usada no Ensino de Ciências?** Ciência & Ensino, nº 1, p. 3-6, out. 1986.

PIMENTEL, Jorge Roberto. **Livros didáticos de ciências: a física e alguns problemas**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.15, n.3, p.308-318, dez.1998.

PRADO, Fernando Dagnoni. **Experiências Curriculares com História e Filosofia da Física**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.6, n.especial, p.9-17, jun. 1989.

QUINTAL, João Ricardo. **A história da ciência no processo ensino-aprendizagem**. Rio de Janeiro: Revista Física na Escola, v. 10, n. 1, p. 21 – 25, 2009, Disponível em: www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a04.pdf > Acesso em: 28 de Dez. 2011.

RAMBERG, P.J. **A morte do vitalismo e do nascimento da química orgânica: Síntese de Wöhler da uréia e da identidade disciplinar da química orgânica**. Ambix, v.47, nº 3, p. 170 – 195, 2000.

Revista da SBHC. N.8, p.57-66, 1992. Disponível em: http://www.mast.br/arquivos_sbhc/121.pdf Acesso em: 28 nov. 2010.

RONAN, C. A. (1983). **História Ilustrada da Ciência.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, v.2.

ROSSONI, Sirlei. **A história da ciência e do conhecimento: algumas (in) certezas.** Rio Grande do Sul. p. 1 – 22, Disponível em: www.sicoda.fw.uri.br/revistas/artigos/1_5_55.pdf > Acesso em: 28 de Dez. 2011.

RUSSEL, T.L. **O que a história da ciência, quanto, e por quê?** Educação científica, volume 65, p.51 – 64, 1981.

SAMPAIO, José Luiz. **Universo da Física.** 2ª edição – São Paulo: Atual, 2005.

SILVA, Erman Naum. **A história da Ciência nos Livros Didáticos.** Vitória, ES (Artigo: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009), p. 1 – 12, 2009.

SOARES, P. A. T. **Física Básica.** São Paulo: Atual, 1999.

TERNES, Paula Lausmann. **A História da ciência em livros didáticos de ciências utilizados no ensino fundamental.** Florianópolis, VII ENPEC, 8 de Nov. de 2009.

TORRES, Carlos Magno A. **Física – Ciência e Tecnologia: volume 1.** 2ª edição – São Paulo: Moderna, 2010.

TRINDADE, Diamantino Fernandes. **A interface ciência e educação e o papel da história da ciência para a compreensão do significado dos saberes escolares.** Brasil (Revista Ibero Americana), nº 47/1, p.1 – 7, 25 de set. 2008.