

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

**A ROTAÇÃO E A TRANSLAÇÃO DA
TERRA: UM ESTUDO SOBRE O QUE SE
ENSINA E O QUE SE VÊ**

MICHEL PASCHINI NETO

PIRACICABA, SP
(2016)

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Marjory Harumi Barbosa Hito. CRB-8/9128

P279r	Paschini Neto, Michel A rotação e a translação da Terra : um estudo sobre o que se ensina e o que se vê / Michel Paschini Neto. – 2016. 276 f. : il. ; 30 cm. Orientadora: Profa. Dra. Maria Guiomar Carneiro Tommasiello Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Educação, Piracicaba, 2017. 1. Ensino e Aprendizagem - Astronomia. 2. Ciência - História. I. Tommasiello, Maria Guiomar Carneiro. II. Título. CDU – 37:521.93
-------	---

A ROTAÇÃO E A TRANSLAÇÃO DA TERRA: UM ESTUDO SOBRE O QUE SE ENSINA E O QUE SE VÊ

MICHEL PASCHINI NETO

ORIENTADORA: MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMMASIELLO

**Tese apresentada à Banca
Examinadora do Programa de Pós-
Graduação em Educação da UNIMEP
como exigência parcial para
obtenção do título de Doutor em
Educação.**

**PIRACICABA, SP
(2016)**

BANCA EXAMINADORA

**Maria Guiomar C. Tommasiello/UNIMEP
(orientadora)**

Elysandra Figueredo Cypriano/USP

Maria Inês Bacellar Monteiro/UNIMEP

Paulo Sérgio Bretones/UFSCar

Ramachrisna Teixeira/USP

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Maria Guiomar Carneiro Tommasiello por ter acreditado em mim e por ter caminhado sempre ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis desta jornada.

Ao amigo e mestre Ramachrisna Teixeira pelas conversas, orientações e conselhos para a realização deste trabalho.

À Profa. Maria Inês B. Monteiro pelas sugestões e orientações dadas por ocasião da qualificação do trabalho.

Aos professores que participaram da banca de defesa: Profa. Dra. Elysandra Figueredo Cypriano-USP; Profa. Dra. Maria Inês Bacellar Monteiro-UNIMEP; Prof. Dr. Paulo Sérgio Bretones-UFSCar; e Prof. Dr. Ramachrisna Teixeira-USP.

À Profa. Dra. Márcia Azanha F. D. Moraes e à Leandro Gilio da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ-USP pela ajuda na programação do Excel para a realização dos cálculos dos índices atitudinais dos questionários.

Ao Afonso Pereira da Silva Filho pela ajuda na confecção dos questionários on-line.

Aos meus pais Elzio Roberto Paschini e Marisa Augusta Paschini que me ajudaram muito, principalmente na fase final desta trajetória, cuidando dos meus filhos durante minha ausência.

Aos meus sogros Antônio Luiz de Paula Ribeiro (*in memorian*) e Vera Helena Azanha de Paula Ribeiro (*in memorian*)

À minha cunhada Luciana Azanha de Paula Ribeiro por também ter se disponibilizado, na minha ausência, a cuidar dos meus filhos.

Aos professores, colegas e funcionários da pós-graduação em Educação da UNIMEP.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos de Doutorado.

À *Bia*, minha amada esposa, que sempre permaneceu ao meu lado me incentivando e tendo muita paciência nos momentos em que tive que me ausentar devido a esta pesquisa.

Aos meus amados filhos Guilherme e Helena, pela alegria que me dão.

E a DEUS por ter me dado força e sabedoria para a realização desse trabalho.

Seguramente bem posso, Santíssimo Padre, ter a certeza de que certas pessoas, ao ouvirem dizer que eu atribuo determinados movimentos ao globo terrestre, nestes meus livros escritos acerca das revoluções das esferas do Universo, imediatamente hão-de gritar a necessidade de eu ser condenado juntamente com tal opinião.

(Nicolau Copérnico).

SUMÁRIO

Apresentação.....	1
Introdução	11
1. O ensino de Astronomia na educação básica	33
1.1. Olimpíada brasileira de Astronomia.....	43
1.2. O livro didático	48
2. As ideias sobre os movimentos da Terra	50
2.1. Educação, cultura e conhecimento.....	51
2.2. A Astronomia física e matemática na Grécia antiga	58
2.3. A Astronomia após Copérnico	70
2.4. Tycho Brahe e Johannes Kepler.....	78
2.5. De Galileu Galilei e Isaac Newton: o princípio de inércia	84
2.6. O referencial	90
2.7. As provas dos movimentos da Terra	96
3. Metodologia da pesquisa	100
3.1. O questionário	101
3.2. Sujeitos da Pesquisa.....	105
3.3. O livro didático de ciências	107
3.4. A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)	108
4. Resultados e discussão	112
4.1. Análise dos questionários	112
4.1.1. Primeira parte do questionário	112
4.1.2. Segunda parte do questionário	123
4.1.3. Terceira parte do questionário	150
4.1.4. Análise final dos questionários.....	154
4.2. Análise das coleções de ciências	159
4.2.1. Coleção Construindo Consciências: ciências.....	159
4.2.2. Coleção Ciências: Atitude & Cotidiano	163
4.2.3. Coleção Ciências: o planeta Terra.....	167
4.2.4. Coleção Ciências: Atitude e Conhecimento	172
4.2.5. Coleção Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano	177
4.2.6. Coleção Jornadas.cie – Ciências.....	182
4.2.7. Coleção Ciências Novo Pensar – meio ambiente	186
4.2.8. Coleção Companhia das Ciências.....	187
4.2.9. Análise final das coleções de ciências.....	191
4.3. Análise das questões da olimpíada de Astronomia e astronáutica	205
4.3.1. Nível I (1º e 3º anos) e Nível II (4º e 5º anos).....	206
4.3.2. Questões Nível III	214
4.3.3. Questões nível IV	218
4.3.4. Análise final das questões da OBA.....	227

Considerações Finais	239
Referências.....	251

RESUMO

Aceitar os movimentos terrestres não é simples, pois contraria a verificação sensorial sobre uma Terra imóvel aos nossos pés, com o Sol se movendo sobre nossas cabeças do leste ao oeste. A transposição daquilo que observamos para o modelo que ensinamos é imprescindível ao ensino-aprendizagem dos movimentos da Terra: a partir do que se vê ensinar o que não se vê. A pesquisa, de natureza qualitativa, tem por objetivo investigar os conhecimentos dos professores sobre os movimentos da Terra - rotação e translação - e os trabalhados pelos livros didáticos e pelas provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), verificando até onde a observação do céu é levada em conta no ensino-aprendizagem desses conceitos. Os procedimentos metodológicos envolveram a aplicação de questionários do tipo Likert a 56 professores de Física e de Ciências, a análise de 08 livros didáticos de Ciências e a análise de questões pertinentes das provas da OBA. Os resultados apontam que os professores têm pouco conhecimento sobre os modelos e sobre sua evolução na história, e tanto os materiais didáticos como as questões da OBA colaboram para transformar o ensino do modelo aceito (heliocêntrico) em doutrinação científica, não levando em conta a posição do observador e o que os alunos veem quando olham para o céu. Ou seja, não fazem associação entre o que veem e o que ensinam (aprendem).

Palavras-chave: Rotação e Translação da Terra, Ensino-aprendizagem de Astronomia, Movimento Relativo, História da Ciência

ABSTRACT

Accept the land movements is not simple, because contrary to the sensory verification on a land property at our feet, with the sun moving over our heads from east to west. The transposition of what we observed for the model that we teach is essential to the teaching-learning process of the movements of the Earth: from what you see teach what cannot be seen. The qualitative research, aims to investigate the teachers' knowledge about the movements of the earth rotation and translation- and worked by textbooks and by the evidence of the Brazilian Olympiad of Astronomy and Astronautics (OBA), noting where the observation of the sky is taken into account in the teaching-learning process of these concepts. The methodological procedures involved the application of questionnaires Likert type to 56 teachers of physics and science, the analysis of 08 didactic books of science and the analysis of issues relevant evidence of the Oba. The results indicate that teachers have little knowledge about the models and on its evolution in history, and both the didactic materials as the issues of OBA collaborate to transform the teaching of the model accepted (geocentric) in scientific indoctrination, not taking into account the position of the observer and what students see when they look to the sky. In other words, there are associations between what they see and what they teach (learn).

Keywords: Rotation and translation of the Earth, Teaching-learning of Astronomy, Relative movement, the History of Science

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelos mentais de crianças sobre como nos posicionamos da Terra	14
Figura 2 - Trajetória de Marte no céu em forma de laço.....	60
Figura 3 - Deferente e epiciclo	64
Figura 4 - Trajetória aparente descrita pelo planeta no epiciclo	65
Figura 5 - Equante e excêntrico	66
Figura 6 - Modelo de universo de Tycho Brahe	79
Figura 7 - As duas primeiras leis de Kepler.....	82
Figura 8 - Paralaxe estelar	99
Figura 9 - Questões da primeira parte do questionário.....	112
Figura 10 - Relação de gênero dos professores	113
Figura 11 - Área de formação	114
Figura 12 - Se a Astronomia estava presente no currículo.....	115
Figura 13 - Se o professor fez curso de formação continuada.....	116
Figura 14 - Se o professor participa da OBA.....	117
Figura 15 - Em qual escola o professor atua.....	118
Figura 16 - Qual disciplina o professor atua.....	118
Figura 17 - Se o professor ensina tópicos de Astronomia	119
Figura 18 - Disciplina que o professor ensina temas da Astronomia	120
Figura 19 - Em qual série o professor ensina Astronomia.....	121
Figura 20 - Cálculo para o índice global atitudinal da questão 1	126
Figura 21 - Cálculo para o índice global atitudinal da questão 2.....	128
Figura 22 - Índice atitudinal dos professores em relação a cada proposição	129
Figura 23 - Índice global em função do número de participantes.....	132
Figura 24 - Índice atitudinal dos professores de Física em relação às proposições	133
Figura 25 - Índice global dos professores de Física: questão 1	133
Figura 26 - Índice atitudinal dos professores de Ciências em relação à cada proposição	135
Figura 27 - Índice global dos professores de Ciências: questão 1	135
Figura 28 - Desempenho dos professores em cada proposição e Média do Índice global..	136

Figura 29 - Desempenho dos professores em cada proposição e média de cada proposição	139
Figura 30 - Índice atitudinal dos professores em relação às proposições: questão 2141	
Figura 31 - Índice global em função do número de professores: questão 2	143
Figura 32 - Índice atitudinal dos professores de Física em relação à cada proposição: questão 2	144
Figura 33 - Índice global dos professores de Física: questão 2	145
Figura 34 - Índice atitudinal dos professores de Ciências em relação às proposições: questão 2	146
Figura 35 - Índice global dos professores de Ciências: questão 2	147
Figura 36 - Comparação das respostas dos professores e média do índice global	148
Figura 37 - Desempenho dos professores e média das proposições	150
Figura 38 - Imagem da consequência do movimento de rotação da Terra.....	160
Figura 39 - Imagem mostrando o fenômeno do dia e da noite com a Terra em movimento	161
Figura 40 - Cruzeiro do Sul em horários diferentes	162
Figura 41 - Consequência do movimento da Terra no céu noturno	163
Figura 42 - Imagem mostrando a impressão que as pessoas possuem sobre o que se observa na natureza.....	164
Figura 43 - Imagem de um geódromo	165
Figura 44 - Incidência da isolação solar em regiões diferentes da Terra em certa época do ano	166
Figura 45 - Imagem da órbita dos planetas.....	169
Figura 46 - Imagem que mostra a ocorrência dos dias e das noites.....	170
Figura 47 - Distribuição da luz na superfície da Terra	171
Figura 48 - Trajetória da Terra ao redor do Sol.....	171
Figura 49 - Estudo do movimento da sombra	174
Figura 50 - Movimento do Sol em diferentes latitudes.....	175
Figura 51 - Representação da Terra iluminada pelo Sol	176
Figura 52 - Ruínas de Chakillo.....	178
Figura 53 - Mapa de solstícios e equinócios	180
Figura 54 - Esquema da trajetória do Sol no céu nos solstícios e equinócios.....	181
Figura 55 - Aparência do céu na cidade e fora da cidade	183
Figura 56 - Imagem para ilustrar o dia e a noite em regiões da Terra	184

Figura 57 - Órbita da Terra e estações do ano	185
Figura 58 - Ilustração mostrando movimento de rotação e o dia e a noite	189
Figura 59 - Movimento de translação da Terra	189
Figura 60 - Representação de como acontecem as estações do ano	190

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das proposições	103
Tabela 2 - Escala de valoração para as proposições	104
Tabela 3 - Significado e atribuições de pontos da escala valorativa dos procedimentos de cálculos dos índices	105
Tabela 4 - Número de questões sobre movimentos da Terra em Provas da OBA..	110
Tabela 5 - Faixa etária dos professores	112
Tabela 6 – Ano da formatura do professor	114
Tabela 7 – Onde o professor fez curso de Astronomia.....	116
Tabela 8 – Tabela que mostra o quanto tempo o professor participa da OBA	117
Tabela 9 - Frequência de resposta dos professores sobre o que ensinam de astronomia	122
Tabela 10 - Materiais que os professores utilizam para preparar aula e ensinar astronomia	123
Tabela 11 - Questionário aplicado para os professores: <i>questão 1</i>	124
Tabela 12 – Justificativa das proposições em adequada, plausível e ingênua (<i>questão 1</i>).....	125
Tabela 13 - Questionário aplicado para os professores: <i>questão 2</i>	126
Tabela 14 – Justificativa das proposições em adequada, plausível e ingênua (<i>questão 2</i>).....	127
Tabela 15 - Materiais utilizados para ensinar os movimentos da Terra	151
Tabela 16 - Astros que mais os professores observam no céu.....	152
Tabela 17 - Resultado da análise das coleções.....	201
Tabela 18 - Número de questões sobre movimentos da Terra em Provas da OBA	205
Tabela 19 - Resultado das questões dos Níveis I e II da OBA.....	227
Tabela 20 - Resultados das questões do Nível III da OBA.....	227
Tabela 21 - Resultados das questões do Nível IV da OBA	228

Apresentação

Neste item, como primeira etapa desta pesquisa em educação em Astronomia, pretendo delimitar o **tema do estudo** e a **questão preliminar de investigação**, a partir de minhas experiências adquiridas durante o exercício da profissão de planetarista que exerci durante 16 anos no Planetário de Campinas/SP. Sou graduado em Licenciatura em Matemática, mas desde 1991 tenho envolvimento direto com a ciência astronômica.

Durante o curso, identifiquei-me com o grupo que trabalhava no Planetário e, como resultado dessa aproximação, fiquei por quase dezessete anos nesta instituição, saindo de lá oficialmente em 2007.

O Planetário era um dos setores do antigo Museu Dinâmico de Ciências de Campinas (MDCC). O Museu Dinâmico, como comumente o chamávamos, foi criado em 1987, por meio de uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Campinas (PMC), a Universidade de Campinas (UNICAMP), a Fundação de Desenvolvimento da Unicamp (FUNCAMP) e a Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP).

Localizado no interior do Parque Portugal, também chamado popularmente de Lagoa do Taquaral, o MDCC era dividido em dois setores, o Planetário e o Espaço Ciência-Escola.

O Museu Dinâmico, em seu auge, em meados dos anos 1990, chegou a atender, por ano, dezenas de milhares de pessoas. Somente o Planetário, atendeu uma média de cerca de vinte três mil pessoas/ano. Junto com o Espaço Ciência-Escola, esse número aproximava-se de trinta mil pessoas/ano.

O Planetário foi uma verdadeira escola na qual não somente aprendi muito da ciência astronômica, como, também, acredito, desenvolvi a habilidade de lidar com os alunos e com o público em geral.

Meu trabalho consistia em realizar as atividades que eram destinadas às escolas e ao grande público. Para as escolas, quando lá iniciei, havia somente a chamada *sessão escolar* que era uma atividade de aproximadamente uma hora de duração. Pouco tempo depois foram criadas atividades que tinham duas horas e

meia de duração: “Descobrimo o Universo” e “Descobrimo o Sistema Solar”. A atividade de longa duração era um momento em que interagíamos mais com os alunos, pois parte dela era realizada no auditório.

Para o público em geral, havia, de forma regular, as sessões públicas¹ e os cursos livres. Os cursos livres eram realizados para pessoas acima de 12 anos e para crianças entre 7 e 11 anos. Os cursos para o público acima de 12 anos eram os mais frequentes.

Cheguei a participar de muitos cursos como um dos docentes ou como único responsável. Esse foi um dos períodos mais importantes e construtivos em minha formação.

Algo muito significativo para minha formação, quando de minha passagem pelo Planetário, foi o fato de lá ter tido contato com pessoas de todas as idades, de todos os níveis sociais e de todos os níveis de escolaridade. Realizei atividades para alunos e professores desde a pré-escola até a universidade. Desenvolvi atividades para pessoas de alto poder aquisitivo até para pessoas extremamente carentes.

Esta experiência me fez constatar algumas questões interessantes sobre os docentes, por exemplo. A de que tanto o professor de uma escola pública da periferia, quanto o de um renomado colégio privado, infelizmente, desconhecem, têm dificuldades ou possuem concepções alternativas sobre vários temas básicos da Astronomia. Questões estas já levantadas há tempos por vários autores como Langui e Nardi (2012) ao afirmarem, por exemplo, a existência de uma precária formação inicial dos professores nos cursos de graduação devido a falta de temas de Astronomia na grade curricular.

Outro ponto que me chamou muito a atenção no período em que trabalhei no Planetário foi sobre a curiosidade das crianças a partir do momento em que são estimuladas a pensar. Elas as vezes fazem perguntas muito proveitosas. E o mais importante, geralmente, elas não têm medo ou vergonha de perguntar.

Disso resulta que, em muitos momentos, os pequenos nos faziam perguntas extremamente difíceis de serem respondidas. Quando digo isso é no

¹ Que eram semelhantes as sessões escolares.

sentido de que as crianças não têm o conhecimento de Física e de Matemática para entender de forma completa a resposta. Em muitos casos não entendem a complexidade destes fenômenos e não possuem a visão espacial que é muito importante na Astronomia.

Um exemplo do que afirmei acima é quando as crianças me perguntavam, talvez estimuladas pela mídia, sobre questões do tipo: “o que é um buraco negro?”, “o que acontece dentro de um buraco negro?”, “Qual a distância da estrela mais distante da Terra?”, “Por que os planetas giram ao redor do Sol?”, “Qual o tamanho tem a Via Láctea?” etc.

As respostas a essas perguntas exigem conhecimentos de Física e de Matemática, além de uma experiência cognitiva que os pequenos ainda não têm.

Lembro-me que um amigo, coordenador do Ensino Fundamental de uma escola privada de Campinas, me pediu para fazer uma videoconferência com alunos entre cinco e seis anos de idade, pois eles queriam tirar dúvidas sobre assuntos diversos relacionados à Astronomia. Foi uma videoconferência de aproximadamente vinte minutos. Mas foram vinte minutos que me deixaram perplexos, pois além das crianças fazerem a tradicional pergunta sobre o buraco negro, ainda me perguntaram sobre o motivo de Júpiter ser tão grande, o motivo dos planetas girarem em torno do Sol etc.

É claro que nesses momentos, a experiência e, principalmente, as leituras de autores como Asimov² e Sagan³ ajudam bastante, pois a capacidade deles – e de outros tantos que li ao longo dos anos – de escreverem assuntos complexos em uma linguagem acessível a qualquer pessoa, é fundamental.

Esse episódio da videoconferência narrado acima foi somente um, de tantos outros que presenciei ao longo dos anos em que trabalhei no Planetário. Sempre houve, e acredito que sempre haverá situações desse tipo.

Ressalto que considero a curiosidade como um atributo indispensável para as crianças. Eu sei que as crianças hoje possuem acesso facilitado às

² Isaac Asimov (1920-1992) era bioquímico de formação acadêmica, mas foi, além disso, um dos maiores escritores de ficção científica e um dos maiores divulgadores da ciência de todos os tempos.

³ Carl Sagan (1934-1996) era astrônomo, escritor e, também, foi um dos grandes divulgadores da Ciência.

informações contidas em jornais, em revistas, na internet e em programas televisivos. Alguns temas, pela forma sensacionalista como são tratados pela mídia, aguçam ainda mais o interesse das crianças.

O que eu quero chamar à atenção é que, raramente constatei interesse das crianças por assuntos relacionados a eventos astronômicos simples de serem observáveis no céu a olho nu. Não há perguntas tais como: “por que o céu é azul durante o dia?”, “por que o céu noturno muda de aparência durante o ano?”, “por que o Sol fica ‘vermelho’ perto do horizonte?”, “por que os planetas se parecem com as estrelas e mudam suas posições em relação a elas?”, entre outras. O fato das crianças raramente realizarem perguntas sobre os fenômenos astronômicos do dia a dia pode ocorrer por uma série de questões, como culturais, sociais ou até mesmo históricas.

Claro que muitas das perguntas acima são tão difíceis de serem respondidas como o que vem a ser um buraco negro. Entretanto, considero que há uma diferença entre as perguntas do tipo “por que o céu é azul?”, “por que o Sol fica vermelho perto do horizonte?” e as perguntas do tipo “o que é um buraco negro?”, “por que os planetas giram ao redor do Sol?”.

As perguntas do primeiro tipo estão relacionadas a fenômenos que as pessoas podem observar, que fazem parte do dia a dia de qualquer indivíduo. Quanto às perguntas do segundo tipo, não.

Chamo aqui a atenção para o fato que constatei em minha prática de que as pessoas estão deixando de ter a curiosidade de fazer perguntas sobre esses fenômenos diários, dentre outros motivos, talvez, por estarem olhando cada vez menos para a natureza e, conseqüentemente, estão deixando de ter o interesse ou não estão sendo instigadas e motivadas a fazer isso.

Acredito que raras devem ser as pessoas que param seus afazeres para observar um nascer ou um pôr do Sol. Raros devem ser os indivíduos, especialmente das grandes cidades urbanizadas, que olham para o céu noturno e sabem identificar alguma constelação e diferenciar um planeta de uma estrela. Mais raros ainda devem ser aqueles que reconhecem a estação do ano que estão vivenciando olhando para céu ou para um gnômon. É possível, contudo, que as

peessoas que vivem no campo tenham uma relação diferente com o ambiente ao redor delas, mas elas são em menor número comparadas com aquelas que vivem nas cidades urbanizadas.

Claro que entendo a não necessidade de se observar o Sol ou as estrelas para saber a época do ano ou para plantar e colher algum alimento. Não há mais a necessidade de se olhar para as estrelas para a orientação. Não há mais a necessidade de se estudar a sombra de um gnômon para saber a hora do dia ou as estações do ano.

Aceito, sem problema algum, que não há mais a necessidade de se conhecer nada daquilo que apresentei acima devido, dentre outros motivos, ao desenvolvimento da tecnologia que contribuiu enormemente para a construção de equipamentos que facilitaram a vida das pessoas fornecendo informações, em muitos momentos, em tempo real.

Acredito, contudo, que a importância de se observar o céu e a natureza a nossa volta reside no fato, dentre outros motivos, de resgatar conhecimentos que estão sendo esquecidos e que foram importantes para a formação da Ciência, além de resgatar parte da Cultura e da própria História humana na Terra.

A valorização da história destes conhecimentos astronômicos e da prática da observação do céu e da natureza é fundamental para entender o desenvolvimento da Astronomia para que não virem apenas episódios da História da Ciência.

Esses conhecimentos básicos da Astronomia que se originam da simples observação dos fenômenos diários estão no escopo do tema deste presente estudo. Isso diz respeito ao tratamento de um aspecto particular de um domínio (FORTIN, 2009) que são os que ajudam a moldar a base de todos aqueles que temos hoje sobre a Astronomia e, por que não dizer ainda, sobre a ciência como um todo.

Há certas questões importantes que necessitam ser destacadas sobre estes assuntos que me impulsionaram a fazer a investigação que aqui será realizada. Estou chamando-as à atenção, pois servirão de base para a formulação do problema da pesquisa. Primeiramente, que os fenômenos astronômicos

oriundos das observações diretas do céu fazem parte do dia a dia das pessoas e, portanto, fazem parte do senso comum da maioria dos indivíduos. Em segundo lugar, que esses fenômenos estão ligados a uma “Astronomia antiga” que foi praticada por quase toda a história humana através da observação direta sem instrumentos (ou com instrumentos bem rudimentares) e que, mesmo assim, é rica em informações sobre os fenômenos e os movimentos celestes. Em terceiro lugar, que essa Astronomia antiga está de acordo com os preceitos de um tipo de interpretação do cosmos⁴ que foi formalizado na Grécia antiga e que é conhecido por *modelo geocêntrico do universo*. Apesar de não ser mais aceito pela atual Astronomia, o modelo geocêntrico tem uma base lógica e racional em sua estrutura.

Não é difícil se perceber que essa Astronomia antiga, que faz parte do senso comum das pessoas, seja interpretada de maneira diferente da Astronomia atual. Mas, interpretada de que maneira?

Lembro novamente que essa Astronomia antiga é baseada nas regras estabelecidas por uma interpretação de mundo grega que tem como um de seus preceitos fundamentais a Terra imóvel. Esta característica tem seu motivo de ser, já que os gregos criaram e formalizaram o modelo geocêntrico baseando-se naquilo que observavam na natureza. Na contemplação que faziam da natureza, os gregos perceberam facilmente que a Terra parecia estar estática com todos os astros descrevendo movimentos circulares uniformes ao seu redor. Não havia motivo para se crer o contrário, apesar de alguns filósofos gregos terem sugerido a movimentação da Terra em torno dela mesma e em torno do Sol.

Para sustentarem a visão de uma Terra estática, os gregos elaboraram mecanismos matemáticos (ciclos, epiciclos e deferentes, por exemplo) e desenvolveram argumentos físicos muito convincentes para mostrar o motivo de a Terra estar imóvel.

⁴ Quando se utiliza o termo ‘universo geocêntrico’ ou ‘modelo geocêntrico’, tem-se que ter em mente a necessidade de se levar em consideração uma série de questões filosóficas, históricas e físicas que não estão no escopo deste trabalho. Por este motivo que aqui utilizaremos somente quando necessário a expressão “universo geocêntrico” ou “modelo geocêntrico” e, mesmo assim, de maneira a tratar somente de como os Gregos antigos observavam o cosmos.

Uma questão que considero importante, e que merece ser destacada, é que por mais que muitos digam hoje que o modelo geocêntrico é um modelo “errado” e/ou “ultrapassado”, ele consegue demonstrar e prever, com razoável precisão⁵, os principais movimentos e fenômenos astronômicos observados a olho nu no céu ao longo do tempo. Cito, como exemplo de precisão baseada no modelo de uma Terra parada, o calendário, que foi elaborado e aperfeiçoado observando-se os movimentos do Sol em relação às estrelas, às regiões do horizonte e ao zênite.

Todos esses mecanismos teóricos para explicar e prever os movimentos e os fenômenos celestes, assim como todas as técnicas e as tecnologias desenvolvidas antes, durante e depois do período greco-romano para compreender o que se via no céu é, realmente, de uma rara beleza.

Contudo, novas hipóteses foram elaboradas e apresentadas com o passar do tempo para a compreensão do que se observava no céu. Em 1543, no período do Renascimento (porque *renasce* a cultura clássica), por exemplo, Nicolau Copérnico apresenta um trabalho em que resgata ideias antigas da possível movimentação da Terra. Provavelmente, Copérnico encontrou inspiração em textos clássicos que diziam que era o Sol e não a Terra o centro do universo (ALFONSO-GOLDFARB, 2004). Deste trabalho surge o modelo heliocêntrico que tem como ponto fundamental a Terra possuindo movimentos de rotação e de translação.

O modelo heliocêntrico, com o tempo, tomou forma e se mostrou ser um pouco mais eficiente nas previsões e nas explicações dos movimentos e dos fenômenos vistos no firmamento. Com esse modelo tornou-se possível, inclusive, de acordo com seus adeptos, explicar de forma bem mais convincente muitos fenômenos que eram vistos no céu.

Atualmente, o modelo heliocêntrico do Sistema Solar é o ensinado hoje na escola como o correto para explicar os movimentos vistos no céu. Dessa maneira, o deslocamento diário do Sol da região leste para a oeste do horizonte se deve pelo motivo da Terra girar em torno dela mesma no sentido da região oeste para a

⁵ Precisão no sentido de usar no dia a dia por qualquer pessoa. Claro que a precisão que se tem com os atuais equipamentos é muito superior à do passado.

leste. O deslocamento anual do Sol no sentido das regiões norte-sul do horizonte deve-se ao fato da Terra transladar o Sol e ter seu eixo de rotação inclinado em relação a uma reta perpendicular ao plano da órbita.

Atualmente, é de consenso geral que muitos dos movimentos descritos pelos astros se devem ao fato da Terra se mover no espaço. Dois movimentos que a Terra realiza possuem influência direta no dia a dia dos seres vivos: rotação e translação⁶. Destes movimentos decorrem dois fenômenos importantíssimos para a vida no planeta: o dia e a noite (rotação) e as estações do ano⁷ (translação).

O dia e a noite e as estações do ano, fenômenos resultantes dos movimentos terrestres, são tão importantes para a vida, que desde quando se formalizou um currículo de Ciências em território nacional, se faz menção a este tema. Um rápido olhar nas coleções de Ciências atuais bastará para verificar o quão significativo é este assunto.

É justamente na apresentação deste tema pelos professores e pelos autores de livros didáticos de Ciências que percebo um problema que, acredito, necessita ser repensado no ensino de Astronomia⁸.

Ao observarmos as coleções de Ciências, mesmo que de maneira rápida, verificamos que a grande maioria delas, senão todas, apresenta os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano como consequências diretas dos movimentos terrestres. Ou seja, o dia e a noite acontecem devido ao movimento de rotação e as estações do ano por causa do movimento de translação e à inclinação do eixo de rotação terrestre em relação à uma reta perpendicular ao plano da órbita.

O que observo quando da apresentação deste tema pelos professores e pela grande maioria dos autores de coleções de ciências é que os fenômenos aqui

⁶ A Terra possui muitos movimentos, dentre eles os de rotação e de translação. Neste trabalho, quando nos referirmos aos movimentos terrestres, estaremos especificando exclusivamente aos de rotação e de translação.

⁷ Lembro que nas estações do ano também está envolvida a questão da inclinação do eixo de rotação terrestre em relação a uma reta perpendicular ao plano da órbita. Isto será mais bem especificado mais adiante.

⁸ Inclusive no ensino informal de astronomia, como em cursos, em palestras etc.

mencionados são tratados somente na interpretação da Terra possuindo movimento.

O fato dos professores e dos autores de livros texto explanarem que o dia e a noite e as estações do ano decorrem da movimentação da Terra no espaço tem motivo de assim ser, já que hoje esta é a interpretação aceita pela Ciência atual.

A questão que considero como um problema neste assunto tem a ver com aquilo que nossos sentidos conseguem captar da natureza. Em outras palavras, os movimentos da Terra são apresentados por professores e por autores de livros texto como se fossem verdades inquestionáveis para explicar os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano não sendo nem um pouco evidentes na natureza. Com nenhum fenômeno natural visto a olho nu é possível se afirmar com total certeza que a Terra está se movendo no espaço.

Existe, portanto, em meu ponto de vista, um distanciamento entre o que se observa e se sente na natureza e o que se aprende em sala de aula sem haver nenhum tipo de trabalho argumentativo ou explicativo que orientem os alunos a entender algo tão abstrato que é a Terra se movimentar no espaço⁹.

Contudo, os professores não foram preparados em seus cursos de graduação sobre essas questões, pois muitos são formados em Biologia (LEITE E HOSOUME, 2007) que não possui Astronomia na grade curricular. Portanto, não conseguem lidar corretamente com todas essas situações, o que pode resultar na transmissão de informações equivocadas da Astronomia. Também os livros didáticos não ajudam neste problema já que apresentam informações insuficientes sobre o tema, equívocos conceituais e imagens pouco explicativas que levam a visões distorcidas da Astronomia¹⁰.

Desta maneira, o que venho percebendo sobre o aprendizado dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano é uma simplicidade aparente e enganadora. Afinal, não é nada fácil os alunos terem uma visão espacial tridimensional dos movimentos terrestres estando somente em

⁹ Não é demais lembrar que, geralmente, este tema é apresentado aos alunos quando estes estão no 6º ano do ensino fundamental. Há escolas que introduzem estes conceitos em anos anteriores.

¹⁰ Apesar da melhora que houve nos livros didáticos de ciências com o surgimento do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), ainda vemos uma série de problemas nos textos e nas figuras desses livros.

uma posição topocêntrica. O aluno (ou um adulto) se transportar mentalmente para outro referencial externo ao planeta e visualizar o que está acontecendo no espaço é algo que considero extremamente difícil. Leite (2006), por exemplo, em sua tese de doutorado, mostra a dificuldade de professores em trabalhar a tridimensionalidade espacial na Astronomia, o que corrobora a intuição que tenho. Por isto, que não consigo acreditar que alunos ou até mesmo adultos consigam entender realmente o que significa a Terra possuir movimentos no espaço.

Outro ponto que me chamou muito atenção sobre o tema dos movimentos da Terra e dos fenômenos que deles resultam quando da fala de algum professor ou na leitura de algum livro didático é a não menção ao tema das provas dos movimentos terrestres.

A grande maioria das pessoas acredita que a Terra se movimenta no espaço¹¹, mesmo que não se observe esse fato, mas desconhecem, segundo Paschini Neto e Tommasiello (2013), as provas dos movimentos da Terra.

A partir das questões colocadas no decurso desse texto de apresentação, identifico a importância de se investigar quais são os conhecimentos envolvendo os movimentos da Terra e os fenômenos astronômicos do dia e da noite e das estações do ano e como são trabalhados e priorizados no ensino de Astronomia em nível básico.

¹¹ Em pesquisa recente da Fundação Nacional da Ciência dos Estados Unidos, 1 em cada 4 americanos desconhece que a Terra está se movimentando no espaço. Esta questão, realmente, não é tão simples como parece. (<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/pesquisa-mostra-que-1-em-4-americanos-ignora-que-a-terra-orbita-o-sol>)

Introdução

Após termos apresentado no item anterior o tema de estudo e a questão preliminar para melhor definir a formulação do problema de investigação e possíveis encaminhamentos, consideramos, tal como Fortin (2009, p.86), ser necessário conhecermos o estado da questão, alargarmos conhecimentos sobre o tema e pormos em evidência relações entre a investigação a ser realizada e os estudos anteriores.

Neste item, trazemos uma revisão de literatura inicial relacionada com o tema da investigação de forma a possibilitar um delineamento da pesquisa, a formulação mais clara do problema de investigação, os seus objetivos e a descrição de como procederemos para encontrar uma resposta à questão levantada.

Para formularmos questões de investigação sobre os movimentos da Terra é preciso conhecer mais a fundo os modelos utilizados para descrevê-los ao longo da história e as orientações sobre o seu ensino, especialmente aqueles presentes nos materiais didáticos e orientações curriculares.

O modelo heliocêntrico do sistema solar, que posiciona a Terra como um planeta possuidor de movimentos, “é considerado o modelo científico “verdadeiro” que deve ser apresentado às crianças como um conhecimento básico da ciência”. (ALBANESE, DANHONI NEVES e VICENTINI, 1997, p.573).

É através da perspectiva da Terra se mover no espaço que explicamos, na escola, dois movimentos descritos pelos astros que são considerados “aparentes”: o *movimento diário* de leste para oeste devido à rotação da Terra em torno de seu próprio eixo e o *movimento anual* do Sol que está relacionado à translação da Terra em torno de nossa estrela. Os fenômenos oriundos desses movimentos terrestres são: o *dia* e a *noite* (rotação) e as *estações do ano* (translação), respectivamente.

Atualmente, observamos que quase todas as principais coleções de livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental, tanto das escolas públicas quanto das escolas privadas, apresentam, em algum momento, nas aulas de Ciências, as

explicações para a ocorrência do dia e da noite e das estações do ano. Podemos comprovar essa afirmativa pelo trabalho de Amaral e Oliveira (2011) o qual mostra que na maioria das coleções de Ciências do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2008 estão presentes os temas em questão.

O dia e a noite e as estações do ano são dois dos fenômenos astronômicos mais conhecidos, dois dos fenômenos que mais podemos identificar por meio de nossa percepção¹² e, talvez, os fenômenos que mais têm influência no comportamento animal e vegetal. Não é por acaso que eles estão presentes no ensino e na aprendizagem da Astronomia dos currículos utilizados em território nacional.

Os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (1998) sugerem que os profissionais do ensino deem destaque para este tema do dia e da noite e das estações do ano, assim como para os modelos geocêntrico e heliocêntrico, principalmente a partir do terceiro ciclo do Ensino Fundamental no eixo temático Terra e Universo. Isto se deve ao fato do “universo, sua forma, seu tamanho, seus componentes, sua origem e sua evolução serem temas que atraem os alunos de todos os níveis de ensino” (BRASIL, 1998, p.38).

Os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano, assim como os movimentos descritos pelos astros no céu são tão perceptíveis através dos sentidos, que as crianças se deparam ao sair de casa, ao longo do ano, com essas mudanças astronômicas diárias e sazonais (BAXTER, 1989), além, é claro, de outras informações que podem captar sobre o céu.

Diversos trabalhos nos mostram que as crianças elaboram, a partir de suas experiências cognitivas diárias, de suas crenças e de seus contatos com as outras pessoas um entendimento intuitivo dos movimentos e dos fenômenos astronômicos que as rodeiam (VOSNIADOU e BREWER, 1992; KIKAS, 1997; LIU, 2005; CHIRAS 2008).

Esse entendimento intuitivo que as crianças elaboram sobre os movimentos e os fenômenos astronômicos – e temas gerais da Astronomia e da ciência – são

¹² Há ainda os eclipses, principalmente o da Lua como evento astronômico bastante conhecido e que é percebido facilmente pelas pessoas. No entanto, nos deteremos em nosso trabalho somente nos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

chamados de *concepções alternativas* (LANGUI, 2004; LIU 2005) que, em muitos casos, além de não estarem totalmente de acordo com as modernas explicações divulgadas pela atual ciência, são, ainda, difíceis de serem alteradas (VOSNIADOU e BREWER, 1992).

Segundo Marshall (2003), as concepções alternativas, que representam uma enorme barreira para o correto aprendizado da Astronomia e de outras disciplinas científicas, são ainda denominadas de *preconcepções*, *crenças não científicas* ou *teorias ingênuas*.

Sabemos ainda que as crianças “constroem suas próprias ideias e significados para os eventos que observam no mundo natural muito antes de receberem alguma educação formal” (BAXTER, 1989, p.1). Com isto, chegam à escola já possuindo uma enorme bagagem de informações que fazem com que “interpretem a realidade baseada em suas experiências perceptivas” (LIU, 2005, p.3) do mundo.

Vosniadou e Brewer (1992), por exemplo, já nos indicam em seus trabalhos no início da década de 1990, a enorme dificuldade que as crianças possuem para entender a Terra como um corpo cósmico, ou seja, como um planeta no espaço. Dificuldades que se originam da percepção de uma Terra plana e estática.

A seguir, na figura 1, observamos algumas das concepções de como as crianças enxergam a Terra, identificadas no trabalho de Vosniadou e Brewer.

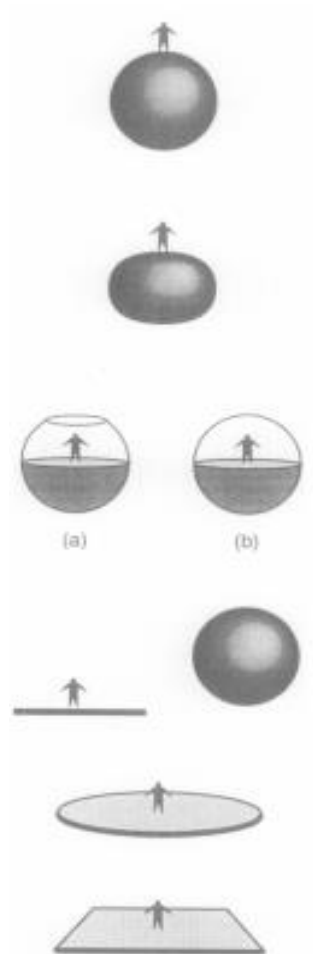


Figura 1 - Modelos mentais de crianças sobre como nos posicionamos da Terra

Fonte: Vosniadou e Brewer (1992, p549)

A Figura 1, parte dos estudos feitos por Vosniadou e Brewer (1992), nos mostra as várias concepções que as crianças possuem da Terra, como a de forma retangular e de disco; o modelo de esfera oca, onde as pessoas vivem dentro da Terra em um terreno plano; o modelo da esfera de dois hemisférios, em que o primeiro é onde as pessoas vivem e o segundo é onde está o céu que engloba a Terra; o modelo da Terra dupla, ou seja, uma Terra redonda que está acima do céu e outra onde as pessoas realmente moram.

Em trabalho semelhante, Delval et. al. (2014) nos mostram a dificuldade das crianças para entender a Terra como um corpo esférico. Os referidos autores, baseados nos estudos do comportamento infantil de Piaget, apontam que a dificuldade da criança se deve ao seu caráter egocêntrico, pois ela julga os fenômenos a partir de suas próprias perspectivas.

Delval et. al. (2014, p.180) consideram que

A dificuldade cognitiva (da criança) muito provavelmente implica o fenômeno geral do “egocentrismo” infantil descrito por Piaget. Trata-se da forte tendência das crianças de interpretarem a realidade unicamente segundo o modo de percebê-la a partir de suas próprias perspectivas (seus marcos de referência egocêntricos). A única maneira que as pessoas têm de conceituar a Terra como uma grande esfera no espaço consiste em imaginar como se veria seu entorno imediato desde o espaço exterior. Portanto, temos de superar o que mostra a percepção imediata dos três aspectos essenciais do conceito de Terra: a “Terra plana”, o “céu horizontal e o céu profundo” e as “direções absolutas e paralelas acima-abaixo”.

Sobre essa questão do egocentrismo infantil voltado para a Astronomia, Lanciano (1989, p.175) nos diz que o “egocentrismo, presente sobre todas as crianças, reforça uma ideia ptolomaica. A Terra, ou melhor, “minha cidade”, “eu mesmo” constitui o centro imóvel de todos os movimentos observados. A prova disso é o que vejo em cada dia e em cada noite”.

O egocentrismo infantil, aliado às dificuldades que as crianças possuem em entender a Terra como um corpo cósmico, acaba de certa forma, tendo consequências em seus entendimentos em “como utilizar com compreensão o

modelo Sol-Terra na explicação dos fenômenos astronômicos elementares” (SEBASTIÀ, 2004, p.8) como o dia e a noite e as estações do ano.

Sendo assim, o que o aluno observa na natureza que é tão diferente da informação que o professor apresenta em sala de aula sobre os movimentos descritos pela Terra e os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano?

Antes de mais nada, é importante lembrarmos que o aluno (ou qualquer outra pessoa) contempla a natureza, posicionado na superfície da Terra. Ele é, portanto, o próprio referencial para a observação de tudo o que está acontecendo no céu.

Desta maneira, o aluno verá, por exemplo, sem dificuldade alguma, o Sol descrever um movimento da região leste para a oeste do horizonte sobre sua cabeça. Perceberá, ainda, que quando o Sol está acima do horizonte é dia (período de claridade) e quando o Sol está abaixo do horizonte é noite. Com um pouco mais de atenção e com a ajuda de um mediador, essa criança, durante o período de um ano, poderá acompanhar os movimentos do Sol em relação aos horizontes e, indiretamente às estrelas fixas que estão relacionadas a um ciclo anual de mudanças da temperatura média, indicando as estações do ano.

No entanto, essa criança não é totalmente isolada e passiva. Ela vive em sociedade e vai à escola. Desde cedo, ela ouve os mais velhos lhe dizerem que a Terra é um dos planetas do Sistema Solar e que está se movimentando no espaço. Ela ainda assiste a vídeos e lê livros que, também, mostram e informam que a Terra gira sobre ela mesma e em torno do Sol.

Na escola, “o lugar social para a apropriação de conhecimentos produzidos historicamente” (MOURA et. al., 2010, p. 89), a criança, agora na posição de aluno (a), escutará do docente a mesma informação que este aprendeu de seus professores, dos livros, da televisão e da internet, ou seja, de que à medida que a Terra gira sobre si mesma, partes do planeta ficam em direção ao Sol e, dessa maneira, é dia nessas regiões e noite nas regiões contrárias; e como a Terra orbita o Sol e seu eixo de rotação está inclinado em relação a uma reta perpendicular ao plano de sua órbita, ocorrem as estações do ano.

Diante do exposto, nos fica claro que há duas interpretações possíveis do que se vê no céu que necessitam ser mais bem trabalhadas. A primeira é a do aluno que observa e sente diariamente a natureza de sua maneira; a segunda é a do professor e o dos autores de livros didáticos que, no intuito de ensinarem o que a Ciência moderna afirma, transmitem informações contraditórias com a realidade da natureza observada pelo aluno.

Essa desconexão entre o observado na natureza e o aprendido na sala de aula é um problema para o aprendizado efetivo da Astronomia. Isto se deve não somente ao fato de os alunos poderem desenvolver concepções alternativas sobre o que observam na natureza, mas, também, pelo motivo de “os adultos, incluindo os professores, carregarem consigo conceitos errados sobre os fenômenos astronômicos...” (SKAMP, 1998 *apud* MCKINNON E GEISSINGER, 2002, p.125) fazendo com que eles reproduzam informações equivocadas e incompletas de conceitos, muitas vezes básicos, da ciência astronômica. Bisch (1998, p.4) em seu trabalho de doutorado também encontrou elementos nos discursos de professores que mostram “diversas concepções e modelos distintos sobre os astros, o céu e o universo”.

Os estudos sobre as concepções alternativas dos professores de Ciências a respeito do que conhecem sobre os fenômenos e os conceitos astronômicos são um caso à parte, principalmente os professores do ensino elementar, pois eles “possuem mais concepções alternativas sobre os conceitos rudimentares da Astronomia do que um estudante do ensino básico” (TRUMPER, 2006, p.88). Vamos lembrar, como já exposto em momento anterior, que os professores não tiveram contato mais íntimo com a ciência astronômica no colégio ou na universidade (TRUMPER, 2006), por isso, não há como culpá-los do desconhecimento de temas da Astronomia. Lembremos ainda que a formação da grande maioria dos docentes que trabalham com o ensino de Ciências nas escolas é em Biologia ou em Ciências (PUZZO et al, 2004; LEITE E HOSOUME, 2007), cursos que, no geral, não possuem uma disciplina específica de Astronomia no currículo.

Esses professores, portanto, não estão totalmente capacitados a apresentar e a trabalhar corretamente os conceitos mais elementares da Astronomia por nunca terem tido um contato mais próximo com ela. Ao falarem sobre os fenômenos do dia e da noite ou das estações do ano muito provavelmente esses docentes reproduzirão o que aprenderam ou repetirão o que está no livro didático de Ciências, cujos conteúdos não diferem muito do que os próprios professores conhecem sobre esta disciplina.

Sem saber relacionar corretamente os movimentos e fenômenos celestes que fazem parte das ideias dos alunos com o conhecimento que é aceito hoje pela Ciência, os professores acabam contribuindo para gerar uma confusão ainda maior no entendimento dos alunos sobre os movimentos e os fenômenos astronômicos fazendo com que as crianças desenvolvam teorias incorretas e/ou aprendam conceitos equivocados. Pode surgir na mente do aluno situações absurdas como qualquer coisa que se assemelhe a uma teoria “geoheliocêntrica” devido ao fato dos alunos observarem uma realidade (topocêntrica/geocêntrica) e terem que aceitar outra (heliocêntrica) sem nenhum tipo de explicação mais aprofundada ou alguma prova dos movimentos da Terra.

Como já exposto, é importante termos em mente que imaginar a Terra se movendo no espaço exige de qualquer pessoa, criança ou adulto, um grau de imaginação muito grande. É necessário que nos posicionemos além da Terra para termos um entendimento correto do que está realmente acontecendo no espaço. Esta visão espacial é difícil de ser adquirida, mesmo com um trabalho bem realizado em sala de aula.

Não adianta, também, o professor somente falar ou mostrar por meio de maquetes o que está acontecendo no espaço. Mesmo que o aluno diga que entendeu o tema, ainda faltarão elementos para um completo aprendizado. Um desses elementos é a *prova* de que realmente a Terra está se movendo. As provas dos movimentos terrestres existem, mas elas são praticamente desconhecidas da grande maioria das pessoas. Por este motivo que os professores e os autores de livros didáticos de ciências geralmente não as

apresentam quando explicam os movimentos da Terra e os fenômenos deles resultantes.

Quando, porém, os professores ou os autores de livros resolvem apresentar provas de que a Terra está se movimentando no espaço falam, por exemplo, que o movimento diário é uma prova da rotação terrestre e as estações do ano são provas da translação. No entanto, sabemos que esses fenômenos são apenas consequências e/ou possíveis evidências dos movimentos da Terra e não provas concretas, assim como diz Horvath (2008, p.30) quando afirma que “uma consequência óbvia da rotação é a alternância dia-noite...”.

Dessa maneira, ao explanarem sobre os movimentos da Terra sem darem as devidas provas dessa movimentação e sem trabalharem adequadamente os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano em sala de aula, os professores farão com que os alunos acreditem em algo que não estão vendo. O pior de tudo é que os alunos acabam aceitando o que o professor está expondo sem qualquer tipo de questionamento.

Disto pode surgir uma crença científica, ou como diz Caniato (1989, p.76) um “ato de fé em nome da ciência” o que não necessariamente devemos considerar correto, pois um dos aspectos mais importantes da natureza da Ciência de acordo com Vásquez-Alonso et. al. (2008) é que se usem métodos diversos para se validar o conhecimento, i.e., que se apresentem provas sobre o conhecimento que é julgado como verdadeiro pela comunidade científica.

De tudo posto, acreditamos que haja um caminho alternativo para se tentar, pelo menos, amenizar essa situação. Acreditamos que esse caminho seja iniciar o tema dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano pela visão do observador. Em outras palavras, estamos propondo que o professor e os autores de livros didáticos de ciências comecem o tema pela visão do estudante, ou seja, parte-se do que o aluno observa e já sabe.

Acreditamos que esta abordagem é possível e viável para o ensino de Astronomia não sendo, de forma alguma, um anacronismo educacional. Pelo contrário, a interpretação de uma Terra estática para compreender os fenômenos

e movimentos celestes pode sim, contribuir para um entendimento mais completo destes. E por que temos essa premissa como hipótese?

Primeiramente, por uma questão astronômica. Como sabemos, não é possível ver a Terra se movimentar por estarmos em sua superfície. Não sentimos nenhuma força que venha da própria Terra ou do universo que nos provoque algum desequilíbrio ou alguma outra sensação que nos mostre que a Terra está se movendo no espaço. Podemos ter alguns indícios visuais deste fato, como, por exemplo, os movimentos diário e anual do Sol, mas esses não podem nos comprovar efetivamente nada.

Na Grécia antiga, por exemplo, sábios tentaram mostrar que o que observamos no céu são consequências de certos movimentos que a Terra possui, como Filolau de Crotona (470-385 a.C.) que atribuía à Terra o movimento de rotação. Mas essas ideias foram sempre suplantadas pela visão direta que não permitia concluir basicamente nada sobre a movimentação terrestre.

Os movimentos terrestres tornam-se, assim, para as pessoas, um conceito muito abstrato para ser entendido, porque precisamos possuir uma visão espacial refinada para nos posicionarmos além da Terra com o intuito de visualizar seus movimentos. Para termos uma ideia da dificuldade dessa situação, Caldas (2010) diz que após a estruturação do modelo heliocêntrico do sistema solar iniciado por Copérnico e terminado por Kepler, Galileu e Newton, os cientistas tiveram um trabalho bastante árduo de operação mental: visualizar os movimentos terrestres a partir de um ponto de vista exterior a ela. Caldas (2010, p.7) expõe ainda que

Copérnico só conseguiu visualizar o movimento dos planetas em volta do Sol porque se colocou mentalmente no centro do novo sistema heliocêntrico, porque foi capaz de se colocar mentalmente na posição de alguém que observa os planetas a partir do Sol. Os cientistas tiveram de imaginar a Terra e o sistema solar *a partir de fora*, como que observando de um ponto *distante* no espaço celeste, para poderem compreender e aceitar a nova estrutura espacial do universo.

Há ainda outra questão astronômica. Trata-se das trajetórias descritas pelos planetas no céu. Há cinco planetas que podemos enxergar sem a ajuda de telescópios: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Todos eles descrevem uma trajetória diária da região leste para a região oeste do horizonte que se assemelha a um arco de circunferência. Além desta trajetória que os planetas realizam em relação aos horizontes leste e oeste, eles ainda descrevem outro caminho, só que por entre as estrelas. Cada um deles possui uma trajetória específica, mas todas elas estão compreendidas em uma faixa de estrelas devidamente delimitada chamada de *zodíaco*, que é onde encontramos as constelações zodiacais. O movimento que os planetas realizam por entre as estrelas, é feito no sentido da região oeste para a região leste do horizonte.

Só que há um problema neste caminho que os planetas descrevem por entre as estrelas. Cada um deles, em um tempo específico, faz um movimento bastante singular que é chamado de “laçada”, em que, durante sua trajetória de oeste para leste em relação às estrelas, eles param, retornam certa distância e voltam a caminhar no sentido de oeste para leste.

Fizemos esse relato das trajetórias dos planetas pelo céu para destacar algo que julgamos importante: não é tão simples chegarmos objetivamente em uma relação entre as trajetórias descritas pelos planetas no céu com as órbitas descritas pelos mesmos ao redor do Sol. As órbitas circulares dos planetas, que os gregos antigos descreviam como verdadeiras, se deviam a conceitos estéticos-matemáticos em que o círculo era a forma geométrica mais perfeita que existe, por isso os movimentos dos planetas deveriam seguir essa concepção.

Mesmo na Grécia antiga, o estudo dos movimentos dos planetas mostrou que suas trajetórias possuíam certas anomalias. Na época, os gregos resolveram esses problemas criando mecanismos matemáticos (epiciclos, equantes, deferentes) que tinham a função de amenizar esses problemas¹³. Copérnico tentou resolver alguns desses problemas verificados com os planetas mudando de posição a Terra com o Sol. Contudo, manteve as órbitas dos planetas circulares, o que ainda provocava certas anomalias. Somente com as observações precisas

¹³ “Salvar as aparências” como muitos historiadores costumam chamar.

para a época de Tycho Brahe referente ao movimento do planeta Marte, é que Johannes Kepler conseguiu, matematicamente, chegar nas três Leis dos Movimentos Planetários que resolveram uma série de problemas.

Como exemplo de uma anomalia, podemos citar a diferença de tempo existente entre cada estação do ano. Dividimos as estações em quatro períodos iguais, mas, astronomicamente, elas não possuem o mesmo tempo. Tanto em uma explicação topocêntrica/geocêntrica como na explicação heliocêntrica de Copérnico, este fato não tinha uma boa resposta. Se a trajetória do Sol no céu é circular (geocêntrica) ou se o translado da Terra é feito em uma órbita circular ao redor do Sol, cada estação deveria possuir um mesmo número de dias. No entanto, não é isto que se verifica. Se tomarmos o tempo entre primavera-verão e outono-inverno, verificaremos que há uma diferença de tempo em cada dueto. A primavera-verão é mais curta que o outono-inverno.

Isto somente foi explicado com Kepler quando este assumiu que as órbitas dos planetas são elipses com o Sol em um dos focos. Quando o planeta está mais próximo do Sol ele aumenta sua velocidade e quando se afasta ele diminui. Como a primavera-verão acontece quando a Terra está atravessando o trecho mais próximo ao Sol (verão para o hemisfério sul e inverno para o norte), ela aumenta a velocidade. Portanto, esse período é mais curto que o período seguinte no hemisfério norte, quando a Terra diminui a velocidade por estar mais distante do Sol.

A segunda questão que nos leva a crer que o início do estudo das estações do ano e do dia e da noite deve ser realizado pela visão do observador (aluno) é de ordem física. Para sermos mais específicos, esta questão está relacionada com a relatividade do movimento, em contraposição ao movimento absoluto.

Sobre esta questão, Ben-Dov (1996, p.23) nos diz que “o movimento absoluto corresponde a uma mudança real de lugar, à passagem de um corpo físico de um ponto do espaço para outro”. Ben-Dov (1996, p.24) nos diz ainda que “o movimento relativo, em contrapartida (ao movimento absoluto) é uma mudança de posição em relação a outro corpo. Assim, ao contrário do movimento absoluto,

que implica uma relação entre um corpo e o espaço, o movimento relativo traduz uma relação entre dois corpos”.

Há séculos, vários físicos e filósofos vêm discutindo a questão se o movimento deve ser encarado como absoluto ou relativo¹⁴.

Para citarmos alguns deles neste momento, temos Galileu, Leibniz, Newton, Mach e Einstein. Para Newton, o espaço é absoluto, ou seja, ele existe mesmo na ausência de corpos, e um movimento nele possui uma significação real (BEN-DOV, 1996, p. 30). Leibniz, contemporâneo de Newton, por outro lado, acreditava que a ausência de corpo implica em ausência de espaço, ou dito de outra forma, o espaço é um conjunto das relações espaciais entre corpos. No final do século XIX, para Mach, “toda experiência que procurasse demonstrar o movimento absoluto de Terra provaria unicamente seu movimento em relação ao resto da matéria do universo”. As ideias de Mach levaram Einstein a “repensar os conceitos de relatividade do movimento e de caráter absoluto do espaço”. Assim, para Einstein como para Leibniz, não faz sentido perguntar “qual dos dois, o Sol ou a Terra, está *realmente* em movimento, pois ambos os pontos de vista são admissíveis”. (BEN-DOV, 1996, p.33-34).

De acordo com esse autor,

O movimento aparente do Sol no céu significa não só que o Sol está em movimento relativo em relação à Terra, mas também que a Terra está em movimento relativo em relação ao Sol. É ilusório, portanto, perguntar qual dos dois, o Sol ou a Terra, está animado de um movimento absoluto. (BEN-DOV, 1996, p.24)

Nesta mesma linha de pensamento, Barra et al. (2012, p.63) concluem:

Se adotamos a Terra como referência e a partir dela avaliamos o movimento dos planetas, reduzimos as trajetórias planetárias copernicanas às previstas pelo sistema ptolomaico. Os centros dos movimentos perdem, portanto, o seu caráter absoluto e passam a ser considerados como algo *relativo* à posição do observador.

¹⁴ Uma discussão mais aprofundada sobre esse tema é apresentada no capítulo 3.

Mas por que os astrônomos demoraram quase 250 anos para chegar a essa conclusão? Por que será que mesmo havendo alguns físicos e filósofos no século XVII, tais como Descartes, Huygens e Leibniz, defendendo posições relativistas, a relatividade do movimento não foi levada em consideração pelos que se envolveram nas polêmicas em torno da hipótese copernicana? (BARRA et al., p.63-64)

Para os autores, para se compreender esse paradoxo pode-se recorrer à forma como Thomas Kuhn relaciona anomalia com revolução científica:

A conclusão que tanto Ptolomeu como Copérnico poderiam ser utilizados para descrever a posição da Terra somente poderia ter sido alcançada depois que se colocaram os ditos "problemas insolúveis" – isto é, as anomalias – enfrentados pela física não-relativista de Copérnico, Galileu, Kepler e Newton". (BARRA et al., 2012, p.64).

Se aceitarmos que o movimento é relativo, tanto um modelo quanto o outro são igualmente legítimos para descrever a posição da Terra. Mas mesmo sendo uma questão de referencial, o modelo de Copérnico, com a Terra girando em torno dela mesma e em torno do Sol, evitava certas dificuldades que afetavam o sistema de Ptolomeu. Mas por sua vez também apresentava discordâncias com observações empíricas e não registrava simplificações sensíveis em relação ao de Ptolomeu. Do ponto de vista histórico, entretanto, o modelo de Copérnico foi fundamental para a ciência moderna, pois rompeu com as autoridades da Igreja, que subordinavam o estudo da natureza ao credo religioso, dando início a uma nova física.

Os modelos são fundamentais para entendermos o mundo, mas são construções abstratas e simplificadas que representam a realidade de uma forma racional, por isso nem sempre são compreendidos pelas pessoas, especialmente pelas crianças (CASTRO; SCHIEL, 2009). Parece-nos simples, mas não é, ao olharmos o céu, nos colocarmos na Terra (no modelo de Ptolomeu) ou nos colocarmos fora dela, no Sol (no modelo de Copérnico), dado o alto grau de abstração envolvido.

Assim, acreditamos que não devemos ensinar os modelos - seja o de Ptolomeu ou o de Copérnico - para os alunos sem antes observarmos o céu, compreendermos o movimento das estrelas e, principalmente, o movimento diário do Sol.

Podemos, então, adotar a Terra como referencial para interpretarmos o que está acontecendo sobre nossas cabeças. A descrição que podemos fazer dos movimentos celestes e dos fenômenos deles resultantes é válida para este ponto de vista.

Indo ao encontro das ideias de Castro e Schiel (2009), concordamos que o estudo da Astronomia deva se iniciar pela observação dos movimentos do Sol e dos fenômenos celestes por meio de uma perspectiva topocêntrica/geocêntrica.

Se já é de grande dificuldade para adultos mais experientes colocarem-se fora da Terra para imaginá-la se movimentar, pensemos na imensa dificuldade que um aluno do 6º ano do Ensino Fundamental (ou de anos anteriores) encontrará neste tema para ter essa visão espacial.

Os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais mostram esse tipo de dificuldade quando anunciam que “é difícil a superação de concepções intuitivas acerca da forma da Terra, sua espessura, seu diâmetro, sua localização e descrição de seus movimentos” (BRASIL, 1998, p.38). Mais a frente, lemos ainda nos PCN que “o conhecimento do modelo heliocêntrico do Sistema Solar... é também difícil, ao colocar-se para os estudantes o conflito entre aquilo que observam, ou seja, o Sol desenhando uma trajetória curva no céu, e aquilo que lhes ensinam sobre os movimentos da Terra” (BRASIL, 1998, p.39).

Em um rápido passar de olhos em livros didáticos de ciências¹⁵, é possível verificarmos que a grande maioria dos autores dessas coleções trabalha os movimentos e os fenômenos celestes somente por meio da perspectiva de uma Terra possuidora de movimentos¹⁶, o que vai de encontro com o que os próprios

¹⁵ Haverá um capítulo destinado somente aos livros didáticos de Ciências a respeito dos temas que aqui nos propomos investigar.

¹⁶ Há autores que até tentam iniciar o estudo da astronomia propondo a observação do céu, mas são ações isoladas sem um cuidado teórico como o que queremos abordar.

PCN orientam. Como muitos professores acabam se orientando pelos os livros didáticos, acabam também seguindo o mesmo caminho.

Em terceiro lugar, acreditamos que iniciando o estudo dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano por meio de uma perspectiva topocêntrica/geocêntrica, estaremos dando ao aluno a possibilidade de compreender, em um primeiro momento, o que ele próprio enxerga no céu, aquilo que seus sentidos conseguem captar e, assim, perceber as sutilezas, reconstruir os pontos e contrapontos vividos ao longo da construção desses modelos. Por que essa questão é importante do ponto de vista do ensino e da aprendizagem?

Ben-Dov (1996, p.14) nos expõe que

[...] alguns trabalhos recentes de psicologia experimental tendem a confirmar o caráter intuitivo das concepções aristotélicas, mostrando que a representação do mundo físico na criança é bastante próxima das ideias de Aristóteles. Talvez isso explique certas dificuldades encontradas pelos alunos do secundário na aprendizagem da física. Em sua maioria, os métodos de ensino atuais não levam em conta de maneira alguma nosso “aristotelismo espontâneo”, responsável pelo que os pesquisadores em pedagogia chamam de “conceitos errôneos”.

Pelo que podemos entender da afirmativa de Ben-Dov, as crianças apreendem o mundo natural de uma maneira intuitiva, fato que se assemelha ao modo que Aristóteles contemplava a natureza. Não devemos, contudo, considerar que as observações e as obras aristotélicas eram infantis ou de pouca profundidade intelectual. Pelo contrário, Koyré (2011, p.202) pondera que a Física de Aristóteles “não é um amontoado de incoerências, mas, pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui base filosófica muito profunda, mas está de acordo com o senso comum e a experiência cotidiana”.

A comparação que Ben-Dov faz entre a representação do mundo físico de Aristóteles e da criança é no sentido de que, assim como Aristóteles, a intuição que a criança tem da natureza é baseada em sua experiência cotidiana e em seu

senso comum. O senso comum que, como diz Koyré (2011, p.202), “é – e sempre foi – medieval e aristotélico”.

Vemos que o senso comum possui um papel importante no entendimento do mundo. Mesmo que ele seja encarado como o conhecimento das pessoas sem instrução científica, ele é uma forma de compreensão da natureza e deve ser levado em conta no momento do ensino na escola, pois como diz Benincá (2002, p.80): “o senso comum é o acúmulo das informações e experiências que dão suporte a uma concepção de mundo construída com base nos sentidos elaborados no cotidiano cultural”.

Como já mencionamos, a criança chega à escola com um amontoado de informações do mundo em que vive. Informações que nem sempre estão de acordo com o que apresenta a ciência como verdade momentânea. É de grande importância, então, que os professores iniciem a aprendizagem do tema que aqui enfatizamos a partir olhar da criança, pelo conhecimento que ela traz de suas experiências, por aquilo que ela consegue captar do mundo celeste por seus próprios olhos.

Vamos lembrar, segundo Davis (2005, p.48), que “a aprendizagem é entendida como aquilo que é apropriado e internalizado nas relações sociais estabelecidas, só ocorrendo, convém ressaltar, quando os instrumentos e as pautas de interação são passíveis de serem apropriadas, ou seja, precisam não estar muito distantes do nível de desenvolvimento real” da criança. Davis (2005, p.48) ainda nos diz que “segundo Vygotsky, para instruir ou ensinar uma criança faz-se necessário que se conheça aquilo que ela já consegue fazer sozinha, ou seja, sem a ajuda do outro. A este patamar evolutivo dá-se o nome de *nível de desenvolvimento real* (NDR)”.

A criança, contudo, convive em sociedade e, assim, recebe instruções de pessoas mais experientes, adultos e crianças mais velhas. Todo o conjunto de atividades que ela não consegue fazer sozinha, mas passa a realizar com a ajuda do outro se dá o nome de *nível de desenvolvimento próximo*, que está relacionado diretamente com a *zona de desenvolvimento próximo* (ZPD).

A zona de desenvolvimento próximo, que está relacionada com a teoria de Vygotsky, “diz respeito à “distância” entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento próximo: entre aquilo que a criança já faz de forma independente e aquilo que, para ser solucionado, requer ainda o concurso de outros, considerados sempre como agentes de desenvolvimento” (DAVIS, 2005, p.48).

Acreditamos, assim, que uma criança do 6º ano do Ensino Fundamental, apesar da idade, tem plenas condições de observar o céu e, com apoio de um mediador que a ajude a dar sentido para aquele conhecimento, entender informações que serão o início de um estudo que, no futuro, serão fundamentais para compreender os movimentos terrestres e os modelos cosmológicos, estes sim, de extrema abstração. Esse mediador pode e deve ser o professor de ciências, desde que ele esteja preparado para tanto. Este preparo do professor teria que ser feito desde sua graduação ou, então, através de cursos de formação continuada.

Dessa forma, a criança pode, por exemplo, ver o Sol se movimentar sobre sua cabeça durante o dia e entender que quando ele está presente é dia e quando não está é noite. Pode também ser feito um trabalho de observação do movimento anual do Sol contando com ajuda de um gnômon e a observação da mudança do aspecto do céu estrelado à noite para perceber o ciclo das estações do ano.

Nessa fase de escolaridade, não é importante ensinar à criança a rotação e a translação da Terra, mas sim o movimento diário do Sol, que servirá de base para a compreensão dos modelos sobre a forma e os movimentos da Terra e de sua relação com a Lua e o Sol (CASTRO e SCHIEL, 2009, p. 95)

Ressaltamos essa posição uma vez que entendemos que aceitar os movimentos terrestres não é simples, pois contraria a verificação sensorial sobre uma Terra imóvel aos nossos pés, com o Sol se movendo sobre nossas cabeças do leste ao oeste. Temos como premissa que a transposição daquilo que observamos para o modelo que ensinamos é imprescindível ao ensino-aprendizagem dos movimentos da Terra, ou seja: **a partir do que se vê ensinar o que não se vê**. Essa prática requer dos professores noções básicas e claras de

conhecimento de história da Astronomia, dos modelos, do conceito de referencial e experiências com práticas de observação dos fenômenos astronômicos.

Com poucas aulas de Astronomia, com professores sem formação adequada e com materiais didáticos apresentando restritas informações históricas e conceituais nos é possível induzir que não deve haver no horizonte escolar atividades de observação do céu e trabalhos que envolvam história da Astronomia. Interessa-nos também verificar se essa premissa é verdadeira para um evento específico de Astronomia, que é a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA). A OBA é um evento nacional iniciado em 22 de agosto de 1998 e desde então tem contribuído para divulgar a ciência astronômica em todo o Brasil, envolvendo milhares de alunos. Além das provas, a OBA iniciou em 2009 os Encontros Regionais de Ensino de Astronomia, EREA, com o objetivo de capacitar professores.

Com base nos elementos que discutimos até o momento, temos condições de precisar a formulação da questão de investigação e enunciar os seus objetivos.

Questão de investigação: Quais são os conhecimentos dos professores sobre os movimentos de rotação e de translação da Terra e os trabalhados em livros didáticos e em provas da Olimpíada de Astronomia e Astronáutica na educação básica?

Nossa pesquisa, de natureza qualitativa, tem por objetivo geral **investigar quais são os conhecimentos de rotação e de translação da Terra trabalhados e priorizados no ensino de Astronomia na educação básica e como são trabalhados**. Os objetivos específicos de nossa pesquisa são: **investigar os conhecimentos dos professores da área de Física e de Ciências sobre a temática; investigar como os autores de livros didáticos apresentam esses movimentos; investigar como a temática é abordada em provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA); investigar até onde a observação do céu, a questão do referencial e dados históricos são levados em conta no ensino/aprendizagem/avaliação desses conceitos**.

Nossa investigação será conduzida por meio de uma revisão bibliográfica dos principais pontos sobre a história dos modelos cosmológicos, análise de livros

didáticos e de provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) e aplicação de questionários a professores contendo proposições sobre seus conhecimentos sobre os modelos cosmológicos e como eles os ensinam em sala de aula.

Inicialmente realizamos um questionário piloto com perguntas sobre os movimentos da Terra e as provas desses movimentos a um público heterogêneo formado por professores, alunos e público em geral de forma a se definir as afirmativas que iriam constar do questionário a professores de Física e professores atuantes na Olimpíada de Astronomia e Astronáutica.

No questionário do tipo Likert, fizemos uso de uma escala de resposta psicométrica para avaliar o nível de concordância em uma afirmação. Em duas das perguntas há uma série de afirmações que têm como foco duas questões: a) seus conhecimentos sobre os conceitos básicos dos modelos cosmológicos e de referencial; b) como eles trabalham com os alunos os modelos cosmológicos e os referenciais em Astronomia.

Além das justificativas apresentadas anteriormente, acreditamos que esse trabalho se justifica devido às dificuldades de entendimento das duas principais perspectivas de se conhecer os dois principais fenômenos que regem a vida cotidiana humana e de todos os outros seres vivos do planeta: a perspectiva do observador na superfície da Terra e do observador posicionado no espaço.

No intuito de atingirmos os objetivos, o trabalho está dividido da seguinte maneira.

Apresentação: Neste item delimitamos o tema do estudo e a questão preliminar de investigação, a partir das experiências adquiridas durante o exercício da profissão de planetarista.

Introdução: Neste item apresentamos uma revisão de literatura inicial, diretamente relacionada com o tema da investigação de forma a possibilitar um delineamento da pesquisa, a formulação mais clara do problema de investigação, os seus objetivos e a descrição de como irei proceder para encontrar uma resposta à questão levantada.

Capítulo 1: O ensino de Astronomia na educação básica. Apresentamos neste capítulo um panorama da Astronomia no cenário educacional nacional, mais

especificamente no âmbito do Ensino Fundamental. Sendo considerada uma das Ciências da Natureza, a Astronomia está inserida no currículo escolar de Ciências. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) observamos que ela faz parte do eixo temático 'Terra e Universo' (BRASIL, 1998) do currículo de Ciências Naturais do Ensino Fundamental do terceiro e quarto ciclos. Demos destaque ainda para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica que tem por objetivo abrir espaço para a participação em suas provas de alunos de escolas públicas e privadas, urbanas ou rurais. Cremos que esse pano de fundo sobre o ensino das Astronomia é indispensável para se ter uma ideia sobre o estado atual da área, as suas lacunas e também para a discussão das possíveis contribuições da investigação para a melhoria do ensino.

Capítulo 2: As ideias sobre os movimentos da Terra. Neste capítulo realizamos uma revisão bibliográfica sobre as teorias dos movimentos, a qual se mostrou fundamental para a elaboração das afirmativas do questionário e para a discussão dos resultados. Apresentamos um relato histórico sucinto desde os gregos antigos até Einstein para mostrar a evolução das ideias, dos modelos cosmológicos e das críticas a esses modelos. Tentamos enfatizar ainda as situações que esses modelos davam conta de explicar e o que não explicavam. No modelo de Copérnico mostramos as novas possibilidades de visualizar a Terra e seus movimentos, mas, também, os limites que esse modelo ainda possuía apesar da nova abordagem sobre a Terra e o Sol. Com Kepler apresentamos as leis dos movimentos planetários e com Einstein os conceitos mais gerais da nova visão de relatividade do movimento. Demos ainda ênfase às provas que foram surgindo sobre a movimentação da Terra no espaço.

Capítulo 3: Metodologia da Pesquisa. Com a intenção de respondermos à questão de investigação, neste capítulo apresentamos o desenho da investigação que indica as atividades realizadas no decurso da pesquisa. São descritos os procedimentos para a construção dos dados e identificação dos sujeitos da pesquisa. É uma investigação de natureza qualitativa realizada em três frentes: aplicação de questionários à professores, análise de materiais didáticos e análise das questões da OBA. Com relação aos materiais didáticos e provas da

OBA foi realizado um estudo descritivo e quanto aos questionários, buscou-se explorar relações entre o que os professores sabem sobre os modelos geocêntrico e heliocêntrico e como os ensinam. O questionário foi dividido em cinco questões: a primeira referente ao que o professor conhece dos modelos cosmológicos, outra como apresenta o tema proposto em sala de aula. Em seguida, o professor foi convidado a escrever sobre os tipos de materiais que utiliza em sala de aula para trabalhar com Astronomia, se observa o céu com os seus alunos e, ao final, uma questão aberta para o docente poder escrever qualquer outra informação que julgar pertinente.

Capítulo 4: Resultados e discussão. Neste capítulo realizamos a análise dos questionários, dos livros didáticos e das provas da OBA mostrando o que mais nos chamaram a atenção quanto aos problemas nestas três frentes de pesquisa para corroborar nossa tese de que, no ensino de Astronomia, os momentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano devem se iniciar pela visão do observador na superfície da Terra para depois se partir para outras interpretações dos fenômenos observados.

Considerações finais: Por fim, fechamos esta tese mostrando os resultados das análises indicando possíveis soluções para amenizar os problemas encontrados.

1.O ensino de Astronomia na educação básica

Em seu livro “O Valor da Ciência”, o matemático francês Henri Poincaré dedicou o capítulo VI à Astronomia. Logo no início desse capítulo, Poincaré (1995) explana que governantes e políticos acham a Astronomia uma das ciências mais caras para o Estado, pois se gastam fortunas na construção de telescópios e de observatórios para se estudar astros que estão muitos distantes.

Vale a pena todo esse investimento monetário e científico? Para Poincaré, sim, tanto que após seu comentário, faz uma eloquente defesa da Astronomia, mostrando sua utilidade para a humanidade:

A Astronomia é útil porque nos eleva acima de nós mesmos; é útil porque é grande; é útil porque é bela; é isso que se precisa dizer. É ela que nos mostra o quanto o homem é pequeno no corpo e o quanto é grande no espírito, já que essa imensidão resplandecente, onde seu corpo não passa de um ponto obscuro, sua inteligência pode abarcar inteira, e dela fruir a silenciosa harmonia. Atingimos assim a consciência de nossa força, e isso é uma coisa pela qual jamais pagaríamos caro demais, porque essa consciência nos torna mais fortes (POINCARÉ, 1995, p.101).

Mais adiante, Poincaré ainda pondera

A Astronomia não nos ensinou apenas que há leis, mas que essas leis são inelutáveis, que não se transige com elas; de quanto tempo precisaríamos para compreendê-lo, se só tivéssemos conhecido o mundo terrestre, onde cada força elementar nos aparece sempre como se estivesse em luta com outras forças? Ela nos ensinou que as leis são infinitamente precisas e que, se as que enunciamos são aproximativas, é porque nós as conhecemos mal (POINCARÉ, 1995, p.103).

Esta defesa da Astronomia feita por Poincaré nos mostra o quanto esta ciência foi importante para o conhecimento da natureza, para mostrar a pequenez humana perante o universo e o quanto ainda precisamos dela para a compreensão de quem nós somos e o nosso papel no cosmos.

Esses mistérios que a Astronomia sempre nos apresentou – e ainda nos apresenta – são os que tornam essa ciência uma das que mais despertam a atenção das pessoas.

Registros históricos nos mostram que sempre estivemos atentos aos fenômenos que ocorriam no céu, como ao aparecimento de cometas, aos eclipses e aos movimentos cíclicos das estrelas, dos planetas, da Lua e, principalmente, do Sol.

Algo interessante de notarmos é que os fenômenos astronômicos não foram percebidos somente por uma ou outra civilização, nem fizeram parte somente de uma época. Todos os povos que surgiram e sucumbiram ao longo da história e que deixaram registros de suas passagens por esse mundo, mostraram como o céu foi importante em suas culturas.

Hoje, no entanto, percebemos que a relação das pessoas com a Astronomia não é a mesma que se tinha no passado. Nossos antepassados dependiam muito mais do céu para a sobrevivência do que nós hoje. Diante disso, eles conheciam muito mais os ciclos celestes do ponto de vista prático do que o homem moderno¹⁷.

Acreditamos, no entanto, que há certos sentimentos que não mudaram ao longo das eras sobre a Astronomia. Sentimentos que nos acompanharam desde sempre, que são a *curiosidade* e o *espanto* sobre o mundo celeste.

Nossos ancestrais, por exemplo, deviam ficar espantados quando do surgimento de cometas, pois os relacionavam à destruição e à morte. Hoje, ainda, ficamos com aquela sensação de espanto quando um cometa aparece grande e brilhante no céu, só que este é mais pela beleza e pela raridade do fenômeno, pois sabemos o que são esses objetos celestes. Os antigos deviam também ficar maravilhados quando do surgimento de uma ‘nova estrela’ que, em alguns casos, podia alcançar o brilho dos planetas e que, poucos dias depois, desaparecia na escuridão da noite. Apesar de não termos visto alguma ‘estrela’ surgir no céu em tempos modernos, ficamos também maravilhados com esses fenômenos, já que sabemos que são as chamadas ‘supernovas’.

¹⁷ Excluindo-se, claro, aqueles que trabalham diretamente com a Astronomia.

Vemos, então, que a Astronomia, mesmo nos dias atuais, ainda tem o poder de nos atrair para seus estudos e mistérios. Mistérios como os dos buracos negros, da energia e da matéria escura, do destino do universo etc. Há, entretanto, questões mais humanas, vamos assim dizer, relacionadas ao interesse que temos para com a Astronomia. Questões que mostram que algumas das curiosidades que mais mobilizam “a maioria das pessoas para assuntos de Astronomia é antes a busca humana pelas origens e as conexões entre a origem da Astronomia e a da consciência humana” (JAFELICE, 2002, p.2).

Se direcionarmos nossa atenção à educação científica, verificaremos que a curiosidade e o espanto que a Astronomia desperta nas pessoas podem ser chaves de acesso para que os alunos voltem seus olhares por ela, já que “no Ensino Fundamental, as crianças estão sempre muito interessadas em descobrir como os fenômenos acontecem e com que frequência e são sempre muito curiosas e motivadas em relação aos fenômenos celestes que ocorrem no Universo” (PUZZO, TREVISAN e LATARI, 2004, p.2).

É fato também que o interesse que a Astronomia desperta nas pessoas pode ser potencializado para o aprendizado de outras Ciências já que se pegarmos um livro, mesmo que seja de divulgação da ciência astronômica, leremos assuntos relacionados à Física, à Química, à Biologia, à Filosofia, à História etc. A Astronomia é, desta forma, uma Ciência que consegue agregar outras áreas do saber.

Os aspectos multidisciplinar e motivacional que a Astronomia possui podem e devem ser explorados por professores e autores de livros didáticos e de divulgação por conduzirem os alunos ao entendimento da existência de uma correlação entre todos os campos do conhecimento. Os alunos podem, assim, perceber que a Ciência atual se divide em áreas para melhor conhecermos as diversas características do mundo e do Universo, além, claro, da própria natureza humana, mas que, na realidade, ela é um “corpo” único.

Outra questão sobre o interesse das pessoas para com a Astronomia, é o fato de desconhecermos outras áreas da ciência que conseguem agregar números expressivos de pessoas em eventos públicos. Apesar de serem muito

raras aqui no Brasil, as chamadas *festas das estrelas* (star party), são muito comuns nos Estados Unidos e na Europa. Dezenas, centenas, às vezes milhares de pessoas, se reúnem em certas épocas do ano para observar o céu ou acompanhar algum evento astronômico raro, trocar experiências e se divertirem. Não vemos isso acontecendo com relação à Física, à Química ou à Biologia.

Apesar do que foi exposto sobre o potencial que a Astronomia possui de despertar o interesse e de desenvolver habilidades de coletas, de observação e de análise de dados para com ela e para com as outras Ciências, deveríamos supor que as pessoas conhecessem, pelo menos, seus conceitos mais elementares.

Todavia, não é isso que temos percebido ao longo dos últimos anos por meio de várias pesquisas realizadas no âmbito escolar e acadêmico com professores e alunos. Apesar de todos os programas televisivos, livros de divulgação, Internet, observatórios didáticos, planetários etc., o fato é que “a grande maioria das pessoas continuam “ignorantes” em assuntos astronômicos” (BARRIO, 2010, p.160).

Para termos uma ideia do exposto acima, em um estudo recente com perguntas de Física e Biologia feitas a 2.200 pessoas, a Fundação Nacional da Ciência dos Estados Unidos divulgou que 01 em cada 04 americanos ignora que a Terra está girando em torno do Sol (VEJA, 2014).

Os motivos de muitas pessoas desconhecem os conceitos mais elementares da Astronomia podem ser muitos. Segundo Barrio (2010), a um leque de fatores que podem explicar essa questão, como o desconhecimento de observações básicas, as crenças religiosas e a complexidade de raciocínios espaciais.

Realmente, esses fatores podem desempenhar alguns dos aspectos que mais causam dificuldades para com o ensino da ciência astronômica, mas não são os únicos. Podemos, talvez, resumir todos esses problemas em três questões-chaves que se tornam, provavelmente, os grandes obstáculos para o ensino e para a aprendizagem da Astronomia. Esses três aspectos são: as *concepções alternativas* que professores e alunos possuem sobre os fenômenos astronômicos, a *má formação de professores* durante seus cursos de graduação no que diz

respeito à disciplina Astronomia e os *erros conceituais* e abordagens com pouca observação e conexão com a realidade que ainda encontramos nos *livros didáticos de ciências*.

Acreditamos que essas três questões estão imbricadas a ponto de virarem, de certo modo, um círculo vicioso no ensino, já que a má formação dos professores em seus cursos de graduação faz com que eles se apoiem no livro didático que, por sua vez, está mal escrito, possui figuras mal produzidas e erros conceituais; este fato contribui para a geração de concepções alternativas nos docentes que as passam para os alunos¹⁸. Se alguns desses alunos se tornarem futuros professores de ciências, estes farão cursos que, muito provavelmente, não possuirão o tema Astronomia na grade curricular, o que se gerará uma má formação do docente... e assim por diante.

Essas questões são preocupantes, já que o ensino da Astronomia está presente em todo o território nacional, segundo Bretones (1999), desde a época do Descobrimento quando os jesuítas aqui chegaram no alvorecer do século XVI.

Oficialmente, a Astronomia passou a fazer parte dos cursos que foram sendo criados a partir da chegada da família real portuguesa ao Brasil. Com a família real aqui instalada, ainda segundo Bretones (1999), a educação se voltou para a formação das elites, por esse motivo a intenção do governo foi a criação das escolas de nível superior para atender a esta demanda.

Durante todo esse período, a ciência astronômica se fez presente como disciplina de cursos como a da “Academia da Marinha (1808) e a da Academia Real Militar (1810), ambos instalados na cidade do Rio de Janeiro” (BRETONES, 1999, p.24).

Até 1837 a Astronomia era uma disciplina pertencente aos cursos superiores. A partir desse ano, foi criado o Colégio Pedro II que reformulou, organizou e regulamentou o ensino secundário em todo o território nacional. Desse momento em diante, a Astronomia passou a ser integrante também dos cursos de nível secundário em todo território nacional já que as escolas desse

¹⁸ É importante lembrar que os próprios alunos já chegam à escola com as suas próprias visões do mundo que os cercam. Os professores, em princípio, deveriam diagnosticar essas visões distorcidas das crianças e transmitirem-lhes o conhecimento correto.

nível passaram a seguir as recomendações do modelo proposto pelo Colégio Pedro II.

A importância desse colégio, principalmente, para o ingresso da Astronomia no currículo escolar, pode ser observada na pesquisa realizada por Hosoume, Leite e Del Carlo (2010) na qual vemos que entre os anos 1850 a 1951 a Astronomia esteve presente no currículo escrito de ciências adotado pelas escolas brasileiras. Esse currículo era baseado nas resoluções propostas pelo Colégio Pedro II que foi considerado o colégio responsável pelos projetos das reformas de ensino no período estudado pelas autoras.

Hosoume, Leite e Del Carlo (2010) nos mostram ainda que a Astronomia aparecia no período pesquisado com o título de Cosmographia e ela estava presente individualmente ou em conjunto com outras disciplinas como Geographia. Ainda nessa pesquisa, as autoras (*ibidem*, p.197) criaram sete categorias para descrever os temas que eram abordados no currículo do período estudado: “1. Observação da superfície da Terra; 2. Fenômenos cíclicos; 3. Sistema Solar; 4. Terra; 5. Atração gravitacional; 6. Universo e 7. História e cultura”. Por essas categorias, vemos que os assuntos ensinados desde o século XIX não diferiam muito daqueles que são apresentados hoje nas escolas dos níveis Fundamental e Médio.

No período da Primeira República, a Astronomia aparecia ainda como uma das disciplinas exigidas para ingresso nos cursos superiores. Com a reforma do ensino secundário em 1931, feita pelo então Ministro da Educação Francisco Campos, o ensino secundário passou a ser dividido em dois graus, sendo o primeiro com um período de cinco anos e um segundo de dois anos.

Com esta reforma, a Astronomia aparece como Cosmografia e, com isto, “passou a ter um tratamento específico” (BRETONES, 1999, p.28).

Em 1942 acontece outra reforma na educação básica que foi implementada pelo Ministro da Educação, Gustavo Capanema. Nesta reforma, o ensino secundário continua a possuir dois períodos, só que, neste momento, o primeiro tem quatro anos e passa a ser chamado de Ginásio e o segundo, com três anos, é dividido em Científico e Clássico.

É neste momento da educação brasileira que “os conteúdos de Astronomia e Cosmografia deixam de ser disciplinas específicas e passam a fazer parte principalmente dos programas de Ciências Naturais, Geografia e Física” (BRETONES, 1999, p.29). Para Hosoume, Leite e Del Carlos (2010), não é ainda muito compreensível a diminuição dos conteúdos de Astronomia na reforma Capanema de 1942 e a quase extinção desta disciplina na reforma de 1951.

De qualquer forma, “o ensino de Astronomia no Brasil ganha uma nova perspectiva na educação básica por meio da LDB/1996 (Lei de Diretrizes e Base da Educação de 1996) que foi consolidada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)” (HOSOUME, LEITE e DEL CARLO, 2010, p.190).

Os PCN foram criados no final dos anos 1990 com o intuito de auxiliarem os professores em suas discussões para o desenvolvimento de projetos educativos e no preparo de suas aulas.

Desde sua apresentação, os Parâmetros Curriculares Nacionais são elogiados e criticados a todo o momento. Como exemplo de crítica, podemos citar a de Azanha (2001, p.29) sobre a concepção de aprendizagem contida no documento.

O texto introdutório dos PCN, apesar de em muitas passagens fazer referência à necessidade de discussão e a ao caráter não impositivo da proposta curricular, de fato não oferece concepções alternativas para discussão, e até as deprecia, mas expõe e privilegia **uma** concepção. Na parte intitulada “Fundamentos psicopedagógicos”, há a clara e sumária adesão a **uma** concepção de aprendizagem e de ensino, a **uma** concepção de conhecimento, e o seu encaminhamento de uma maneira impositiva...”

Como elogios, apontamos as considerações de Ricardo e Zylbersztajn (2007, p.339): “os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN e PCN+) constituem-se, ao menos nas últimas décadas, em uma ambiciosa tentativa do MEC em propor mudanças curriculares e metodológicas nas práticas educacionais presentes na escola” e de Wiedemer (2013, p.117) que expõe que eles “constituem um referencial de qualidade para a educação no ensino fundamental em todo o país”.

Nos PCN a Astronomia está inserida no eixo temático 'Terra e Universo' e tem, por princípio, assim como os outros eixos temáticos propostos, representar “uma organização articulada de diferentes conceitos, atitudes e valores para cada um dos ciclos da escolaridade” (BRASIL, 1998, p.35).

Para os primeiros anos do Ensino Fundamental a Astronomia e as outras Ciências Naturais “têm por referência as teorias vigentes, que se apresentam como conjuntos de proposições e metodologias altamente estruturadas e formalizadas, muito distantes, portanto, do aluno em formação” (BRASIL, 1997, p.27). Apesar de tudo, esse conhecimento das ciências da natureza, “deve ser considerado pelo professor em seu planejamento” (*ibidem*, p.33).

Apesar de a Astronomia não fazer parte efetiva do currículo dos anos iniciais de Ciências nos PCN, podemos ver algumas abordagens de temas da ciência astronômica em livros didáticos dos anos iniciais do Ensino Fundamental, assim como sugestões de observação do céu, como as das fases da Lua. Com isso, o professor e o autor de livro didático têm a liberdade de apresentar certos conteúdos para seus alunos. Quais conhecimentos astronômicos e como eles devem ser retratados para as crianças é um assunto que merece ser muito bem discutido, já que nos PCN não é explicitado. Dependendo do conteúdo e da forma de apresentação destes para as crianças, o professor e o autor de livro didático podem criar vários problemas de ordem conceitual e gerar concepções alternativas que serão difíceis de serem reformuladas no futuro.

Para as crianças do chamado terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental, é proporcionado um contato mais formal com a ciência astronômica pelo fato de, nesse ciclo, existir o eixo temático 'Terra e Universo'. Ao final do contato com a Astronomia, as crianças, segundo os PCN, devem ter uma noção da Terra como um corpo cósmico. Isto deve ocorrer, segundo os PCN, através do trabalho de se mostrar, ao longo da história, a construção de “modelos para explicar a Terra e o Universo, sendo de grande importância a transição para o modelo heliocêntrico, desenvolvido por Copérnico, pois se levou séculos para desenvolver uma alternativa ao ponto de vista geocêntrico, de Ptolomeu” (BRASIL, 1997, p.38).

Em suma, para os autores dos Parâmetros Curriculares Nacionais,

Compreender o Universo, projetando-se para além do horizonte terrestre, para dimensões maiores de espaço e de tempo, pode nos dar novo significado aos limites do nosso planeta, de nossa existência no Cosmos, ao passo que, paradoxalmente, as várias transformações que aqui ocorrem e as relações entre os vários componentes do ambiente terrestre podem nos dar a dimensão da nossa enorme responsabilidade pela biosfera, nosso domínio da vida, fenômeno aparentemente único no Sistema Solar, ainda que possa imaginar outras formas de vida fora dele (BRASIL, 1997, p.41).

Para os adolescentes do Ensino Médio, “a Astronomia também ganha espaço com o tema estruturador: Universo, Terra e Vida, transcendendo o tradicional conteúdo “Gravitação”” (HOSOUME, LEITE e DEL CARLO, 2010, p.190). Atestamos essa afirmação lendo o que está exposto nos PCN:

A possibilidade de efetivo aprendizado de Cosmologia depende do desenvolvimento da teoria da gravitação, assim como de noções sobre a constituição elementar da matéria e energética estelar. Essas e outras necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à Física contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso. Seria interessante que o estudo da Física no Ensino Médio fosse finalizado com uma discussão de temas que permitissem sínteses abrangentes dos conteúdos trabalhados. Haveria, assim, também, espaço para que fossem sistematizadas ideias gerais sobre o universo, buscando-se uma visão cosmológica atualizada. (BRASIL, 2000, p.26).

O que podemos perceber até o momento, é que a Astronomia está presente no ensino de Ciências em território nacional. Apesar de nos PCN estar explícito que seu aprendizado deve ser feito a partir do terceiro ciclo do Ensino Fundamental devido à complexidade de certas abstrações, conceitos etc., o que notamos é que, desde as primeiras séries do Ensino Fundamental, há professores que apresentam certos conteúdos da ciência astronômica para seus alunos já que estes, segundo Hosoume, Leite e Del Carlo (2010), constam nos livros didáticos de Ciências. Em seu trabalho de mestrado, Oliveira (2008) mostra que certas

coleções apresentam temas como fases da Lua, estações do ano, e questões como a força de atração entre Sol, Terra e Lua.

Sobre novas propostas para o ensino e a aprendizagem de Astronomia no Brasil, devemos destacar os trabalhos que são realizados em nível superior com o intuito de se descobrir quais são os problemas mais importantes e frequentes e sugerir mudanças no currículo e na forma de apresentação dos temas astronômicos em sala de aula.

No trabalho de Castro, Pavani e Alves (2009) são apresentados os resultados obtidos de um levantamento de 135 artigos da área de Ensino de Astronomia nos Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEF) e nas reuniões da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB). Como resultado da análise de ambos os eventos, Castro, Pavani e Alves (2009) verificaram uma maior preocupação dos autores dos artigos com as 'concepções alternativas' (21%); em segundo lugar com o 'material didático (13%); e em terceiro lugar com a 'olimpíada de Astronomia' (12%).

É possível percebermos também no trabalho acima que “houve um aumento do interesse na área do ensino de Astronomia ao longo dos últimos sete anos, desde os 15 trabalhos no período de 2001 a 2002 até os 39 trabalhos no período de 2007 a 2008, que confere um aumento de 61% em sete anos” (*ibidem*, 2009, p.7).

Também o Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia, disponível na Internet¹⁹, nos possibilita verificar o crescimento de trabalhos acadêmicos - teses e dissertações - sobre esta temática nos últimos anos.

Trata-se, segundo Bretones (2015), do levantamento referente às teses e às dissertações que foram defendidas em território nacional sobre Educação em Astronomia. Atualmente, este Banco possui 16 teses e 118 dissertações, portanto, um total de 134 trabalhos quem têm, dentre outros objetivos, “conhecer as principais tendências bem como sinalizar com necessidades a serem supridas em

¹⁹ Disponível em: <http://www.btdea.ufscar.br/>

pesquisa futuras” (BRETONES, 2015) sobre o ensino e a aprendizagem da ciência astronômica.

Como resultado até o momento, observamos um número crescente de publicações a partir do final dos anos 1990, sendo a região sudeste (63,7%) com a maior quantidade de trabalhos seguida da região sul (18,5%). No período que corresponde às publicações neste Banco de Teses e Dissertações, temos o primeiro trabalho em 1973 e o último em 2015.

1.1.Olimpíada brasileira de Astronomia

Como mostramos, a Astronomia tem a capacidade de agregar e de estimular as pessoas de todas as idades para conhecerem o céu e o universo. Há, ainda, outra peculiaridade desta Ciência, que é a de ser considerada uma interessante ferramenta motivadora na escola para o aprendizado de outras disciplinas como a Física e a Matemática.

Como exemplo, Vasconcelos e Saraiva (2012) nos dizem que utilizaram a Astronomia como motivação para ensinar a disciplina de Física para alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual do Rio Grande do Sul; Silva e Fernandes (2011) também utilizaram a Astronomia como ferramenta de contextualização de conteúdos matemáticos para alunos do 2º ano do Ensino Médio de escolas estaduais de São José dos Campos, SP.

Há ainda outra maneira de estimular os alunos do Ensino Básico para o aprendizado da Astronomia que surgiu há não muito tempo aqui no Brasil. Trata-se da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA).

A ideia de uma Olimpíada de Astronomia em território nacional apareceu em 1998 devido a iniciativa do engenheiro aeronáutico Daniel Fonseca Lavouras. Neste ano, Lavouras entrou em contato com o Comitê Organizador da Olimpíada Internacional de Astronomia (IAO) que acontecia todo ano na Rússia, pedindo autorização para a escola que lecionava, Sistema Titular de Ensino, localizada na cidade de Belém (PA), participasse da IAO (CANALLE, 2016).

Com o convite oficializado, foi constituída uma comissão organizadora para a realização da primeira Olimpíada Brasileira de Astronomia. As entidades responsáveis pela empreitada foram a Universidade do Estado do Pará (UEPA) e o Sistema Titular de Ensino.

A primeira OBA ocorreu em 22 de agosto de 1998. Já nesta primeira olimpíada, havia o espírito de utiliza-la “como um recurso pedagógico, um instrumento que, muito mais do que premiar os melhores estudantes, atingisse o objetivo de cativar o interesse dos jovens pela ciência” (CANALLE, 2016).

A primeira prova da OBA foi dividida em dois níveis, sendo o primeiro para alunos de até dezesseis anos e o segundo para estudantes de até 18 anos.

Devido aos resultados positivos da I OBA, apesar das dificuldades enfrentadas em todos os âmbitos, a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) assumiu o controle da II OBA e solicitou que sua Comissão de Ensino (CESAB) se encarregasse de toda a organização do evento.

Um dos primeiros resultados dessa mudança foi a divisão dos alunos em três níveis de acordo com o ensino básico (CANALLE, 2016):

- Nível 1: alunos do 1º ao 5º ano do ensino fundamental
- Nível 2: alunos do 6º ao 9º ano do ensino fundamental
- Nível 3: alunos dos três anos do ensino médio

A realização da II OBA contou com a colaboração de um grande número de entidades e de pessoas para a divulgação. O resultado deste mutirão foi a participação de mais de 15.000 alunos de 597 estabelecimentos de ensino de 22 estados mais o Distrito Federal.

Com o fim da II OBA foi possível chegar a várias conclusões devido aos resultados e a repercussão nacional que esta olimpíada obteve. Conclusões e resultados que retratam muito bem os objetivos e o espírito desta competição. Segundo os organizadores, a OBA (CANALLE, 2016):

- a) contribuiu para desenvolver o estudo da ciência astronômica em todo o Brasil;

- b) incentivou muito a população estudantil no aprofundamento dos estudos da ciência astronômica, pois tinham uma motivação lúdica;
- c) foi um veículo extremamente profícuo, inclusive para contestar conhecimentos errôneos advindos do “bom senso” ou do livro didático;
- d) incentivou os professores responsáveis pelo ensino dos conteúdos de Astronomia no ensino médio e fundamental a se atualizarem para melhor poderem atender aos anseios de boa classificação dos seus alunos, pois tivemos pela primeira vez um número expressivo de participantes no IV Encontro Brasileiro de Ensino de Astronomia, realizado no Planetário do Rio de Janeiro na primeira semana de dezembro de 1999;
- e) estimulou o nascimento de clubes de Astronomia ou clubes de astrônomos amadores;
- f) envolveu os professores dos conteúdos de Astronomia, seus coordenadores pedagógicos e diretores num mutirão de caráter nacional em prol do ensino da Astronomia, pois tiveram que preparar cursos “de férias” ou especiais para seus alunos participarem da II OBA sem fazer “feio”;
- g) estreitou os contatos entre os astrônomos profissionais do Brasil que constituem a SAB, astrônomos amadores e planetaristas com os professores do ensino médio e fundamental, responsáveis pelo ensino dos conteúdos de Astronomia, pois pela primeira vez todos eles estiveram reunidos no IV Encontro Brasileiro de Ensino de Astronomia
- h) estimulou a visita aos planetários fixos e móveis, como relataram os diretores dos planetários brasileiros reunidos na IV Reunião Anual da ABP (Associação Brasileira de Planetários).

As consequências positivas da II OBA para o ensino de Astronomia, para as escolas, para os professores e para os alunos são marcantes. A partir da segunda olimpíada, todos os alunos participantes começaram a receber medalhas e todas as escolas e todos os professores participantes começaram também a receber uma série de materiais para prepararem os alunos para as provas.

Em 2012, por exemplo, cerca de vinte e sete toneladas de livros, planisférios, revistas, dentre outros materiais foram distribuídos para as escolas que participaram da XV OBA; entre 2010 e 2011 foram dezessete mil lunetas distribuídas (CANALLE, 2016)

Contudo, não somente materiais diversos foram criados e distribuídos para as escolas, para os professores e para os alunos ao longo dos anos. Uma série de

outros eventos paralelos começou a acontecer e outras instituições iniciaram uma parceria com a OBA.

Fazendo um resumo, é possível verificarmos (CANALLE, 2016):

- a) *Escola de Astronomia*: realizada desde 2001 na IV OBA para capacitar os alunos finalistas para a olimpíada internacional. Hoje o curso é feito à distância;
- b) *Comitê de Colaboradores Discentes (CCD)*: grupos de alunos medalhistas que colaboram espontaneamente para treinar novos candidatos para fases avançadas da olimpíada brasileira e internacional;
- c) *Agência Espacial Brasileira (AEB)*: convênio firmado em 2005 com a Agência Espacial Brasileira para incluir tópicos da astronáutica nas provas da OBA. Com isto a olimpíada passou a se chamar de Olimpíada de Astronomia e Astronáutica. A sigla, entretanto, continuou a ser OBA. A comissão organizadora passou a incluir mesmos do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e da própria Agência Espacial Brasileira (AEB);
- d) *Jornada Espacial. Fundação Estudar*: curso organizado pelos membros da área aeroespacial da OBA para atuar com os alunos que tiraram as melhores notas de astronáutica. Este curso também contempla um professor da escola do aluno agraciado;
- e) *Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG)*: projeto iniciado em 2005 para orientar a construção e o lançamento de foguetes por impulsão ou por ação e reação dependendo da faixa etária;
- f) *Encontro Regional de Ensino de Astronomia (EREA)*: evento que tem por objetivo recrutar e capacitar professores de escolas do ensino fundamental e médio na área da Astronomia e Astronáutica. Este evento surgiu em 2009 e se estende até os dias atuais;

Do apresentado acima, notamos que a Olimpíada Brasileira de Astronomia se transformou em uma ferramenta de divulgação da Astronomia e Astronáutica no Brasil. Isto se deve não somente às instituições renomadas que estão envolvidas neste evento anual, mas, principalmente, à sua abrangência nacional. Entre 1998, quando do início da I OBA, até 2012 pouco mais de 4.800.000 alunos haviam participado desta olimpíada. De 2009 até 2015 houve uma média aproximada de 800.000 alunos/ano entre escolas públicas e particulares (OBA, 2016). De 2009 a 2015 houve uma média aproximada de 600.000 alunos/ano de escolas públicas e, no mesmo período, um crescendo de escolas particulares que, em 2015 teve mais de 210.000 alunos (OBA, 2016).

Os resultados para os alunos medalhistas da OBA são vários. Muitos ganharam bolsas parciais e integrais para o ensino médio em colégios particulares e os que cursaram o ensino médio foram aceitos em universidades como Massachusetts Institute of Technology e Harvard University (CANALLE, 2016).

Em relação aos professores, devido à olimpíada, muitos cursos de formação continuada estão sendo realizados que proporcionam uma melhor compreensão dessa Ciência por parte dos docentes significando um melhor ensino e entendimento dos alunos.

Como resultado da OBA, um maior interesse por parte dos alunos em outras disciplinas das ciências naturais, como a Física. Em 2004, em decorrência do V OBA, o Colégio Santo Inácio participou do evento com número recorde, segundo Marques e Silva (2005). Os alunos participantes começaram, então, a se envolver com mais afinco em um projeto do colégio chamado de 'monitoria de Física' para estudarem temas da Física moderna e contemporânea (FMC) relacionados à Astronomia, como relatividade especial e geral, quântica, nuclear etc. Marques e Silva (2005, p.35) dizem ainda que "após a experiência de 2004, pareceu-nos possível propor o ensino da FMC através da Astronomia".

1.2.O livro didático

O objetivo de investigarmos os livros didáticos de Ciências neste trabalho tem motivo de ser. O livro didático, de maneira genérica, é tido hoje em território nacional como o principal, senão um dos principais instrumentos utilizados em sala de aula pelos docentes e alunos para a aquisição de conhecimento.

Não é por menos que muitos autores vêm se dedicando à compreensão deste instrumento educacional em contextos sociais, culturais e científicos há muito tempo, como Amaral e Megid Neto (1997), Fracalanza (2003), Choppin (2004), Romanatto (2004), Leão e Megid Neto (2006).

Sendo, talvez, o principal instrumento de ensino e aprendizagem para o aluno e para o professor, é natural que o livro didático sofra vários tipos de críticas. Uma delas vem de Romanatto (2004) quando diz que o livro didático não atende as necessidades pelas quais se destina, pois, ele é voltado para professores com precárias formações iniciais ou continuadas e para alunos com sérios problemas de conhecimento. Outra crítica diz respeito ao fato dos livros didáticos não levarem em consideração aspectos histórico-culturais, fazendo com que ele se torne um produto produzido “para uma criança genérica” (NUÑES *et. al.*, 2003, p.3).

Apesar de tudo, é fato que hoje, em território nacional, principalmente nas escolas públicas, o livro didático assuma “o papel de currículo e de definidor das estratégias de ensino, interferindo de modo significativo nos processos de seleção, planejamento e desenvolvimento dos conteúdos em sala de aula (SIGANSKI *et. al.* 2008, p.4).

No ensino de Ciências, o livro didático também possui um papel bastante importante. É natural, portanto, que o professor de Ciências busque neste instrumento educacional o apoio necessário para o preparo de suas aulas e de suas atividades práticas, quando tem a intenção de desenvolvê-las. Não é por menos, que o livro didático de Ciências de modo mais específico, também seja bastante criticado.

Uma das várias críticas sobre o livro didático é em relação à transmissão do conhecimento científico, ou seja, como se transmitir o ensino científico sem haver uma vulgarização da Ciência. Em outras palavras, como se ensinar Ciências sem que o ensino perca o rigor metodológico, o rigor dos conceitos e o rigor lógico-matemático que se verifica no trabalho científico. Afinal, como diz Silva (2007, p.23) “a teoria dos cientistas e a teoria ensinada pelo professor não são idênticas, como tão pouco o é a aprendida pelos alunos”.

Entendemos que transmitir o conhecimento de Ciências em sala de aula não é tarefa fácil. Há a necessidade do professor e do autor de livro didático realizarem certas simplificações nas teorias e nos conceitos para que esses se adequem à realidade do aluno principalmente quando se começa a apresentar o rigor científico nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Não é por menos que Paruelo (2003) diz que a diferença entre a teoria do cientista e a do ensino é maior quanto menor é o nível educativo que se trabalha.

O trabalho que é feito pelo autor ou autores de livros didáticos é difícil e se reconhece esse problema. Contudo, é necessário que se busque sempre atingir o rigor quanto aos conceitos e as teorias sem, contudo, como já exposto, haver uma vulgarização da Ciência e do cientista.

Produzir um livro didático de Ciências que atenda não somente questões pertinentes às metodologias de ensino, mas, também, ao rigor científico deve ser o objetivo de todos aqueles que se dedicam ao ensino e à aprendizagem da Ciência.

No Brasil, há um programa do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que está vinculado ao Ministério da Educação (MEC), denominado Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) que tem por objetivo abastecer todas as escolas públicas de Ensino Fundamental e Médio em território nacional com uma série de materiais, inclusive de livros didáticos. Os livros são avaliados periodicamente por especialistas de todo o território nacional, antes de serem impressos e distribuídos.

2.As ideias sobre os movimentos da Terra

Em 1543, o clérigo polonês Nicolau Copérnico nos apresenta sua obra *Sobre a revolução dos orbes celestes*, em que recupera ideias antigas do passado grego para apresentar uma nova visão de mundo em que a Terra deixa de ser estática e passa a ter movimentos.

Dizemos que a atitude de Copérnico de retirar a Terra do centro dos movimentos planetários é muitas vezes chamada na historiografia científica de ‘Revolução Copernicana’, devido ao impacto que sua obra teve não somente no que definimos hoje por Ciência, mas, também, na própria estrutura cultural, social e religiosa do período em que viveu e nos seguintes.

Não é por menos que Kuhn (1957, p.17) nos diz que a Revolução Copernicana não foi somente uma revolução científica, mas, também, uma “revolução de ideias, uma transformação do conceito que o homem tinha do universo e da sua própria relação com ele”.

Apresentar em sua obra a Terra possuindo movimentos de rotação e de translação foi de uma ousadia muito grande de Copérnico, mesmo que essa ideia não fosse inédita, pois na Grécia antiga ela já havia sido sugerida por alguns filósofos. O pensamento de uma Terra imóvel era secular e estava alicerçada fortemente na filosofia cristã e nos argumentos de filósofos e de astrônomos da época que, por meio de pressupostos físicos e observacionais, “provavam” a imobilidade terrestre.

Dois tipos de argumentos foram muito utilizados pelos opositores de Copérnico para mostrar a imobilidade da Terra. Um estava relacionado a questões astronômicas-matemáticas e o outro era de ordem física.

O primeiro dizia respeito à falta de visão da paralaxe que, caso a Terra se movesse como Copérnico e seus seguidores assim o afirmavam, deveria ser observada; o segundo argumento estava relacionado à noção física de ‘movimento’ que se tinha na época de Copérnico e que continuou praticamente até Galileu. A concepção física de movimento no período de Copérnico era basicamente a aristotélica, a qual mostrava que, se a Terra se movesse, uma

pedra lançada ao alto, ao cair, atingiria um local distante de seu lançamento.

Colocar a Terra em movimento pode ter sido um dos trabalhos mais significativos já realizados pelo ser humano. Isto nos mostra que a natureza possui sutilezas que somente pessoas determinadas em descobrir seus segredos podem fazer relações com os fenômenos que as levam à contemplação de novos conhecimentos, de novas visões sobre o mundo e o universo.

Copérnico iniciou um trabalho que somente, podemos assim dizer, terminou com a mecânica newtoniana. Entre Copérnico e Newton, existiram outros físicos e astrônomos que tiveram papel fundamental na elaboração dessa nova ordem cósmica. Tycho Brahe, Johannes Kepler e Galileu Galilei foram algumas das pessoas que contribuíram para mostrar novas realidades sobre a Terra e o cosmos.

A história dessa aventura científica é longa e cheia de acertos e erros, de vitórias e derrotas, de avanços e retrocessos que, aos poucos, foram moldando o conhecimento até chegar aos atuais modelos sobre o universo.

A história que aqui apresentaremos terá um formato bastante sucinto, já que a evolução do pensamento cosmológico é muito longa e cheia de percalços, não sendo possível reproduzi-la a contento em tão pouco espaço. Devido a este fato, personagens e obras deixarão de ser mencionadas. Contudo, um esforço será impresso por nós com o intuito de contemplar os pontos mais importantes e necessários para dar coerência aos objetivos deste trabalho.

Como “em todas as formas de civilização que a história registra, por mais rudimentares que elas sejam, o primado, clara ou não claramente expresso, pertence à educação” (SANTOS, 1973, apud AMADO, 2014, p.22) afigura-se fundamental uma breve discussão sobre educação, cultura e conhecimento.

2.1.Educação, cultura e conhecimento

Fazermos investigação em Educação não é o mesmo que investigarmos em outra área qualquer do social, devido às especificidades do fenômeno

educativo, segundo Amado (2014, p.20). Para o autor, é preciso “entender o que é educação e qual a natureza do ato educativo”.

Educação é um termo polissêmico, intimamente ligado a outro ainda mais problemático que é o conceito de ser humano. Simões (2007, apud Amado, 2014, p. 20) considera que “o específico do homem é a sua dimensão moral”, uma dimensão que considera o ser humano como um ser livre, autônomo, cooperante e responsável pelo seu destino, enquanto pessoa e membro de uma comunidade, participante de um contexto biofísico e cósmico, segundo Amado (2014).

Há, nas várias definições de educação, a ideia de

[...] educação como uma caminhada de aperfeiçoamento que os membros de uma comunidade humana realizam com a ajuda e o apoio de outros membros; o aperfeiçoamento e enriquecimento não são, desse modo, somente individuais, mas coletivos, devendo produzir mudanças desejáveis da sociedade e na cultura- muito especialmente na concretização dos direitos humanos e das liberdades fundamentais, bem como na intensificação de valores essenciais para a convivência, como a compreensão, a tolerância e a amizade entre cidadãos e cidadãs, povos e civilizações.(AMADO, 2014, p.21).

Nós, ao longo da história, sempre travamos batalhas diárias pela sobrevivência nos ambientes mais diversificados do planeta. No intuito de garantirmos nossa existência, conseguimos desenvolver e aprimorar nosso cérebro durante o processo evolutivo para praticarmos, através de pensamentos racionais e lógicos, “atos inéditos, desconhecidos do passado da espécie” (VIEIRA PINTO, 1979, p.122).

A evolução, ao longo das eras, nos permitiu refinar nossa capacidade de aprendermos e de reproduzirmos atos de forma racional, transmitindo todo esse conhecimento acumulado para nossos descendentes através da oralidade em um primeiro momento, e, mais tarde, através da escrita.

Tudo o que aprendemos, criamos e desenvolvemos para garantir nossa existência, tanto no que diz respeito aos objetos materiais, quanto ao que se refere aos costumes e aos modos de vida, está relacionado à sua *cultura*.

Definirmos cultura é algo complexo. Contudo, uma possível utilizarmos a definição de cultura apresentada por Tylor (1871, *apud* MITCHELL, s/d, p.126), o qual diz que cultura “é aquele todo complexo que inclui conhecimento, fé, arte, moral, lei, costume e quaisquer outras aptidões e hábitos adquiridos pelo homem enquanto membro da sociedade”.

Pela definição acima, verificamos que a cultura está associada ao gênero humano. Nós que produzimos cultura. Os outros animais, ao contrário, são o que são, pois na adaptação ao meio em que vivem desenvolveram basicamente as capacidades instintivas para a autossobrevivência e para a reprodução. Nenhum outro ser vivo na Terra, além de nós, tem, ao mesmo tempo, a capacidade racional de assimilar seus erros, elaborar novas atitudes perante o meio e passar o novo conhecimento apreendido aos seus semelhantes.

A cultura surge, assim, de nossa capacidade de raciocinar de maneira organizada e de elaborar soluções diversas para nossos problemas e nossas necessidades diárias. Os objetos simbólicos, as ideias, a comunicação, o conhecimento, a arte, a música, os produtos materiais, a tecnologia, enfim, tudo o que conseguimos elaborar ao longo do tempo para garantirmos nossa sobrevivência, nos relacionar com nosso semelhante e nos autoconhecermos formam nossa cultura, ou mais genericamente, nossa ‘herança cultural’.

Temos que destacar que nossa herança cultural que vem sendo adquirida e modificada por eras não é transmitida aos nossos descendentes como algo imanente, como ações instintivas registradas em nosso código genético. A cultura não é um “programa” inscrito em nossos cromossomos que faz com que tomemos atitudes inatas perante o meio. Se assim o é, como, então, ela se manifesta em nós e como é transmitida para nossas gerações futuras?

De acordo com Vieira Pinto (1979, p. 121), as manifestações culturais são o resultado da complexa relação do ser humano com “a natureza material, e da luta a que se vê obrigado para manter-se em vida”. A cultura surge, então, de nossas necessidades no ambiente real em que vivemos.

Nossa herança cultural que foi sendo elaborada e modificada ao longo das eras se tornou um mecanismo indispensável para nossa humanização. Mais

ainda, todo o processo de produção de conhecimento e de bens materiais que desenvolvemos são frutos de nossa ação na natureza para nos posicionarmos como ser superior.

Vieira Pinto nos diz ainda que,

A cultura é, por conseguinte, coetânea do processo de hominização... A criação da cultura e a criação do homem são na verdade duas fases de um só e mesmo processo, que passa de principalmente orgânico na primeira fase a principalmente social na segunda, sem, contudo, em qualquer momento deixarem de estar presentes os dois aspectos e de se condicionarem reciprocamente (VIEIRA PINTO, 1979, p.122).

A pergunta que apresentamos há pouco, pode agora ser respondida mostrando que a cultura é transmitida para nossas gerações futuras por meio do convívio e da comunicação entre as pessoas. Neste ambiente social e comunicativo, os mais jovens assimilam o conhecimento acumulado das experiências das gerações passadas. Todo o conhecimento que adquirimos sobre a natureza e sobre nossa própria convivência é fruto do cabedal de aprendizado feito diariamente pelas gerações passadas.

No entanto, o conhecimento acumulado pelos antigos tende a mudar com o tempo, já que as novas gerações vão assimilando novos dados sobre o mundo e, conseqüentemente, modos diferentes de ser e de viver vão surgindo. Disto resultam olhares e ações distintas das anteriores fazendo com que nos adaptemos lentamente às novas regras culturais. A cultura está em constante mutação.

Há ainda outra questão que acreditamos ser acrescentada sobre a cultura. A mudança cultural se origina não somente em nossa ação e em nossa adaptação ao mundo, mas, também, em nosso constante embate com culturas diferentes.

De acordo com Saïd (1993, *apud* EAGLETON, 2000, p.28) “todas as culturas estão envolvidas umas com as outras; nenhuma é isolada e pura, todas são híbridas, heterogêneas, extraordinariamente diferenciadas e não monolíticas”.

De tudo posto até o momento, nos fica claro que a cultura é o nosso modo de ser e de viver. Claro está também a nós, que a cultura é mutável com o tempo,

ou seja, que nosso modo de ser e de viver varia à medida que acontecimentos internos e externos à sociedade aconteçam.

As manifestações culturais são muitas. Cada uma delas possui maior ou menor influência e significado no grupo e/ou em cada pessoa. Há uma manifestação da cultura, no entanto, que nos parece ter tido um valor muito grande em todas as épocas e em todas as sociedades. Trata-se do *conhecimento*.

O conhecimento é um atributo humano. Nós precisamos conhecer, precisamos aprender o máximo possível sobre tudo à sua volta.

Aristóteles, em uma frase bastante conhecida no início de sua *Metafísica* nos diz que “todos os homens têm, por natureza, desejo de conhecer” (ARISTÓTELES, 1984, p.11). O conhecimento que aqui Aristóteles nos apresenta é um saber de curiosidade, de espanto e de admiração pelo mundo natural. Sentimentos que os gregos nutriam pela natureza que os cercavam. Era “o saber pelo exclusivo objetivo de saber” (BAZARIAN, 1994, p.34).

Há algo, no entanto, mais profundo no conhecimento. Algo que está diretamente ligado a um de nossos instintos mais primitivos, a sobrevivência. Precisamos do conhecimento para garantir nossa sobrevivência, pois este (o conhecimento) se constitui em “entendimento, averiguação e interpretação sobre a realidade, é o que nos guia como ferramenta central para nela intervir” (CORTELLA, 2008, p.39). Bazarian (1994, p.36) diz que “o conhecimento, por mais abstrato que seja, sempre tem uma finalidade prática. Eis porque a prática, a atividade material produtiva dos homens é, ao mesmo tempo, a fonte de nossos conhecimentos e o objetivo final dos nossos conhecimentos”.

O que significa, entretanto, conhecer? O que é o conhecimento?

A filosofia nos vem em auxílio neste quesito. Existe uma área filosófica que tem por finalidade estudar, justamente, o conhecimento em todas as suas manifestações. Trata-se da *epistemologia*, também chamada de *teoria do conhecimento*.

Esta área da filosofia tem por objetivo nos responder: “o que podemos conhecer? O que é o conhecimento? Existe a verdade? Como podemos conhecê-

la? Qual é o critério da verdade? Qual é o valor dos nossos conhecimentos?” (BAZARIAN, 1994, p.34).

Quando buscamos, por exemplo, o entendimento sobre um fenômeno natural, tentamos saber duas questões: as causas que o levam a acontecer e se o pensamento sobre ele é verdadeiro, já que este é um “conhecimento efetivo” (HESSEN, 2012, p.23). Em outras palavras, ao estudarmos, a título de exemplo, o motivo que leva uma rocha a cair ao soltá-la de certa altura, queremos conhecer a causa que provoca sua queda e se o que pensamos sobre essa causa é uma verdade.

O conhecimento para a epistemologia é, em última instância, a relação existente entre sujeito e objeto, ou, mais especificamente, entre a consciência do sujeito e o objeto. Nesta relação, o sujeito observa o objeto e o assimila, fazendo com que o objeto seja compreendido pelo sujeito.

O conhecimento, segundo BAZARIAN (1994, p.42), pode ser “o *processo* de conhecer, como o *produto* desse processo”. Se o conhecimento for encarado como processo, “podemos definir o conhecimento como sendo o reflexo e a reprodução do objeto na mente” (BAZARIAN, 1994, p.42).

Se o conhecimento for encarado como produto, temos o conhecimento sensível e racional, como as áreas da ciência.

Uma questão importante que devemos ter em mente em relação ao conhecimento é o grau de sua confiabilidade. O conhecimento pode ser verdadeiro ou falso, profundo ou superficial etc. Dependendo do resultado, há basicamente três tipos de conhecimento segundo Bazarian (1994): conhecimento vulgar, conhecimento científico e conhecimento filosófico.

Por uma questão de propósito, focaremos somente nos dois primeiros: conhecimento vulgar e conhecimento científico.

O conhecimento vulgar é o conhecimento do dia a dia. É o conhecimento oriundo de nossas necessidades práticas cotidianas. Ele é ametódico, bastante superficial, sem conexão entre causa e efeito. O conhecimento vulgar origina-se de nossa empiria e está relacionado à pessoa que possui pouca ou nenhuma instrução sobre a Ciência e seus métodos.

O conhecimento científico, por sua vez, é aquele que obtemos devido a métodos elaborados de pesquisa, a um grupo de regras pré-estabelecidas que nos conduzem ao conhecimento. O conhecimento oriundo dessa metodologia é racional, objetivo e analítico.

O conhecimento é, portanto, cultural. É uma das principais, se não, a principal manifestação de nossa cultura para que possamos sobreviver. Conhecer o mundo em que vivemos e a nós mesmos, foram dois dos principais motivos que nos levaram a sobreviver até os dias atuais.

O modo como as interpretações da natureza e de seus fenômenos foi se alterando com o tempo, nos mostrou como o conhecimento tem a força para mudarmos nossa maneira de ser e de viver, indicando, novamente, que a cultura está vinculada ao conhecimento.

É de nosso consenso o enorme saber que a Ciência vem proporcionando sobre a natureza e ao ser humano desde a partir do século XVIII. “É o conhecimento vivo que conduz a grande aventura da descoberta do universo, da vida, do homem” (MORIN, 2008, p.15).

A Ciência se tornou, principalmente, após a Revolução Científica que se iniciou por volta do século XV um dos principais, se não, o principal mecanismo para conhecermos o universo.

O conhecimento científico é, contudo, o único meio que temos para a compreensão do mundo natural e de nós mesmos? Muitos dirão que sim. Outros, ao contrário, poderão ter opiniões bem diferentes.

Conhecermos alguma coisa, no âmbito da epistemologia, é buscarmos a verdade. Hessen (2012, p.119) diz que “para a consciência natural, a verdade do conhecimento consiste na concordância do conteúdo do pensamento com o objeto”. Hessen (2012, p.120) nos mostra ainda que “a verdade do conhecimento só pode consistir, portanto, na produção de objetos em conformidade com as leis do pensamento, vale dizer, na concordância do pensamento com suas próprias leis”.

Existe, portanto, quando estudamos um fenômeno natural, o desejo de sabermos o real motivo (causa) que está por detrás dele. A explicação da causa

do fenômeno tem que estar de acordo com certos encadeamentos lógicos e racionais que nosso pensamento se apropria para o explicar e o entender.

2.2.A Astronomia física e matemática na Grécia antiga

Buscar o conhecimento verdadeiro do mundo natural foi um dos motivos que levaram os gregos do século VI a.C. a iniciar um processo de interpretação dos fenômenos observados com uma visão muito diferente daquela apresentada pelas civilizações anteriores.

Antes dos gregos, a interpretação da natureza era por meio de mitologias, de histórias contadas de geração após geração sobre a origem de tudo. A visão de natureza nessa época era de uma natureza mágica, em que a magia era o poder que controlava todos os acontecimentos naturais (LENOBLE, 2002).

Os mitos, contudo, segundo Martins (2012), foram as primeiras manifestações humanas para dar forma, sentido e ordem ao mundo. Eles estão presentes em todos os lugares e em todas as civilizações. As explicações mitológicas para com os fenômenos naturais são muito diferentes daquelas ditas racionais e lógicas que aceitamos hoje. De qualquer forma, “devemos respeitar essas concepções (mitológicas), e não ridicularizá-las. Elas mostram uma tentativa de compreender o universo e de sistematizar aquilo que era observado” (MARTINS, 2012, p.23).

Na Grécia, o surgimento dessa nova forma de pensamento que se afasta de interpretações mitológicas para assumir um perfil mais racional e lógico irá mudar totalmente a história de como entendemos a natureza, o universo e a nós mesmos. Marías (2004, p.12) profere que

Esse mundo do homem grego é *inteligível*. Pode ser compreendido; e essa compreensão consiste em *ver* ou contemplar essa realidade e *dizer* o que é: *teoria*, *logos* e *ser* são os três termos decisivos do pensamento helênico, e se baseiam nessa atitude primária ante o mundo. A consequência disso é que o mundo aparece como algo ordenado e submetido a uma lei: esta é a noção do *cosmos*. A razão se insere nessa ordem legal do mundo, que pode ser governado e dirigido; e a forma concreta

dessa legalidade no humano é a convivência política dos homens na cidade.

O homem grego começa, então, a negar as explicações mitológicas de como acontecem os fenômenos para procurar um pensamento que o leve a fazer certas perguntas sobre os fenômenos naturais. Os primeiros filósofos gregos, chamados de pré-socráticos, vão encarar a natureza por meio de uma postura que fará com que comecem a se perguntar: “*que é tudo isso?* A essa pergunta não se pode responder com um mito, e sim com uma filosofia” (MARÍAS, 2004, p.14).

Notamos, então, que era necessário haver uma separação entre os desejos e os valores humanos para com o universo. E assim passou e ser feito pelos gregos. Koyré (2011, p.83) nos diz que foi na Grécia que “pela primeira vez na história, surgiu a oposição do homem ao cosmos, que redundou na desumanização deste último”. Disto resultou a necessidade de criarmos uma teoria para o céu. E foi exatamente o que os gregos fizeram, “formularam a exigência intelectual do saber teórico: *preservar os fenômenos*, isto é, formular uma teoria explicativa do dado observável” (KOYRÉ, 2011, p.85).

E o que os gregos observavam no céu que precisava ser interpretado e explicado de maneira racional? Dentre outras questões os movimentos descritos pelas estrelas, pelos planetas, pelo Sol e pela Lua.

Em relação às estrelas, os gregos tinham noção, por exemplo, que elas pareciam estar incrustadas em um céu que possuía a forma semelhante à de uma grande abóbada, pareciam ainda estar a uma mesma distância da Terra e não mudavam suas posições relativas. As estrelas descreviam, além do movimento da região leste para a oeste do horizonte, um movimento que provocava uma mudança na aparência do céu ao longo dos meses. Grupos delas que eram vistos no final do dia na região do horizonte oeste, depois de alguns dias deixavam de ser observados, enquanto que outros grupos que não eram vistos na direção da região leste no mesmo horário começavam a ser notados. Exatamente um ano depois, voltava-se a observar a mesma configuração estelar.

Os gregos sabiam ainda que havia cinco estrelas que se movimentavam em relação às estrelas denominadas fixas. Essas cinco estrelas foram chamadas de

errantes, ou de *planetas*. Os cinco os planetas visíveis²⁰ no céu são: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. É importante saber também que o Sol e a Lua caminham por entre as estrelas, por este motivo os gregos os tratavam como se fossem planetas.

Os cinco planetas visíveis mais o Sol e a Lua eram vistos pelos gregos descrevendo movimentos diurnos da região leste para a oeste do horizonte todos os dias assim como as estrelas. Contudo, esses astros realizavam outros tipos de movimentos em relação às estrelas e aos horizontes.

No caso dos planetas, além do movimento diurno, eles ainda descreviam um lento movimento em relação às estrelas no sentido da região oeste do horizonte para a região leste. Ainda em relação às estrelas, os planetas realizavam um movimento periódico que se assemelhava a um laço no céu. Por este motivo que chamamos este movimento em Astronomia de 'laçada dos planetas' (Figura 2).

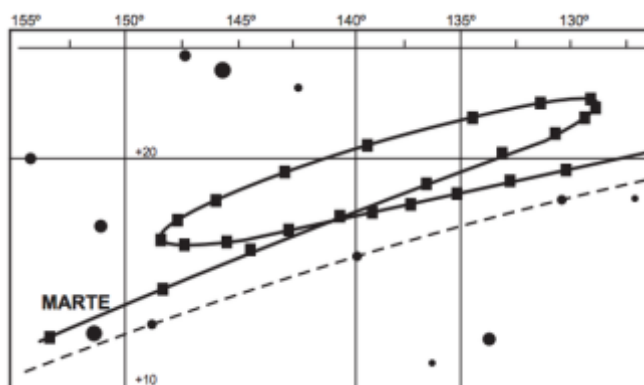


Figura 2 - Trajetória de Marte no céu em forma de laço.

Fonte:

<http://educacao.globo.com/provas/enem2012/questoes/74.html>
Projecto Física. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980
(adaptado).

Os gregos igualmente sabiam que o Sol e a Lua²¹ também realizavam movimentos diversos em relação aos horizontes e em relação às estrelas. O Sol,

²⁰ Urano e Netuno não eram conhecidos pelos gregos, pois não são visíveis a olho nu. Na verdade, Urano está praticamente no limite da visão humana.

²¹ Como a Lua não faz parte deste estudo, não será comentado sobre seus movimentos no céu.

por exemplo, parecia descrever um movimento diurno em relação à região dos horizontes leste e oeste e um segundo movimento no período de um ano que realizava ao mesmo tempo em relação aos horizontes e em relação às estrelas no sentido da região oeste para a região leste.

Além dos cinco planetas, do Sol e da Lua descreverem movimentos muito estranhos no céu, os gregos perceberam algo que teve igualmente importância na elaboração de suas teorias. O Sol, a Lua e cada planeta possuíam velocidades diferentes em seus deslocamentos em relação às estrelas.

Notamos que deve ter sido difícil aos astrônomos da Grécia perceberem que a Lua era o astro que tinha o movimento mais rápido no céu e Saturno, o mais lento. Este fato fez com que os gregos intuíssem que cada um desses astros estava a uma distância diferente da Terra. Por conta disto, os astrônomos gregos relacionaram a velocidade de cada planeta com sua distância à Terra. Como a Lua tinha o maior deslocamento no céu, ela era o astro que mais perto estava da Terra. Após a Lua, por ordem de velocidade/distância, tem-se: Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno e, por fim, as estrelas fixas.

Para explicar os diversos movimentos descritos por todos esses astros, foi posta à prova toda a genialidade dos matemáticos gregos. No entanto, estas explicações não poderiam ser dadas de qualquer maneira.

Peduzzi (2008) nos diz que os gregos tinham apreço pela ordem, pela simetria e pela beleza do universo. Esses sentimentos para com o cosmos provavelmente se originaram com os ensinamentos de Pitágoras de Samos (570-495 a.C.) e seus seguidores. Seguindo os ensinamentos dos pitagóricos, Platão (427-347 a.C.), propõe aos matemáticos reduzir a desordem observada nos movimentos planetários. Para tanto, ele propõe, segundo SIMAAN e FONTAINE (2003, p. 36), a redução da “aparente desordem (dos movimentos dos planetas) a movimentos regulares matematicamente enunciáveis. Num mundo harmonioso, resultante da ação organizadora do pensamento divino, os corpos celestes só podem ser esferas – sólidos perfeitos por excelência – e só podem descrever círculos – curvas perfeitas, sem começo e sem fim – a uma velocidade uniforme”.

Essa exigência platônica de descrever os movimentos celestes em

circunferências perdurou por séculos, até Johannes Kepler, em 1609, publicar suas duas primeiras Leis dos Movimentos Planetários que mostram serem as órbitas planetárias elípticas com o Sol ocupando um de seus focos.

A atitude de Platão de propor movimentos harmoniosos para com os astros tinha motivo de assim ser, pois o céu grego deveria ser um local de perfeições. Nada mais natural, então, as órbitas planetárias possuírem a forma geométrica mais perfeita que existe, a circunferência.

Platão e seus seguidores, contudo, já sabiam da existência de certas anomalias que necessitavam ser superadas. São destas anomalias que vêm os termos “salvar as aparências”, “salvar os fenômenos” que têm o significado, segundo Silva (2013, p.28), de “encontrar um modelo matemático capaz de dar conta dos fenômenos astronômicos conhecidos e prever, no futuro, a posição de um determinado planeta em relação às estrelas fixas”.

Dessa maneira, os movimentos planetários deveriam ser explicados utilizando a circunferência como forma geométrica e o movimento dos planetas nessa circunferência deveria ser uniforme. Koyré (2011, p.85) nos diz que “encontramos em Platão uma fórmula muito clara das exigências e dos pressupostos da Astronomia teórica: reduzir os movimentos dos planetas a movimentos regulares e circulares”

Pilling e Dias (2007) nos mostram quais eram as principais anomalias observadas pelos gregos que necessitavam ser salvas, ou seja, quais eram os principais fenômenos que necessitavam ser explicados matematicamente tomando por princípios os movimentos circulares uniformes das órbitas planetárias. São eles:

1. Primeira anomalia. Essa “anomalia” consiste no fato de que o tempo transcorrido entre duas retrogressões sucessivas varia quando o planeta faz seu movimento anual pelo Zodíaco. Com respeito ao Sol (já que seu movimento era tratado como o dos planetas), o tempo para percorrer duas metades da eclíptica não é o mesmo.
2. Segunda anomalia. Essa “anomalia” é a *retrogradação*. Em seu trajeto anual pelo céu, atravessando as constelações do Zodíaco, os planetas, de tempo em tempo, parecem “dar marcha-a-ré”.

3. Variação do brilho dos planetas. A “anomalia” era atribuída à maior ou menor proximidade com a Terra, de modo que o maior brilho ocorreria com a maior proximidade (perigeu). Ora, se o planeta percorre um movimento circular em torno da Terra, ele não pode se aproximar e nem se afastar dela (PILLING e DIAS, 2007, p.615).

Pilling e Dias (2007, p.615) nos afirmam ainda que os métodos utilizados pelos gregos para salvarem os fenômenos foram:

1. Modelo das esferas concêntricas, atribuído a Eudoxo de Cnido (408-355 a.C.);
2. Modelo do círculo excêntrico, cuja autoria é controversa. Com certeza, era limitado aos planetas exteriores, no tempo de Apolônio de Perga (265-170 a.C.), e já havia sido generalizado a todos os planetas, no tempo de Hiparco de Nicéia (século II a.C.);
3. Modelo dos epiciclos e deferentes, atribuído, por alguns, a Apolônio, mas sem evidências conclusivas. Esse foi o modelo usado por Ptolomeu no Almagesto.

Desde os filósofos pré-socráticos, os gregos tentavam a todo custo entender como ocorriam os movimentos dos astros. Eles criaram mecanismos matemáticos para salvar os fenômenos, para “encontrar quais são os movimentos circulares uniformes e ordenados a partir dos quais se pode deduzir os movimentos dos planetas” (PEDUZZI, 2008, p.20).

Foi Eudoxo de Cnido (408-355 a.C.) quem primeiro formulou uma explicação convincente utilizando esferas homocêntricas para explicar os movimentos planetários. Neste sistema, Eudoxo criou várias esferas com mesmo centro, mas possuindo cada eixo com certa inclinação. Este sistema de Eudoxo, segundo Martins (1990, p.51) “deu ótimos resultados para Saturno, Júpiter e Mercúrio; bons resultados para a Lua; médios para o Sol e Vênus; e péssimos para Marte”. Ao todo, foram vinte e sete esferas homocêntricas utilizadas por Eudoxo para explicar os movimentos planetários.

As esferas homocêntricas de Eudoxo, contudo, não davam conta de explicar a realidade observada. Então, com o tempo, foram criados outros mecanismos que possibilitassem adequar a realidade com a teoria, mas sempre

utilizando esferas para as órbitas e os movimentos sempre sendo uniformes nestas esferas. Com isto surgiu a teoria dos 'deferentes' e 'epiciclos'.

A teoria dos deferentes e epiciclos se baseia em duas questões primordiais: a) todos os astros descrevem movimentos circulares em torno da Terra; e b) a Terra está estática no centro do universo.

Todos os centros dos círculos criados para tentar descrever o movimento de um planeta no céu se movem em torno da circunferência de outros círculos (**Error! Reference source not found.**). O círculo principal que está associado a cada astro recebe o nome de deferente. O centro do deferente coincidia com o centro da Terra que estava imóvel no centro do universo. Os epiciclos são círculos menores, cujos centros percorrem o deferente.

Vemos que nos modelos mais simples, havia somente um epiciclo percorrendo o deferente; já nos sistemas mais complexos, notamos a existência de dezenas (Figura 3).

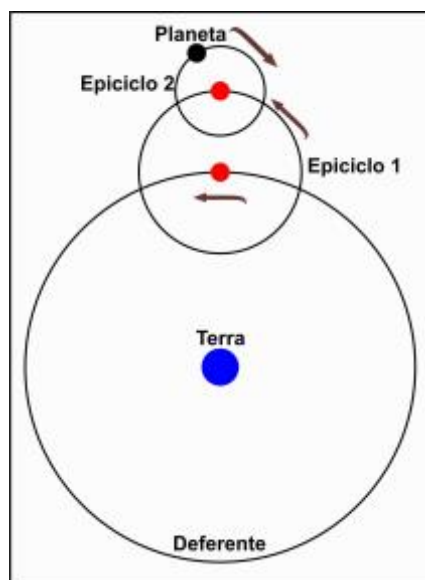


Figura 3 - Deferente e epiciclo

Fonte: próprio autor

A teoria dos epiciclos “é uma concepção de uma profundidade e de uma capacidade matemática extraordinárias” (KOYRÉ, 2011, p.88). Vários matemáticos se dedicaram a ela e conseguiram adequar a observação com os dados teóricos. Alguns de seus principais elaboradores foram Apolônio de Perga (262-194 a.C.), Hiparco de Niceia (190-120 a.C.) e Ptolomeu de Alexandria (90-168).

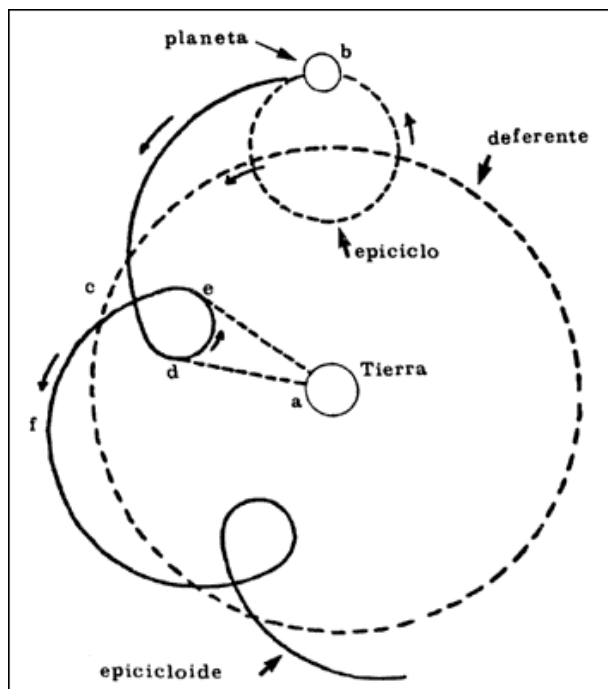


Figura 4 - Trajetória aparente descrita pelo planeta no epiciclo

Fonte:

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/155/htm/sec_7.htm

Ao observarmos a Figura 4, vemos que a teoria do epiciclo propõe que o centro da órbita do planeta esteja realmente na órbita do deferente, cujo centro está a Terra. É possível vermos que, apesar do centro da órbita do planeta (epiciclo) não estar na Terra, ele, ainda assim, continua a girar em torno da Terra. A Figura 4 nos mostra ainda uma explicação bastante razoável para um fato que preocupava muito os gregos, que era a variação de brilho dos planetas.

É fácil notarmos que quando o planeta está na posição (b), ele está mais

distante da Terra. Quando está na posição diametralmente oposta, está mais perto. Isto nos mostra que quando o planeta está mais longe da Terra, o brilho diminui, quando está mais próximo, o brilho aumenta que é uma resposta bastante razoável para o problema.

Para explicar todos os movimentos que os planetas descrevem no céu, os gregos tiveram que expandir muito o número de epiciclos. Com Aristóteles, esse número atingiu o valor de 55.

A teoria dos epiciclos atingiu seu ápice com Ptolomeu, pois ele resolveu certas anomalias que ainda eram observadas nos movimentos planetários retirando a Terra do centro do universo.

No lugar da Terra há um ponto chamado 'excêntrico' (Figura 5). Ptolomeu ainda criou outro ponto ao lado do excêntrico e em oposição à Terra chamado 'equante'. Era em torno do equante que o centro do epiciclo se movia a uma taxa uniforme.

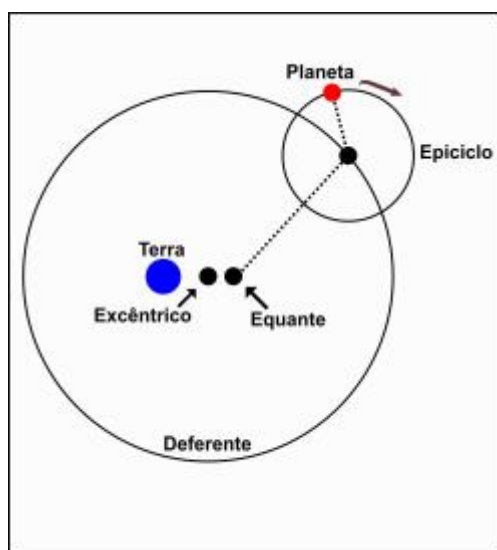


Figura 5 - Equante e excêntrico

Fonte: próprio autor

A atitude de Ptolomeu em criar o excêntrico e o equante causou grandes debates por causa da forte crença baseada na Física aristotélica da Terra estar estática no centro de todos os movimentos. Contudo, seu objetivo era adequar os dados à observação, já que ainda havia problemas que precisavam ser corrigidos.

Peduzzi (2008) nos mostra que a intenção de Ptolomeu era melhorar dos dados referentes às diferenças no tempo entre as estações do ano, as fases da Lua, o movimento retrógrado dos planetas e suas variações de brilho e de períodos.

Para Ptolomeu, o excêntrico tinha a função de explicar as variações de velocidade do Sol em relação à Terra. Peduzzi (2008, p.26) nos expõe ainda que “de acordo com este modelo, o Sol orbita com velocidade angular constante em torno de um ponto que não coincide com o centro da Terra. Em decorrência disso, a sua velocidade angular é variável para o observador terrestre”.

O que expusemos até o momento sobre as várias tentativas dos astrônomos gregos de criarem mecanismo matemáticos para adequar a teoria à realidade no intuito de salvarem as aparências, se refere à existência de uma *Astronomia matemática*. Esta Astronomia estava ligada diretamente às ideias de Platão e seus seguidores no intuito claro de descreverem e preverem cinematicamente os movimentos de qualquer astro no tempo. O auge da Astronomia matemática se deu com Ptolomeu, cujas obras reinaram quase de forma unânime até o século XVI com Copérnico.

Por outro lado, havia na Grécia outra vertente da Astronomia que se destinava explicar os fenômenos naturais com enfoque físico. Esta *Astronomia física* tinha por princípio o desenvolvimento de cosmologias praticamente descritivas e explicativas do mundo natural tal como ele é. Esta Astronomia possuía seus alicerces na filosofia natural e tinha como principal expoente Aristóteles.

Para Aristóteles e seus seguidores, as entidades possuíam realidades físicas reais, como as esferas celestes, pois “não lhe era aceitável uma explicação matemática solta no espaço” (RONAN, 1994, p.110).

Em sua filosofia natural, Aristóteles afirmava, por exemplo, que para existir

movimento, tinha que haver uma causa primeira. Tal fato se referia não somente para o mundo terrestre, mas, também, para o mundo celeste. Desta maneira, um planeta não se move por si só, mas porque existe uma causa, um mecanismo motor que o conduz em sua trajetória no céu. Disto resulta a necessidade de se formalizar, na Astronomia Física aristotélica, um conceito bem claro de movimento, pois este está ligado diretamente com sua cosmologia.

Apesar dessas diferenças conceituais entre Astronomia Física e Astronomia Matemática, havia algo que ambas tinham por princípio, que era o fato dos astros descreverem sempre trajetórias circulares uniformes em torno da Terra que estaria imóvel no centro do universo.

A Física de Aristóteles, como bem podemos ver com Koyré (2011), é uma teoria científica bem formalizada e coerentemente lógica dentro dos atributos que se propõe investigar. Ela é definida, segundo Pires (2011, p.37), “como o estudo de objetos naturais que têm uma capacidade para mudança ou movimento”.

O termo ‘movimento’ para os gregos, é importante lembrarmos, possuía muitos significados segundo Marías (2004), como de movimento local, movimento quantitativo, movimento qualitativo e, por fim, movimento substancial.

Em linhas gerais, vemos que a Física de Aristóteles tinha como alguns de seus atributos a visão de que o cosmos se autocontém, é autossuficiente e possui em sua estrutura o universo das duas esferas: a Terra e a estrelas fixas. Em outras palavras, para Aristóteles havia a região supralunar (acima da Lua) e a região sublunar (abaixo da Lua) sendo que em cada uma dessas regiões reinavam leis físicas diferentes.

Essa visão aristotélica veio, provavelmente, de observações que indicavam que no mundo abaixo da Lua existia a desordem, a mudança, a decadência. Por outro lado, no mundo acima da Lua, a ordem era o que imperava, pois não se observavam mudanças no mundo celeste.

Para explicar a desordem e a mutabilidade das coisas existentes no mundo sublunar, Aristóteles se apossará das ideias de Empédocles de Agrigento (490-430 a.C.) sobre os quatro elementos que constituem a matéria. Para Empédocles, existem quatro elementos primordiais que constituíam todas as coisas: terra, água,

ar e fogo. Empédocles afirmou em sua teoria que esses quatro elementos ainda eram regidos por duas forças contrárias, o Amor e o Ódio, que os governavam, no sentido de uni-los e dissociá-los para explicar as mudanças vistas no mundo.

Partindo de Empédocles, Aristóteles criou toda uma teoria em sua Física para explicar o mundo sublunar e supralunar. Aristóteles foi além de Empédocles no sentido de ainda criar um quinto elemento “que não é nem leve nem pesado, cujo movimento natural é a rotação, e do qual são feitos todos os corpos celestes: as estrelas, os planetas, e as esferas cristalinas” (ÉVORA, 2005, p.137). Este elemento que constituía os objetos que existiam acima da Lua é o *éter*, que tempos depois foi chamado de “quinta essência”.

Em sua teoria dos elementos primordiais, Aristóteles designou certas propriedades a eles. No caso dos quatro elementos que regem o mundo sublunar, a terra e a água eram elementos pesados e o fogo e o ar eram elementos leves. Cada um deles possuía um lugar natural para onde deveriam se dirigir sempre tendo um movimento em linha reta perpendicular ao horizonte. O lugar natural da terra e água é se dirigirem para o centro da Terra, já que esta se posicionava no centro do universo. O lugar natural do fogo e do ar é subir. Essas características dos elementos na teoria aristotélica dizem respeito ao fato de que cada um deles, em seu estado puro, ter um lugar natural.

Toda a matéria terrestre para Aristóteles era uma mistura de cada um desses elementos. Um objeto na Terra será mais leve ou mais pesado de acordo com a quantidade de terra, de água, de ar e de fogo que possuir. Se abandonado a própria sorte, esse objeto deverá seguir a trajetória de seu movimento natural, quer para cima, quer para baixo em linha reta dependendo do elemento que o constituir em maior quantidade. Se nesse objeto tiver mais terra e água, ele deverá se dirigir para baixo, caso contrário, deverá se dirigir para cima. “O movimento natural de um corpo é o movimento de volta à sua condição natural de repouso, isto é, de volta ao seu lugar natural” (PIRES, 2011, p.40).

Os objetos celestes para Aristóteles também possuem movimentos naturais. De acordo com Peduzzi (2008, p.36), “os corpos celestes estão em constante movimento natural em seu lugar próprio. O movimento circular perpétuo

que executam é compatível com a sua natureza – são feitos de éter – e com a ideia de um universo finito”.

Na Física aristotélica, além dos movimentos naturais, há ainda os movimentos ‘violentos’. Estes movimentos são aqueles que requerem uma força aplicada para que sejam gerados. Por exemplo, ao se empurrarmos uma caixa, ela continuará a se movimentar enquanto a força continuar aplicada a ela. Ao deixarmos de aplicar a força, cessa-se o movimento. “A ênfase (desse movimento) é sobre forças de contato, isto é, sobre a ação de puxar ou empurrar alguma coisa” (PEDUZZI, 2008, p.39). Em suma, “os movimentos violentos precisam imperativamente de uma *causa*, um motor que aja por meio do contato com o móvel, transmitindo-lhe seu próprio movimento” (SIMAAN e FONTAINE, 2003, p.43). Simaan e Fontaine (2003, p.43) ainda nos expõem que “essa teoria explica convenientemente a maioria dos fenômenos da vida cotidiana...”. É por este motivo que muitos dizem que a Física aristotélica é a do senso comum.

Apesar de todos os esforços de Aristóteles em dar uma visão física (existência de uma causa) para os movimentos observados na Terra e no céu, a visão que, de certa forma acabou prevalecendo para explicar os movimentos celestes foi a Astronomia matemática originada com Platão.

Notamos que o último astrônomo-matemático grego de significativa importância foi justamente Ptolomeu. Isto se deve ao fato de seu sistema ter tido “uma sofisticação matemática não alcançada por nenhum modelo astronômico de até então” (PIRES, 2011, p.55). Ainda segundo Pires (2011, p.57),

A despeito de ser, em princípio, incorreto, o sistema (de Ptolomeu) é uma teoria bem montada e fornece bons resultados. O modelo foi capaz de fazer previsões de posições planetárias futuras com grande precisão. As tábuas de Ptolomeu para o cálculo dos movimentos planetários eram tão precisas, que serviram, por muito tempo, de guia para a navegação.

2.3.A Astronomia após Copérnico

O modelo cosmológico elaborado por Ptolomeu representava, para a

época, um avanço em relação à realidade observada e de previsão da posição dos objetos celestes. Tanto é assim que ele foi utilizado praticamente sem mudanças até o século XVI. Simaan e Fontaine (2003, p.62) nos dizem que se o modelo de Ptolomeu perdurou por tanto tempo é porque “concordava tanto com as observações como com o senso comum, insensível ao movimento da Terra”.

Simaan e Fontaine (2003, p.63) nos mostram ainda o panorama da Astronomia na época de Ptolomeu que merece ser exposto neste momento:

- Um conhecimento bastante avançado do céu: catálogo de cerca de mil estrelas, identificação da eclíptica, conhecimento da precessão dos equinócios²² e um sistema baseado em excêntricos e epiciclos, permitindo determinar e prever a posição do Sol, da Lua, e de cinco planetas;
- *A forma esférica da Terra*
- *Uma Terra imóvel no centro de um universo pequeno, redondo, cercado pela esfera das estrelas fixas;*
- *Um mundo dividido em duas partes:* mundo celeste, reino do imutável e do perfeito; mundo sublunar, reino da mudança, da física e da corrupção, isto é, alteração das substâncias;
- *Dogma do círculo:* ligado à perfeição divina, esse dogma confere aos astros movimentos circulares uniformes, ou uma combinação desses movimentos.

Simaan e Fontaine (2003, p.63) nos complementam seu panorama da Astronomia até Ptolomeu falando sobre as objeções que envolviam os movimentos da Terra:

- *Objeção genérica:* a Terra, sendo pesada, para se mover precisaria

²² Aqui é importante deixar claro que os gregos observavam, na realidade, um deslocamento do equador celeste com a eclíptica que hoje interpretamos como o movimento de precessão da Terra. Na época de Ptolomeu, a visão que se tinha era de uma Terra estática.

de um motor de potência extraordinária²³;

- *Contra o movimento diurno*: uma pedra, lançada verticalmente para cima, cai de volta no mesmo ponto: se a Terra estivesse em movimento, deveria cair em recuo vertical; a rotação da Terra provocaria verdadeiros furacões, com ventos atingindo velocidades incríveis que devastaria a paisagem;
- *Contra o seu movimento de translação*: se a Terra se movesse em torno do Sol, deveríamos perceber uma mudança do aspecto do céu estrelado e, portanto, observar paralaxes. Ptolomeu não se preocupou em combater o movimento anual. Esse argumento foi evocado, sobretudo, pelos partidários de Ptolomeu e Tycho Brahe a partir do século XVI.

O conhecimento sobre o céu na visão grega que está resumido na exposição acima é, em linhas gerais, o que chegou até a época de Copérnico.

Uma questão nos parece ser importante sobre o que foi apresentado acima. Trata-se do fato da visão de uma Terra estática e imóvel ter permanecido intocada por mais de dois mil anos²⁴.

Tal fato tem motivo de ser, já que a percepção de uma Terra imóvel é muito forte e vai ao encontro do senso comum que, é importante lembrarmos, segundo Koyré (2011), possui as mesmas estruturas do pensamento e das teorias físicas de Aristóteles.

Mesmo tendo surgido alguns filósofos e astrônomos gregos e medievos apontando a possibilidade da Terra se movimentar para explicar o que se via no céu, a visão de uma Terra imóvel era muito forte.

Alguns filósofos e astrônomos que mencionaram em seus trabalhos a possibilidade de a Terra ter movimentos para explicar os fenômenos celestes foram:

²³ Pensamento referente à física aristotélica.

²⁴ Na verdade, até depois dele, a visão da Terra imóvel permaneceu como predominante.

- Filolau de Tarento (480-400 a.C.) foi um dos primeiros filósofos a sugerir que a Terra possuía movimento de rotação. Sua teoria baseava-se na hipótese de a Terra não estar no centro do universo, mas sim um fogo central que seria invisível para os moradores terrestres. Entre a Terra e o fogo central existiria a anti-Terra que sempre estaria em oposição à Terra.
- Heráclides de Ponto (375-310 a.C.) concebe um sistema em que a Terra está no centro do universo, mas possui um movimento de rotação o qual explicava o movimento diurno dos astros. Para resolver o problema do brilho de Vênus, Heráclides propõe uma possível solução que é posicionar Mercúrio e Vênus orbitando o Sol que por sua vez orbitaria a Terra.
- Aristarco de Samos (310-230 a.C.) realizando um estudo sobre os tamanhos e as distâncias do Sol e da Lua propôs a ideia de que a Terra deveria ter movimento de rotação e de translação. Aristarco foi o primeiro a sugerir esta visão heliocêntrica. Por não condizer com aquilo que se observava no céu, e por não mostrar possíveis provas do movimento de translação como a paralaxe, essa ideia não ganhou adeptos e ficou esquecida até Copérnico.
- Jean Buridan (1295-1358), no intuito de contradizer certas questões da teoria do movimento de Aristóteles, propõe que a Terra poderia ter movimento de rotação. No entanto, ele descarta essa possibilidade por questões físicas. Para Buridan, uma flecha lançada para o alto não cairia no mesmo lugar de onde a pessoa a lançou se a Terra se movesse.
- Nicole Oresme (1323-1382) seguiu Buridan no sentido de propor a rotação da Terra. Para ele o problema da flecha seria resolvido adotando o fato de que “o movimento da flecha tanto para uma Terra imóvel, quanto para uma Terra em movimento, seria o mesmo, já que naquela última o ar também participa do movimento (DANHONI NEVES, 2006, p.142).

Considerarmos a Terra como um corpo cósmico não é algo tão simples. Poucos foram aqueles que tentaram aplicar essa visão, mas sem sucesso. Não somente porque esse fato foge completamente à percepção, mas, também, porque esta concepção de mundo começou a fazer parte da filosofia eclesiástica a partir da Idade Média. Filósofos cristãos europeus começaram a se apossar de certas ideias de Platão e de Aristóteles com o intuito de formalizarem toda a filosofia que ajuda a sustentar do cristianismo.

Vemos que São Tomás de Aquino (1225-1274), por exemplo, tenta provar a existência de Deus utilizando noções da física aristotélica. Diz ele: “a primeira e mais clara (evidência da existência de Deus) é a que se deduz do movimento. Pois é certo, e os sentidos percebem, que neste mundo há movimento. E tudo o que se move é movido por outro... por isso, é necessário se chegar ao primeiro motor ao qual nada se move... neste todos reconhecem um Deus” (AQUINO, 2016, p.109).

A influência que a Igreja teve para manter a ideia de uma Terra posicionada no centro do universo com todos os astros girando sobre ela, se deve ainda a seguinte passagem bíblica

¹² Então Josué falou ao Senhor, no dia em que o Senhor deu os amorreus nas mãos dos filhos de Israel, e disse na presença dos israelitas: sol, detém-te em Gibeom, e tu, lua, no vale de Ajalom.

¹³ E o Sol se deteve, e a Lua parou, até que o povo se vingou de seus inimigos. Isto não está escrito no livro de Jasher? O Sol, pois, se deteve no meio do céu, e não se apressou a pôr-se, quase um dia inteiro.

¹⁴ E não houve dia semelhante a este, nem antes nem depois dele, ouvindo o Senhor assim a voz de um homem; porque o Senhor pelejava por Israel.

¹⁵ E voltou Josué, e todo o Israel com ele, ao arraial, em Gilgal. (BÍBLIA ONLINE, 2016)

Pelo o que expusemos acima, nos fica claro que a busca por novas interpretações da natureza, mais particularmente sobre o céu, foi uma dura batalha. Ir contra os ensinamentos da Igreja era motivo de processos que poderiam culminar com a morte da pessoa. Por este motivo é que Neves (2006,

p140) diz que

[...] o desenvolvimento da noção de Terra como um corpo cósmico, suas dimensões, e sua exata posição no universo, foi uma tarefa árdua, construída por pacientes e quase anônimos observadores dos céus ao longo dos séculos, e que encontraram em alguns poucos nomes os idealizadores de modelos geométricos, astronômicos e físicos, necessários para descrever os intrincados movimentos dos corpos celestes: estrelas, sol, lua, cometas e planetas.

Nicolau Copérnico foi um dos idealizadores de uma nova estrutura do universo. Na obra 'Sobre a revolução dos orbes celestes' (*De Revolutionibus Orbium Coelestium*), Copérnico recupera ideias de filósofos-astrônomos antigos para reapresentar uma visão de mundo, cuja interpretação da realidade poderia ser correta. Copérnico propõe que a Terra deixe de ser estática no centro do universo e passe a ter movimentos. Em seu lugar no centro do cosmos passa a figurar o Sol.

Notamos que a intenção de Copérnico não era provocar uma revolução intelectual, abalar as estruturas seculares da Igreja que se baseavam na visão aristotélica-ptolomaica do cosmos. Pelo contrário, Copérnico sugeriu os movimentos da Terra com o simples propósito de tentar melhorar a exatidão dos cálculos das posições dos objetos celestes e, portanto, deixar a teoria astronômica mais simples (KUHN, 2002). Esse desejo se baseava mais em uma "insatisfação estética levantada pela antiga imagem do universo ou, melhor, por algumas das ciências geométricas empregadas pelos astrônomos..." (ELENA, 1995, p.11)

Copérnico tinha por objetivo não somente simplificar as explicações sobre os movimentos celestes tentando melhorar a exatidão dos dados observados. Ele desejava uma coerência entre a teoria e a observação deixando o fenômeno mais simples de ser explicado "por um único fator, a saber, os movimentos da Terra" (Koyré, 2011, p.90).

Apesar de, realmente, algumas explicações tornarem-se mais simples posicionando o Sol no centro dos movimentos planetários, vemos que Copérnico se deparou com uma série de problemas de ordem física, epistemológica,

filosófica, religiosa e científica.

O problema de ordem epistemológica, por exemplo, diz respeito a experiência sensorial direta que mostrava uma Terra imóvel e, por conta disso, segundo Pires (2011), violava o princípio de que os sentidos, para a época, eram os melhores instrumentos para se descobrir a verdade na natureza. O problema de ordem científica, dizia respeito a uma questão astronômica e a outra física. O problema de ordem astronômica era a falta de visão de paralaxe. O problema de ordem física era que se a Terra se movimentasse em rotação, vários fenômenos deveriam ser notados, como ventos violentos no sentido de oeste para leste, uma pedra lançada para o alto deveria cair em um local diferente do lançamento etc. O problema religioso dizia respeito à posição do homem no universo; tirar a Terra do centro do universo implicava em tirar junto o ser humano o que, para a Igreja, era inadmissível.

Todas essas questões conflitavam em demasia com a Física e a Filosofia aristotélicas. Para Copérnico atingir seus objetivos teria que romper com a Astronomia Física e a Astronomia Matemática dos gregos antigos.

Sobre a Astronomia Física, notamos que Copérnico teria que criar uma nova Física para contradizer os aristotélicos que apresentavam uma série de argumentos contra os movimentos da Terra, o que não teve êxito. Sobre a Astronomia matemática, vemos que Copérnico manteve dos gregos antigos a noção de movimento circular e de epiciclos. A Terra, agora em movimento, com a nova Astronomia, possuía “9 movimentos circulares independentes...” (PIRES, 2011, p.90).

De qualquer forma, Copérnico deixa para publicar seu trabalho momentos antes de falecer em 1543. Ele tinha noção sobre os problemas que poderia enfrentar a partir do momento da divulgação de sua obra. Sobre as Revoluções dos Orbes Celestes é um trabalho não somente de Filosofia, mas também de Matemática. Nesta obra, ele

explorou um grande princípio novo, o princípio de que nos sistemas dos céus existe uma perfeita reciprocidade entre sistemas centrados no Sol e sistemas centrados na Terra. O fato

dele próprio ter favorecido um sistema centrado no Sol, da sua própria autoria, em que a Terra se juntava ao número dos planetas não foi de forma alguma determinada por provas observacionais; sua preferência baseava-se antes em considerações indemonstráveis (embora plausíveis) de simplicidade, ordem e harmonia” (HALL, 1983, p.67).

É bom que digamos que apesar da simplicidade, da ordem e da harmonia que Copérnico pretendeu aplicar no cosmos, seu sistema não era tão melhor quanto o de Ptolomeu.

Pires (2011, p.86) nos diz que

Seu sistema (de Copérnico) foi apresentado não como meio de explicar fenômenos previamente não explicados, mas como uma maneira superior de explicar o que já era conhecido. É bom que se diga que teorias heliocêntricas não são intrinsicamente mais precisas do que teorias geocêntricas, e até a invenção do telescópio, o modelo de Ptolomeu era tão coerente e preciso quanto o de Copérnico. A precisão depende dos detalhes técnicos.

De modo geral, um dos problemas verificados no sistema de Copérnico tão logo de sua divulgação foi que ele “não era nem mais simples e nem mais preciso do que o modelo revisado de Ptolomeu, usado na época” (PIRES, 2011, p.86)

Martins (1990) diz que por não conseguir desenvolver uma Física que conseguisse sustentar sua teoria, muitos astrônomos posteriores à Copérnico diziam que sua teoria fisicamente era absurda, apesar de matematicamente genial e adequada.

Contudo, ainda segundo Martins (1990, p.90),

Para nós, que fomos doutrinados de acordo com a teoria heliocêntrica, Copérnico é o herói; Ptolomeu o vilão... isso não é verdade. Apesar de sua grande contribuição... Copérnico não resolveu os problemas básicos do heliocentrismo: mostrar que a Terra se move, desenvolver uma dinâmica não aristotélica, estabelecer uma teoria da gravidade. Se o objetivo de Copérnico tivesse disso apenas o de propor um esquema matemático de cálculo, nada disso poderia ser exigido. Porém, como ele pretendia descrever a realidade, precisaria ter boas respostas para certas perguntas: Por que os corpos caem em direção à Terra? Por que não somos atirados para fora da Terra, por sua rotação? Existe alguma experiência terrestre que mostre que ela se move? Qual

sua teoria física de movimentos, se não aceita Aristóteles?

2.4.Tycho Brahe e Johannes Kepler

Vemos que, lentamente, a nova visão de universo em que o Sol ocupa o lugar da Terra com esta passando a ser um planeta começa a se espalhar por entre os astrônomos, filósofos e religiosos. Muita discussão surgiu desta nova interpretação do universo. Uma minoria de astrônomos e filósofos começou a ver com bons olhos a nova teoria copernicana, mas a maioria ainda estava presa ao dogma aristotélico-ptolomaico da interpretação da realidade celeste, principalmente a Igreja que via no geocentrismo o prolongamento da visão cristã “da importância central do homem, ser criado à imagem e semelhança de Deus” (SIMMAN e FONTAINE, 2003, p.149).

Lentamente, contudo, a ideia de a Terra possuir movimentos foi tomando forma, apesar da resistência a esta visão. Vemos que um “novo universo” começa a se formar. Copérnico foi quem deu o primeiro passo em direção a um caminho que não teria mais volta. Contudo, foi com Tycho Brahe (1546-1601) e Johannes Kepler (1571-1630) que vieram os maiores passos até então ao novo ponto de vista heliocêntrico.

O astrônomo dinamarquês Tycho Brahe é considerado hoje um dos maiores observadores do céu. É louvável sua dedicação em obter os dados mais precisos de sua época com a ajuda dos melhores instrumentos disponíveis. Foram com esses dados que Kepler conseguiu uma das maiores revoluções da Astronomia.

A dedicação de Tycho para com a observação celeste fez com que quase nada deixasse passar aos seus olhos. Tanto que ele foi o descobridor de uma ‘nova’ em 1572 que lhe deu fama. Este fato causou grande repercussão, pois mostrou que o céu não era imutável e ‘perfeito’ como se pensava desde a Grécia antiga.

A precisão de seus trabalhos observacionais fez com que o imperador Rodolfo II o convidasse para ir a Praga com o intuito de construir novas tábulas astronômicas. Foi neste momento que Tycho conheceu Kepler.

Tycho propôs outro modelo de universo para representar os movimentos e fenômenos celestes. Modelo este que se aproximava muito do de Heráclides do Ponto (Figura 6).

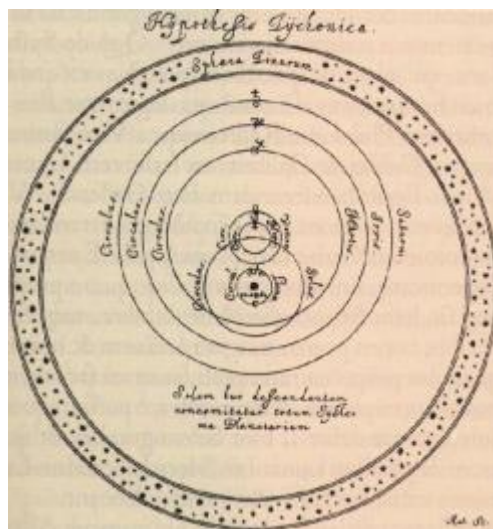


Figura 6 - Modelo de universo de Tycho Brahe

Fonte: <http://hypescience.com/12-diagramas-que-mudaram-nossa-compreensao-do-sistema-solar/>

Vemos que no sistema de Tycho Brahe, a Terra está posicionada no centro do universo, mas, ao redor dela está girando o Sol carregando todos os outros planetas. Ou seja, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno giram ao redor do Sol que, por sua vez, gira ao redor da Terra.

A busca pela precisão das observações fez com que Tycho Brahe obtivesse dados muito bons da trajetória de Marte no céu. A explicação da trajetória de Marte sempre foi um problema desde a Grécia antiga. Com os dados de Marte em mãos, entra em cena aquele que, para muitos, foi quem promoveu a verdadeira revolução na Astronomia no século XVII, Johannes Kepler.

A Astronomia na época de Kepler possuía o seguinte panorama, segundo Simaan e Fontaine (2003):

- a) As observações astronômicas tornaram-se sistemáticas com erros de dois minutos de arco com Tycho;
- b) A observação da 'nova' realizada por Tycho provocou um abalo na concepção de mundo imutável e perfeito do céu. Mas astrônomos e teólogos ainda acreditam na perfeição

- aristotélica;
- c) Os cometas de 1577 e seguintes abalaram a crença em orbes sólidos. Os astrônomos, contudo, ainda acreditavam na esfera das estrelas fixas;
 - d) Existem três sistemas cosmológicos: o de Ptolomeu baseado em uma Terra imóvel, o de Copérnico em que a Terra passa a ter movimentos com o Sol no centro do universo e o de Tycho Brahe em que a Terra volta a ocupar o centro do universo com os planetas girando em torno do Sol que gira em torno da Terra;
 - e) Dogma irrefutável: órbitas circulares com movimentos uniformes para Sol, Lua e planetas em torno da Terra.

Quando Kepler foi trabalhar com Tycho Brahe, ele sabia que estava indo ao encontro de um dos maiores astrônomos de seu tempo, afinal, Tycho possuía os melhores dados observacionais do período e, para Kepler, isso era imprescindível. Tycho, por sua vez, quando do convite para Kepler, também sabia que estava contratando um grande matemático que poderia resolver uma série de problemas.

Apesar de uma série de problemas pessoais que o perseguiram por toda a vida, Kepler “sempre se manteve fiel ao seu objetivo principal, a revelação da profunda harmonia e ordem presentes no universo centrado no Sol, conforme grosseiramente definido por Copérnico, e aos princípios fundamentais da sua sensibilidade” (HALL, 1983, p.192).

A busca de Kepler por uma harmonia cósmica é longa e cheia de acertos e de erros. São muitos detalhes que, infelizmente, não serão aqui especificados, não somente por tempo e espaço, mas também por não ser esse o objetivo.

Aqui serão apresentados, simplesmente, alguns dos resultados de uma vida de trabalho. Trabalho que levou Kepler à idealização de três leis que na historiografia científica é denominada de *Leis dos Movimentos Planetários*. Nelas, Kepler tentou unir a Astronomia matemática com a Astronomia física.

Copernicano convicto, Kepler, ao longo da vida, tentou descobrir como os planetas descreviam movimentos ao redor do Sol e qual era a causa que os faziam se comportarem da forma como eram vistos. A resposta a estas preocupações poderia estar nos inúmeros dados obtidos por Tycho sobre o planeta Marte.

Em um trabalho de juventude denominado Mistério Cosmográfico (*Mysterium Cosmographicum*) de 1596, Kepler tenta mostrar que o caminho mais lógico a ser seguido para a compreensão do universo era o heliocentrismo de Copérnico.

No Mistério Cosmográfico, Kepler apresenta a hipótese dos cinco sólidos perfeitos de Platão que são inscritos e circunscritos nas órbitas planetárias. É nesta obra que Kepler também apresenta, pela primeira vez, uma possível origem física (dinâmica) para os movimentos dos planetas ao redor do Sol.

Apesar de na visão moderna este trabalho ser considerado místico, “o *Mysterium Cosmographicum* é uma obra que apresenta características científicas; características essas que explicam alguns dos procedimentos epistemológicos e metodológicos keplerianos para a obtenção das suas duas primeiras leis dos movimentos dos planetas” (TOSSATO, 1999, p.37).

Após a publicação do Mistério Cosmográfico, Kepler estava convencido de que não bastava somente explicar de forma geométrica os movimentos dos planetas. Se o Sol estava no centro do mundo e os planetas girando ao redor dele, era necessário que houvesse algum fenômeno físico para a movimentação planetária. “O esforço de Kepler é, assim, o de encontrar não apenas uma concepção astronômica que permita ordenar e “preservar” os fenômenos, mas ainda uma concepção física que permita explicar, por causas físicas, o movimento real dos corpos celestes no mundo” (KOYRÉ, 2011, p.92).

Determinado a encontrar a harmonia que almejava, Kepler inicia seus trabalhos sobre a tão misteriosa órbita de Marte. Ele teve, inicialmente, que determinar a própria órbita da Terra, pois as observações de Marte eram feitas da superfície terrestre. Verificou que a órbita terrestre variava como a dos outros planetas, ou seja, ela “se deslocava com velocidade variável e que no afélio e periélio a sua velocidade estava na razão inversa da distância” (PIRES, 2011, p.105).

Com uma série de dados em mãos, como o reconhecimento das velocidades variáveis dos planetas ao longo da órbita e as posições bem definidas de Marte no céu, Kepler chega finalmente àquelas que são consideradas suas

duas primeiras leis dos movimentos dos planetas.

Aquela que conhecemos hoje como a segunda lei dos movimentos planetários, foi a primeira a ser descoberta por Kepler. Esta lei nos mostra que a linha que liga o planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais (Figura 7). Poucos anos mais tarde, depois de uma série de cálculos sobre a órbita de Marte, Kepler chega àquela que é considerada sua primeira lei, qual seja, que a órbita que o planeta descreve tem a forma de uma elipse, estando o Sol em um dos focos dessa elipse (Figura 7).

Em linhas gerais, é possível dizermos que a primeira lei está relacionada ao formato que a órbita do planeta possui em seu trajeto ao redor do Sol. A segunda lei, por sua vez, está relacionada às mudanças constantes de velocidades que os planetas possuem durante seus trajetos. À medida que o planeta se aproxima do Sol, vai ganhando velocidade; à medida que se afasta, a velocidade vai diminuindo.

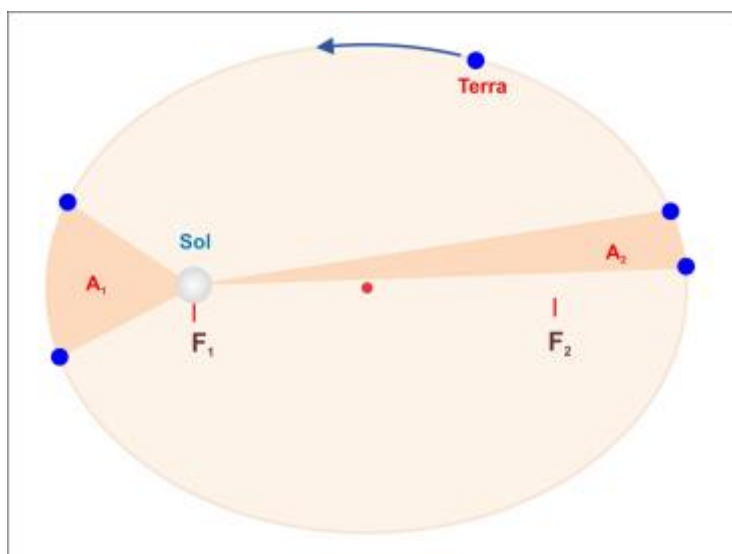


Figura 7 - As duas primeiras leis de Kepler

Fonte: próprio autor

A Figura 7 nos mostra a Terra em alguns momentos de sua órbita ao redor do Sol. A área A1 representa o momento em que, pela segunda lei de Kepler, a Terra está com sua maior velocidade. A área A2 é o momento em que a Terra tem sua menor velocidade. A figura nos mostra também alguns dos elementos da

elipse como os focos F_1 (onde o Sol está posicionado) e F_2 ²⁵. A trajetória que observamos na Figura 7 não representa com fidelidade a real órbita da Terra.

Essas duas leis nos foram apresentadas na obra *Nova Astronomia* de 1609. Contudo, ainda falta aquela que seria sua terceira lei. Ela somente apareceu em 1619 na obra *Harmonia dos Mundos*. Neste trabalho, Kepler tentava achar uma relação, segundo Sigaud (2006), entre as escalas e os acordes da música renascentistas com as velocidades dos planetas em suas órbitas.

Deste trabalho saiu a terceira lei que nos diz que o quadrado do período sideral de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do comprimento do semieixo maior de sua órbita. Em uma linguagem mais simples, essa lei está relacionada ao período de translação de cada planeta ao redor do Sol.

Em resumo, Kepler nos apresentou em seus trabalhos três leis que descrevem o comportamento e as órbitas dos planetas ao redor do Sol. São elas:

1. **Primeira lei (Lei das órbitas):** a órbita de um planeta em torno do Sol tem a forma de uma elipse com o Sol estando em um dos focos;
2. **Segunda lei (Lei das Áreas):** a linha que une um planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais;
3. **Terceira lei (Lei Harmônica):** o quadrado do período sideral de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do comprimento do semieixo maior de sua órbita. Em linguagem matemática, esta lei é expressa pela equação: $P^2 = ka^3$.

Há ainda mais um ponto que é necessário destacarmos dos trabalhos de Kepler em sua busca incessante para a harmonia do cosmos. Kepler chegou a intuir uma causa para os movimentos dos planetas. Esta causa estaria ligada

²⁵ Outro elemento da elipse é a excentricidade (e). A excentricidade (em linguagem popular, o grau de achatamento da elipse) varia de 0 a 1, e este fato tem efeito direto na distância entre os focos. Em uma elipse de excentricidade 0, os focos estão unidos e a elipse toma a forma de uma circunferência. Em uma elipse de valor 1 os focos estão tão afastados que a elipse toma a forma aproximada de uma linha reta. O valor da excentricidade da elipse que representa a órbita terrestre é 0,0167.

diretamente da possível existência de uma “força magnética” emanada pelo Sol que faria com que os planetas descrevessem suas órbitas da maneira que faziam.

Esta ideia de uma força magnética veio das leituras do físico e médico Willian Gilbert (1544-1603) que em 1600 publicou a obra *Do magneto, corpos magnéticos e do grande magneto*. Kepler, segundo Pires (2011), acreditava que do Sol saíssem forças magnéticas que eram arremessadas em direção aos planetas em suas órbitas. Depois de Aristóteles, foi Kepler quem tentou introduzir, segundo Solís (1991), uma causa para os movimentos dos planetas, ou seja, uma consideração dinâmica para os movimentos planetários em vez de somente tentar salvar as aparências trabalhando com descrições geométricas.

2.5.De Galileu Galilei e Isaac Newton: o princípio de inércia

Galileu é considerado por muitos como um dos maiores físicos de todos os tempos e o criador do método científico.

Sua fama reside não somente na Física, mas também na Astronomia. Na Física, um de seus principais trabalhos diz respeito à uma nova interpretação do movimento. Na Astronomia, ele é conhecido pelas suas observações celestes que abalaram o mundo eclesiástico e científico.

Em 1609 Galileu soube da invenção de um instrumento que tinha a propriedade de observar objetos longínquos com maior nitidez. Este instrumento creditado hoje a Hans Lippershey (1570-1619) como criador é o telescópio.

Sabendo deste instrumento, Galileu o reproduziu e o melhorou. Segundo a historiografia, Galileu foi o primeiro a apontar um telescópio para o céu com fins de pesquisa. Ao fazer isso, fez descobertas que abalariam em definitivo os alicerces aristotélicos nas universidades e na Igreja.

Ao apontar o telescópio para Júpiter, Galileu percebeu que lá havia quatro luas que giravam ao seu redor, descoberta que ia contra os ensinamentos aristotélicos os quais pregavam que todos os astros deveriam orbitar a Terra imóvel no centro do universo; ao apontar para Vênus, percebeu que esse planeta possuía fases; ao apontar o telescópio para a Lua observou uma infinidade de

buracos (crateras) e montanhas mostrando que sua superfície não era perfeita como todo céu deveria ser; ao apontar para o céu profundo notou que existiam muito mais estrelas do que se observava a olho nu e que as estrelas estavam muito mais distantes do que a esfera de Saturno.

Galileu nos apresentou todas essas descobertas no livro *O Mensageiro das Estrelas* (*Sidereus Nuncius*). Com este livro, Galileu abraça definitivamente o heliocentrismo de Copérnico e entra em calorosos debates com a Igreja e os escolásticos das universidades. O resultado desses embates foi a condenação de Galileu à prisão domiciliar nos anos finais de sua vida para não ser queimado vivo por defender os movimentos da Terra.

No âmbito da Física, é possível dizermos que foi Galileu quem iniciou o processo para compreendermos o conceito moderno de ‘movimento’. Até seu tempo, nossa interpretação do movimento era praticamente àquela definida por Aristóteles. Com Galileu surgiram os conceitos de inércia²⁶ e de relatividade do movimento que são alguns dos fundamentos da Física Moderna.

É importante lembrarmos que as primeiras ideias sobre movimento foram formalizadas na Grécia antiga. Para os gregos, o movimento possuía muitos significados, desde deslocamento físico até mudança no sentido de geração e corrupção.

Na Física de Aristóteles, que também envolve seu pensamento cosmológico, o cosmos era dividido em mundo sublunar e supralunar. O mundo acima da Lua reinava a perfeição e a imutabilidade, sendo os movimentos dos astros naturais e circulares uniformes. No mundo sublunar, reinava a desordem e a mutabilidade.

No mundo supralunar tudo é feito de éter. No mundo sublunar, as coisas são formadas por uma mistura de quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Cada um desses elementos possui um lugar natural para onde devem se locomover verticalmente caso estejam livres de qualquer força. O lugar natural da terra e da água é se dirigirem para baixo, em direção ao centro da Terra que está

²⁶ O termo “inércia” foi criado por Kepler

posicionada no centro do universo. O lugar natural do fogo e do ar é se dirigirem verticalmente para o alto, longe do centro da Terra.

O movimento natural dos quatro elementos é, portanto, em direção aos seus lugares de origem, aos seus lugares naturais. Caso um desses elementos tome um sentido contrário aos seus lugares naturais, o movimento passa a ser, segundo Aristóteles, violento. Este movimento violento é praticado por uma ‘força de contato’ que move o objeto. Uma vez cessada essa força, o objeto tende a parar ou a ir em direção ao seu local natural.

Polito (2015) nos apresenta de forma resumida as características da teoria do movimento de Aristóteles:

- Natureza do movimento: o movimento é um processo do corpo que se move, uma sucessiva ocupação de lugares. O movimento é um processo absoluto que não depende da posição de um observador;
- Agentes causais: os movimentos acontecem por uma causa. Os movimentos naturais acontecem devido à *potência* que os objetos possuem para ocuparem seus lugares naturais. Os movimentos violentos ocorrem devido a uma “força” que age em contato com o objeto;
- Efeito dos agentes causais: o efeito do movimento natural é a causa eficiente; no movimento violento é a mudança de lugar;
- Ausência de simetria: na teoria aristotélica não existem uma equivalência entre movimento e repouso. O movimento é, assim, um processo absoluto.

O grande problema que enfrentava a teoria do movimento de Aristóteles era explicar a continuação do movimento de um objeto depois de cessada a força. Para um objeto lançado para o alto, por exemplo, Aristóteles explicou que o ar atrás do objeto o empurrava para frente.

Na Idade Média, a teoria do movimento de Aristóteles começou a ser contestada de forma contundente. Jean Buridan (1295-1358) apresenta a teoria do

impetus, que é a “causa ou potência que anima o corpo em movimento, que produz esse movimento e se consome por ele” (KOURÉ, 2011, p.207). Nesta teoria, Buridan diz que “no ato de lançamento, o lançador “imprime” ao objeto lançado algo que ele chamou de “virtude”, e que seria uma tendência do objeto em continuar seu movimento inicial. Essa “tendência adquirida pelo objeto, denominada “*impetus*”, seria responsável pela continuidade de seu movimento” (PORTO; PORTO, 2009, p.3). Buridan, segundo Polito (2015), ainda introduziu em sua teoria o conceito de ‘quantidade de movimento’, que é o produto da massa pela velocidade²⁷.

A Física do movimento de Aristóteles sofre outro golpe com Copérnico, pois ao tirar a Terra do centro do Universo, a explicação do movimento natural dos objetos em direção ao centro da Terra que está no centro do universo fica comprometida. Por este motivo que os críticos do heliocentrismo esforçaram-se tanto para derrubar a ideia da mobilidade terrestre. Um dos argumentos era que, se a Terra girasse, um objeto lançado ao alto teria que cair em outro lugar. Copérnico tenta dar uma resposta a este fato, afirmando que tudo que está na Terra se move junto com ela, como as nuvens, o ar, os objetos apoiados em sua superfície. Tudo acompanha seu movimento “por uma “afinidade”” (PORTO e PORTO, 2009, p.5) que não os deixa para trás.

Outra pessoa que contribuiu para o conceito de inércia foi Giordano Bruno (1548-1600). Bruno introduziu, segundo Porto e Porto (2009), a ideia de uma razão mecânica para o movimento utilizando a teoria do *impetus*. Na visão de Bruno, uma pessoa, ao lançar um objeto para o alto, imprime a ele um *impetus* que fará com que esse objeto continue seu movimento. Já uma pedra abandonada do mastro de um barco em movimento cairá em linha reta ao pé desse mastro, pois a pedra receberá um *impetus* do barco que a empurrará para frente com a mesma velocidade da embarcação, ao contrário do que diziam os aristotélicos.

A ideia de inércia de Galileu parte do princípio da relatividade do movimento que diz que os movimentos de um dado corpo não podem ser percebidos por um segundo corpo que compartilhe dos mesmos movimentos do primeiro. Como

²⁷ Massa, para Buridan, é entendida como quantidade de matéria.

exemplo, é possível citarmos uma pessoa posicionada na superfície da Terra. Como essa pessoa compartilha dos mesmos movimentos terrestres, ela não consegue perceber esses movimentos. Como dizem Porto e Porto (2009, p.5), se “qualquer um deles (os movimentos) fosse influenciado pelo outro, jamais poderíamos dizer, segundo o princípio da relatividade ... que, sob certas circunstâncias, algum deles seria imperceptível (não operativo) ... Fica assim estabelecido como complemento necessário o princípio da independência dos movimentos”.

Com a noção de movimento relativo, Galileu conseguiu mostrar que o movimento não era algo intrínseco dos corpos. Polito (2015, p.13) nos diz que

Movimento e repouso passam a ser concebidos como sendo apenas *estados* diferentes associados a um mesmo corpo, o que significa que são, intrinsecamente, dependentes da *descrição de um observador*. Ainda que os estados mudem, o corpo em si permanece completamente indiferente ao seu estado de movimento. Essa ideia passou a ser modernamente conhecida como *princípio de relatividade de galileano*.

Sendo assim, “o princípio de inércia pressupõe: a) a possibilidade de isolar um dado corpo de toda a sua *entourage* física e de considerá-lo simplesmente como existente no espaço; b) a concepção do espaço que o identifica com o espaço homogêneo infinito da geometria euclidiana; e c) uma concepção do movimento e do repouso que os considera como *estados* e os situa no mesmo nível ontológico do ser” (KOURÉ, 2011, p.2011).

Galileu, no entanto, por meio de seus estudos com plano inclinado, acredita que o princípio de inércia se deva exclusivamente ao movimento circular. Ele descarta a possibilidade deste princípio estar relacionado ao movimento retilíneo. Isto se deve ao fato “de que ele não tinha noções completamente bem definidas – nem, evidentemente, definições matemáticas adequadas – dos conceitos de *massa inercial*, *gravidade* e *força*” (POLITO, 2015, p.14).

O conceito de inércia ganhará um impulso com René Descartes (1596-1650). Em sua Física, Descartes também utiliza a palavra ‘estado’ para designar o

movimento. Sua dinâmica era composta por três leis do movimento. Segundo Polito (2015), são elas:

- Primeira lei: cada coisa permanece em seu estado, e se for movida ela continua a se mover;
- Segunda lei: cada objeto que se move continuará a se mover em uma determinada direção seguindo uma linha reta e não curva;
- Terceira lei: um corpo quando vai ao encontro de outro mais forte, não perde seu movimento; quando vai em direção a outro corpo mais fraco, perde tanto de seu movimento quanto transfere para o outro.

Foi com Isaac Newton (1642-1727) que o conceito de inércia teve sua formalização final estando imbricado diretamente à concepção da natureza do movimento.

Newton apresenta sua concepção de inércia na primeira de suas três leis da mecânica clássica:

- Todo corpo tende a permanecer em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que sobre ele seja submetida uma força que o faça mudar seu estado.

Os principais pontos que merecem ser destacados nesta primeira lei de Newton são os seguintes de acordo do Polito (2015):

1. Natureza do movimento: o movimento é um estado, uma propriedade relativa dos corpos;
2. Agente causal: são as forças (entidades da natureza) impressas no corpo;
3. Efeitos do agente causal: a ação da força provoca uma mudança no estado de movimento;

4. Simetria: existe uma equivalência entre o estado de repouso e de movimento retilíneo uniforme.

2.6.O referencial

Uma das principais características da teoria do movimento de Galileu é o ‘princípio de inércia’ que pressupõe que um corpo mantém seu estado movimento inalterado a menos que haja a ação de uma força externa a ele que o faça parar ou mudar de direção. No entanto, o princípio de inércia somente era válido para corpos que estavam em movimentos circulares. Outro ponto importante na teoria galileana do movimento foi a introdução da concepção do princípio de relatividade do movimento. Estas duas questões sobre o movimento somente foram solucionadas com Newton tempos depois.

Newton, em sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* de 1687, apresenta três leis que têm a finalidade de descrever os fenômenos mecânicos²⁸. Com essas três leis obtém-se a trajetória de qualquer corpo em movimento a partir do conhecimento das forças que nele atuam.

É no *Principia* (início do nome em latim como comumente é conhecida esta obra) que Newton nos apresenta a sua definição de espaço e de tempo *absolutos* que estão no cerne de sua teoria. E são esses conceitos que irão gerar grandes debates já em sua época.

Porto e Porto (2008, p.2) nos dizem que “a física newtoniana não só é coerente, mas também é estruturalmente dependente da ideia de um espaço absoluto, na medida em que distingue dois tipos de observadores: aqueles para os quais são válidas as três leis fundamentais da mecânica, chamados de inerciais, e os não inerciais, para quem os fenômenos mecânicos não obedecem às Leis de Newton”.

²⁸ As três leis do movimento são: a) “Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme a menos que seja obrigado a mudar o seu estado por forças atuantes sobre ele”; b) “A aceleração causada por uma ou várias forças atuantes sobre um corpo é proporcional ao módulo da resultante paralela a ela, e inversamente proporcional à massa do corpo”; e c) “Para cada ação há sempre uma reação igual e oposta” (RESNICK e HALLIDAY, 1967).

Da citação acima, percebemos que o observador faz o papel de um *referencial*, ou seja, de um sistema rígido em relação ao qual a posição de um corpo possa ser definida sem incertezas.

Sendo assim, se for possível identificarmos um referencial em que as leis newtonianas sejam consideradas “uma verdade física” (PORTO e PORTO, 2008, p.2), todos os corpos que se movam com velocidade uniforme em linha reta ou estejam livres da ação de um resultado de forças em relação a esse referencial serão ditos inerciais. Ao contrário, para o corpo que se mova com aceleração não nula em relação a esse referencial terá a definição de não inercial.

É possível sabermos se um referencial é inercial ou não? Se sim, como? Uma maneira de sabermos seria analisarmos as acelerações que agem sobre o sistema que queremos estudar e tentamos determinar as forças que estão atuando nessas acelerações. Se no final deste estudo descobrirmos alguma aceleração que não pode ser atribuída a uma interação física, o referencial é dito não inercial; se a somatória das forças atuantes no sistema não gerar uma aceleração, o sistema é inercial.

A questão é sabermos se existe realmente um referencial ideal. Para Newton, o “*espaço absoluto*, infinito, uniforme, homogêneo, imutável, que, por sua própria natureza, tem existência independente de qualquer objeto material, é esse referencial” (PEDUZZI, 2016, p.17). Para Newton, é em relação a este espaço absoluto que devem ser interpretados o movimento e/ou o repouso absolutos de um corpo.

A concepção de espaço e tempo absolutos que Newton introduz em sua mecânica serão contestados em sua época por Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) e George Berkeley (1685-1753).

Berkeley irá apoiar seus argumentos contra o espaço absoluto de Newton em duas questões. Um desses argumentos, segundo Zylbersztajn e Assis (1999, p.819), está voltado no fato de que Berkeley “não admitia uma concepção de movimento que não fosse relativa. Para ele o espaço e o movimento absolutos poderiam ser substituídos pelo sistema das estrelas fixas e pelo movimento relativo ao mesmo tempo, sem que nada de importante se perdesse na teoria

newtoniana”. A segunda questão levantada por Berkeley diz respeito a uma contradição epistemológica na mecânica newtoniana:

Um dos princípios metodológicos da ciência newtoniana é a inferência das leis da Natureza diretamente a partir da experiência, a qual determina os limites dos quais se estabelece o conhecimento científico. No entanto, a coerência lógica de sua teoria se apoiava na existência de um espaço absoluto, independente da matéria e anterior à experiência, deste modo, não perceptível nem verificável por seu intermédio (PORTO e PORTO, 2008, p.3).

Leibniz, por sua vez, irá criticar a noção de espaço absoluto em uma série de trocas de cartas com o reverendo Samuel Clarke, amigo de Newton. Gomes (1994) expõe que para Leibniz o espaço é a ordem das possíveis relações existentes entre os objetos e que, por conta disso, se o objeto não existir, não há como se determinar uma posição no espaço. Dessa maneira, Leibniz define espaço, segundo Gomes (1994, p.90), como “a coleção de todos os lugares simultâneos”.

Ben-Dov (1996, p.30) nos diz que essa concepção de espaço de Leibniz “não deixa lugar algum à noção de “espaço vazio”, desprovido de corpo. Se o espaço é o conjunto das relações espaciais entre corpos, a ausência de corpo implica a ausência de espaço”. Nesta linha de pensamento, não pode existir um espaço absoluto em que um movimento possui um significado real como queria Newton.

Vemos que em tempos modernos, a maior crítica à noção de espaço absoluto veio com Ernst Mach (1838-1916). Mach nos mostra em sua obra *As Origens da Mecânica* que a determinação de qualquer tipo de movimento deve ser feita em relação aos corpos que existem. Com isto, “Mach propunha que o caráter inercial (uniforme) ou não (acelerado) do movimento se definisse, não em relação a um espaço absoluto, inalcançável pela percepção direta, mas em relação a um referencial associado ao centro de massa de todas as partículas materiais existentes no Universo” (PORTO e PORTO, 2008, p.6),

Essa interpretação que Mach nos apresenta para o movimento determina claramente que todo movimento deve ser encarado por nós de maneira relativa. Não existe movimento absoluto na visão de Mach. Mesmo movimentos como o de rotação quanto o de translação devem ser interpretados relativamente.

Estas ideias da relatividade do movimento de Mach tiveram influência marcante no pensamento de Albert Einstein (1879-1955). Einstein percebeu em seus estudos, que os fenômenos vistos na natureza poderiam ser interpretados igualmente entre referenciais inerciais distintos. Em outras palavras, para Einstein, não há um referencial inercial privilegiado.

Desta constatação saiu o primeiro postulado da teoria da relatividade restrita que afirma “a equivalência entre todos os observadores inerciais, isto é, as equações que governam todos os fenômenos físicos têm, forçosamente, a mesma forma matemática para observador inercial” (PORTO e PORTO, 2008, p.4). Este é o tão conhecido ‘princípio da relatividade’.

O segundo postulado de Einstein diz respeito à velocidade da luz ao se propagar no vácuo. Neste postulado a velocidade da luz é a mesma para qualquer que seja a velocidade da fonte que a emite ou da pessoa que a observa.

A consequência imediata dos dois postulados de Einstein é a relatividade do espaço e do tempo, eliminando, desta maneira, o espaço e o tempo absolutos, assim como a simultaneidade de qualquer evento separado no espaço.

Cindra (1994, p.30) nos explana que a teoria da relatividade

no caso limite dê os mesmos resultados previstos pela teoria newtoniana ... está baseada em conceitos distintos. Esta teoria rejeita tanto a existência de espaço e tempo absolutos como de referencial privilegiado. Além disso, ela não faz distinção entre forças reais e as chamadas forças fictícias, rejeitando até mesmo a noção de força gravitacional, uma vez que a abordagem geométrica do campo gravitacional dispensa o próprio conceito de forças.

Como apontamos em momento anterior, após os trabalhos de Galileu sobre o movimento ter um aspecto relativo, o conceito de referencial se tornou algo importante no entendimento dos fenômenos físicos. Antes de Galileu, já havia uma

ideia de referencial, mas ela ainda não havia sido formalizada. A partir de Galileu, e culminando com Einstein, esse conceito físico tomou grandes proporções e, hoje, é indispensável para o entendimento de vários tipos de fenômenos físicos.

Sendo assim, quando dizemos que algo está em movimento, é indispensável expormos em qual referencial se está fazendo a observação, pois tudo se “remete à discussão de uma das sutilizas mais interessantes no estudo do movimento, que é a sua relatividade, a **relatividade do movimento**” (SILVA et al., 2004, p.45).

O que expusemos acima é importante, pois os estados de movimento retilíneo e uniforme e de repouso são equivalentes, ou seja, não podemos diferenciar um do outro. “Tudo o que experimentamos quando estamos em repouso, experimentamos da mesma forma quando estamos em movimento retilíneo e uniforme” (SILVA et al., 2004, p.47), em outras palavras, do ponto de vista da Física, tanto faz dizer se um corpo está em movimento retilíneo e uniforme ou em repouso.

Ben-Dov (1996) nos sugere um exemplo fictício para expor esse problema da relatividade do movimento. Diz ele para uma pessoa se imaginar em um barco em alto mar sem a possibilidade de observar qualquer ponto de referência no horizonte visível. De repente aparece outro barco ultrapassando o barco onde está o observador. Ben-Dov nos diz algo importante sobre a percepção sensorial do que está acontecendo entre as pessoas que estão nos barcos:

Considerando apenas os dados sensoriais, não temos nenhuma possibilidade de determinar se nosso barco está parado e o outro em movimento ou se, ao contrário, o outro está parado e o nosso para trás, à deriva. Nos dois casos, em um mar calmo, nosso barco parecerá imóvel sob nossos pés.

Podemos sem dúvida, formular uma interpretação mais geral e afirmar que os barcos estão ambos dotados de velocidades não nulas, cuja diferença é exatamente igual à velocidade aparente com que o segundo barco ultrapassa o nosso. Essas diversas interpretações, compatíveis com nossos dados sensoriais, significam que *nossos sentidos são impotentes para determinar a situação real*. Em outras palavras, *os dados sensoriais nos revelam não nosso movimento real, mas unicamente nosso movimento em relação a outros corpos*, nesse caso o segundo barco (BEN-DOV, 1996, p.23 – *grifos nossos*).

Se o movimento é relativo, tanto faz, então, dizermos que um corpo A se movimenta em relação a um corpo B, como dizermos que o corpo B se movimenta em relação ao corpo A. Temos, portanto, duas interpretações possíveis de um mesmo movimento: uma do ponto de vista do corpo A e outra do ponto de vista do corpo B.

Diante deste fato, é necessário fazermos a seguinte pergunta: qual é a melhor interpretação para que se tenha uma boa compreensão do movimento analisado? Segundo Silva et al. (2004), ambas as interpretações são possíveis, mas uma delas terá a característica de apresentar uma simplicidade maior de explicação, e é esta que, geralmente, adotaremos como a preferida.

Silva et al. (2004, p.48) nos dão um exemplo do exposto no parágrafo anterior que vem ao encontro do que pretendemos neste trabalho:

Um observador no centro do Sol encontraria menos dificuldades para estudar o movimento dos planetas do que um observador na superfície da Terra cujo movimento sofre constantes alterações devido entre outras, à rotação e translação da Terra. O referencial no centro do Sol não é melhor que aquele na superfície da Terra, mas é mais próximo de um referencial idealizado em Física, chamado referencial inercial, para o qual a descrição dos movimentos é simplificada.

Levando em consideração tudo o que foi exposto nos parágrafos anteriores, pela relatividade do movimento, é possível, dependendo do estudo que estamos realizando, dizer que a Terra gira em torno do Sol, como, também, que o Sol gira em torno da Terra.

O que é importante neste caso e em nosso trabalho é que, ao assumir o referencial na Terra para trabalhar com as crianças os fenômenos do dia e a noite e das estações do ano, o professor não está necessariamente cometendo um erro, uma vez que “o referencial no centro do Sol não é melhor que aquele na superfície da Terra, mas é mais próximo de um referencial idealizado em Física, chamado referencial inercial”, segundo Silva et al (2004, p. 48).

2.7.As provas dos movimentos da Terra

Ao observarmos a natureza, não é possível afirmarmos com exatidão que a Terra possui movimentos. Na verdade, até podemos observar certos indícios de que a Terra está se movimentando. Fenômenos como o dia e a noite e as estações do ano, que são provocados, respectivamente, pelo movimento diário do Sol e pelo movimento anual solar, são alguns deles. Contudo, não há como termos total certeza da movimentação terrestre somente por esses fenômenos e movimentos do céu, afinal, há como descrevê-los considerando a Terra parada.

Mesmo quando Kepler nos apresentou suas leis dos movimentos planetários, mesmo com as descobertas astronômicas e físicas de Galileu e mesmo com o surgimento da mecânica celeste de Newton, não havia provas observacionais de a Terra possuir movimentos no espaço.

Hoje, entretanto, temos essas provas. Elas, na verdade, começaram a surgir no século XVII. Se o dia e a noite e as estações do ano não são provas de que a Terra está se movimentando no espaço, quais, então, são elas?

De acordo com Charola (1959), é possível apresentarmos dois tipos de provas para os movimentos terrestres, as racionais e as experimentais.

As provas racionais que supõe o movimento de rotação da Terra são, de acordo com Charola (1959):

- Se a Terra está estática e a esfera celeste gira sobre ela, a velocidade linear das estrelas mais distantes seriam imensas. Uma estrela que estivesse a 1 ano-luz de distância da Terra teria uma velocidade de cerca de 2000 vezes a da luz, o que hoje sabemos ser impossível;
- A massa de qualquer estrela é muito superior à da Terra. Segundo a Física Moderna, não é concebível uma ou mais estrelas girarem em torno da Terra que possui massa praticamente desprezível em relação às estrelas;
- De acordo com as modernas leis da mecânica, Sol, planetas, etc.

possuem movimento de rotação e de translação no espaço. É inconcebível que a Terra não tenha esses mesmos movimentos;

- Pela Física sabemos que uma massa fluida, ao ser posta em rotação, adquire um achatamento na direção nos polos que é mais acentuado quanto mais elevada for a velocidade angular. Como estudos geológicos mostraram que a Terra era uma massa pastosa muito quente quando de sua formação e hoje possui um achatamento na direção de seus polos, pode-se deduzir que a Terra tem movimento de rotação.

Algumas provas experimentais, de acordo com Charola (1959), são:

- Pêndulo de Foucault: em 1851 o físico francês Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) verificou um movimento de oscilação do plano de um pêndulo localizado no Panthéon de Paris. Esta força, que atual nos objetos posicionados na superfície da Terra, somente existe devido ao fato da Terra ter movimento de rotação;
- Desvio para o leste dos corpos que caem de grande altura: ao se soltar um corpo de uma grande altura, ele irá descrever um pequeno desvio para leste. Quanto maior for a altura, maior ele é. Este desvio, que comprova o movimento da Terra, foi verificado pela primeira vez por J. B. Gughelmino em 1791 em Bolonha, depois por J. B. Benzenberg em Hamburgo em 1802 etc.

Uma prova racional para mostrarmos o movimento de translação da Terra, segundo Charola (1959), se refere ao fato da explicação dos fenômenos observados ser equivalente tanto na visão de uma Terra estática com o Sol girando em torno dela quanto o Sol estático e a Terra girando ao redor dele.

Deste modo, Charola (1959, p.183) expõe que

[...] o movimento *aparente* do Sol sobre a esfera celeste e por consequência todos os fenômenos derivados deste movimento, i.

e., desigualdade dos dias e das noites, estações, etc., se explicam de modo equivalente, embora assumindo que o Sol está fixo e que é a Terra que se move; resultado lógico se tem presente que em ambas hipóteses o Sol e a Terra ocupam as mesmas *posições relativas*, causa única dos fenômenos mencionados.

As provas diretas do movimento de translação da Terra são:

Eclipses da Lua Io de Júpiter: tentando determinar a velocidade da luz estudando os períodos dos eclipses da lua Io de Júpiter, Ole Römer (1644-1710), fez uma importante constatação. Ele percebeu que havia um atraso de cerca de vinte e dois minutos entre duas ocultações sucessivas de Io por Júpiter. Römer admitiu que os resultados obtidos de seu trabalho somente poderiam ser considerados corretos se a distância entre a Terra e Júpiter tivesse mudado. Em outras palavras, havia uma variação constante entre a distância destes dois planetas. Essa variação da distância entre Terra e Júpiter só poderia ser explicada se a Terra estivesse transladando o Sol. Quando a Terra está no momento de maior aproximação de Júpiter o tempo de ocultação de Io tem um determinado valor. Quando a Terra está em sentido oposto, a luz tem que atravessar todo o diâmetro da órbita terrestre o que demonstra esse atraso.

Paralaxe anual: a paralaxe, segundo Boczeko (1984, p.230) “é um efeito geométrico aparente de deslocamento angular do astro devido à posição relativa entre astro e observador” (Figura 8). Em outras palavras, é o desvio aparente de uma estrela em relação às outras estrelas de fundo causado pela mudança de posição da Terra ao longo de sua órbita (mudança de posição do observador). A sensação que o observador na Terra possui é que a estrela parece “mudar” de posição no céu em relação às outras estrelas.

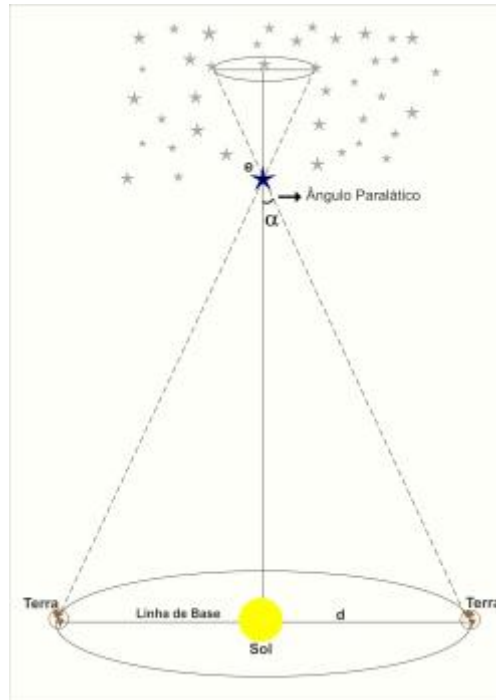


Figura 8 - Paralaxe estelar

Fonte: próprio autor

Na Figura 8, observamos que, à medida que a Terra se move em sua órbita ao redor do Sol, um observador na superfície terrestre observa a estrela “e” se “deslocar” aparentemente em relação às estrelas de fundo. O ângulo α visto na figura é o ângulo paralático. A paralaxe anual é o movimento aparente da estrela “e” parecendo formar uma elipse na esfera celeste.

Aberração estelar: por meio de estudos em que tentava determinar a paralaxe da estrela gama Draconis, James Bradley (1693-1762), segundo Charola (1959), percebeu que havia uma variação na posição das estrelas que não podia ser explicada pela paralaxe. O que ele descobriu é que este fenômeno se devia a composição do movimento de propagação da luz com o de translação da Terra. Este fenômeno passou a ser chamado de aberração estelar. O fenômeno da aberração estelar somente pode ser explicado se a Terra possuir um movimento de translação em torno do Sol.

3. Metodologia da pesquisa

Planificarmos uma investigação qualitativa, segundo Fortin (2009, p.293), “significa organizar os elementos essenciais para a realização do estudo”. Ainda, segundo a autora, as etapas não são lineares como em uma investigação quantitativa e a ordem dos elementos pode variar. Toda investigação começa com uma ideia que se expõe na introdução e em seguida, as etapas sobrepõem-se. A revisão de literatura, por exemplo, pode ter lugar ao mesmo tempo em que a construção e a análise dos dados. Isso por que na investigação qualitativa o objetivo é mais defender uma ideia, elaborar uma teoria, do que verificá-la. (FORTIN, 2009).

A questão preliminar colocada no item “Apresentação” traz a preocupação em verificarmos os conhecimentos trabalhados sobre a Astronomia antiga. Mas ao apresentarmos essa ideia, verificamos a necessidade de se elucidar a questão do referencial utilizado nas visões topocêntrica/geocêntrica e heliocêntrica - Terra ou Sol.

Por outro lado, se vamos levantar a questão do referencial para se trabalhar a rotação e a translação da Terra, acreditamos ser necessário partir do que se vê para ensinar o que não se vê. Ou seja, é necessário observarmos o céu. Então é importante investigarmos se os professores, os materiais didáticos e os avaliadores da OBA priorizam atividades de observação, ou não.

A partir dessas preocupações, planejamos a construção dos dados em três frentes: aplicação de questionários a professores, análise de materiais didáticos e análise das questões da OBA. Com relação aos materiais didáticos e provas da OBA realizamos um estudo descritivo e quanto aos questionários, buscamos explorar relações entre o que os professores sabem sobre as descrições dos movimentos celestes de uma maneira topocêntrica/geocêntrica e heliocêntrica e como as ensinam.

Adotamos os seguintes procedimentos para atingirmos nossos objetivos: a) aplicação de questionários tipo Likert a 56 professores; b) análise de 8 livros de ciências do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e análise de questões

sobre movimentos, referencial e observação do céu presentes em questões pertinentes das provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) no período de 1999 a 2015.

3.1.O questionário

O questionário é um instrumento de coleta de dados que exige do participante respostas a um conjunto de questões. É um dos métodos mais utilizados pelos pesquisadores tendo como objetivo “recolher informação factual sobre acontecimentos ou situações conhecidas sobre atitudes, crenças, conhecimentos, sentimentos e opiniões” (FORTIN, 2009, p.380). Tanto pode conter questões abertas como questões fechadas, apresentadas em uma ordem lógica. Exige do investigador uma definição clara dos objetivos da pesquisa e a sua elaboração deve seguir uma série de etapas e cuidados, segundo Fortin (2009, p.381-382):

- 1- Determinar qual informação a recolher;
- 2- Constituir um banco de questões;
- 3- Formular as questões;
- 4- Ordenar as questões;
- 5- Submeter o esboço do questionário à revisão;
- 6- Pré-testar o questionário;
- 7- Redigir a introdução e as diretrizes

Tínhamos claro que a informação a recolher eram os conhecimentos de professores de Física do Ensino Médio e de Ciências do Ensino Fundamental sobre os movimentos da Terra (e os fenômenos deles resultantes), sobre referencial e se eles mantêm uma prática de observação do céu.

A formulação de questões foi uma tarefa exaustiva, pois tinham que ser compreensíveis, claras, concisas, com termos técnicos claramente definidos, que evitassem exprimir mais do que uma ideia na mesma questão, entre outros

cuidados. O questionário foi pré-textado com o auxílio de um especialista e de alguns professores de Física.

Quanto a sua credibilidade, a taxa de respostas pode influenciar. Segundo Fortin (2009, p. 387) a taxa de respostas, em geral, é baixa, situando-se entre 25 a 30%. Por outro lado, o questionário é rápido e pouco dispendioso para a obtenção dos dados e pode atingir um número maior de pessoas caso se consiga ampliar a amostra.

O questionário que desenvolvemos foi dividido em três etapas. A primeira teve por objetivo obter informações básicas do professor participante. A segunda foi averiguar por meio de duas questões com dez proposições relacionadas a cada uma delas o grau de concordância do participante em cada proposição. A terceira foi saber como o professor ensina os movimentos da Terra e se tem o hábito de olhar para o céu.

As duas questões para averiguar o grau de concordância do participante através de proposições são baseadas em questionários tipo Likert.

Este tipo de questionário, segundo Vieira e Dalmoro (2008), é bastante comum na área das ciências sociais como uso de um instrumento de medida para averiguar a realidade de um determinado objeto de estudo.

O questionário Likert foi criado por Rensis Likert em 1932, e, desde então, vem sendo utilizado, com algumas variações, em diversas áreas das humanidades como a psicologia, a educação e o marketing (VIEIRA e DALMORO, 2008),

A escala Likert é apresentada com uma série de afirmações a respeito de um determinado objeto de estudo. Cada afirmação tem por objetivo pedir “ao sujeito que está a ser avaliado para manifestar o grau de concordância desde *discordo totalmente* (nível 1), até ao *concordo totalmente* (nível 5, 7 ou 11)” (CUNHA, 2007, p.24).

A construção e o método de análise dos questionários se apoiam nos trabalhos de Manassero e Vázquez (2002) que desenvolveram uma nova versão dos questionários Likert em que as pontuações ‘discordo’ e ‘concordo’ das proposições são substituídas por uma pontuação. O método que os autores utilizaram/desenvolveram de análise das afirmativas se apoiou no formulário

VOSTS (Views on Science-Technology Society) adaptado da pesquisa conduzida por Aikenhead e Ryan (1992).

Manassero e Vázquez criaram, assim, um modelo em que o participante assinala um valor de concordância ou discordância da proposição que varia entre 1 e 9. Esse novo modelo tem por finalidade, segundo os autores, “maximizar a informação disponível em cada questão” (MANASSERO e VÁZQUEZ, 2008, p.19).

Para os propósitos deste trabalho, este instrumento de análise tem ainda por objetivo resolver certos problemas, como, segundo Guimarães (2003, p.82),

“dar aos professores uma grade maior de opções; ajustar a correspondência entre o instrumento escolhido e o que se quer medir (diminuindo a distância entre o que se quer medir e o que realmente se mede); ter a oportunidade de avaliar separadamente o discurso sobre um conceito, dos princípios e práticas operativas”.

Cada proposição do questionário recebe, assim, uma classificação de acordo com a validade. As classificações escolhidas por Manassero e Vázquez (2008), que serão aqui utilizadas por nós foram: *adequada*, *plausível* e *ingênua*. O significado de cada uma dessas classificações está exposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das proposições

Categorias	Significado
Adequada	A proposição expressa uma opinião adequada sobre o tema.
Plausível	Ainda que não totalmente adequada, a proposição expressa algum aspecto adequado.
Ingênua	A proposição expressa um ponto de vista que não é adequado e nem plausível.

Para interpretarmos as respostas como medidas atitudinais (de concordância) baseadas nas categorias da Tabela 1, é necessária uma escala de valoração para as pontuações. Esta escala está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Escala de valoração para as proposições

Grau de acordo	Alto			Médio			Baixo		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Adequada	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
Plausível	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2
Ingênua	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4

Fonte: tabela adaptada de Manassero; Vázquez (2002, p.20)

Observando a Tabela 2, verificamos que, para o grau de acordo “adequado”, quanto mais próximo do valor 9 é a proposição, mais valiosa é a resposta. Ao contrário, quanto mais próxima de 1, menor valor tem a resposta.

Para o grau de acordo “ingênua”, quanto mais se aproximar de 1, mas valiosa é a resposta. Ao contrário, quanto mais se aproximar de 9, menos valiosa é a resposta.

Para o grau de acordo “plausível”, as repostas mais valiosas são aquelas que estão com a pontuação centralizadas entre 1 e 9.

Por último, Manassero e Vázquez (2002) criaram uma métrica para o que chamam de ‘índice global atitudinal’. Este índice varia de -1 a 1. Se o índice global atitudinal possuir um valor positivo, a atitude é valiosa. A atitude será cada vez mais valiosa quanto mais o índice global atitudinal se aproximar de 1. Por outro lado, se o índice global atitudinal for negativo, a atitude não é valiosa. E quanto mais se aproximar de -1, menos valiosa será a atitude.

Podemos observar o procedimento dos cálculos dos índices atitudinais na Tabela 3.

Tabela 3 - Significado e atribuições de pontos da escala valorativa dos procedimentos de cálculos dos índices

Cálculo das pontuações diretas			Cálculo dos índices de atitudes das categorias		
Máximo	Fórmula	Mínimo	Máximo	Índices	Mínimo
+4N _a	Σa_j	-4N _a	1	$I_a = \Sigma a_j / 4N_a$	-1
+2N _p	Σp_j	-2N _p	1	$I_p = \Sigma p_j / 4N_p$	-1
+4N _n	Σn_j	-4N _n	1	$I_n = \Sigma n_j / 4N_n$	-1
			1	$I = (I_a + I_p + I_n)/3$	-1

Fonte: Manassero e Vázquez (2001)

Da Tabela 3, vemos:

a_j: pontuação do valor direto para a posição “adequada”

p_j: pontuação do valor direto para a posição “plausível”

n_j: pontuação do valor direto para a posição “ingênua”

Σ : soma das pontuações diretas desde $j = 1$ a $j = N_a$ ($j = N_p$ e $j = N_n$) para as categorias “adequada”, “plausível” e “ingênua”.

3.2. Sujeitos da Pesquisa

A primeira etapa do processo de identificação dos sujeitos da pesquisa consiste em definir a população que será estudada. Por outro lado, essa população deve apresentar um conjunto de elementos que têm características comuns. Como raramente temos a possibilidade de se estudar uma população alvo em sua totalidade, examinamos a população acessível, segundo Fortin (2009, p. 311).

O público alvo do questionário elaborado para a presente pesquisa é o professor. Mais especificamente, o professor de Ciências do Ensino Fundamental e o professor de Física do Ensino Médio. Estas especialidades se devem ao fato desses professores ministrarem temas da Astronomia em suas disciplinas.

O questionário foi elaborado no programa Google Drive e programado para ser respondido online pelos professores assim que acessá-lo no pelo seguinte link: <https://goo.gl/forms/qPI0d6vYJ1MvG3Tb2>.

Entregamos os questionários aos professores participantes de dois modos, online (enviado por e-mail) e em papel. Ao acessar o questionário online, bastava o professor preenchê-lo e enviá-lo automaticamente. Quanto ao questionário em papel, cerca de 25 foram entregues em algumas escolas de Piracicaba aos coordenadores, que se encarregaram de entrega-los aos professores de Física e de Ciências.

Como a pesquisa não visa a generalizações, mas a descrição de uma situação particular, para o envio do questionário online foi utilizada a **amostragem por redes** (FORTIN, 2009, p.322), também denominada amostragem “em bola de neve”. Alguns indivíduos foram recrutados inicialmente pelo pesquisador e sugeriram os nomes de outras pessoas que lhes pareciam apropriadas para participar do estudo.

Assim, foram enviados questionários online a um grupo de professores de Física de Piracicaba/SP (cerca de 120 membros), participantes da OBA de Piracicaba/SP (cerca de 90 membros, mas grande parte também fazendo parte da primeira lista), alguns professores de Física e de Ciências de Campinas/SP (cerca de 8 membros), de Maringá/PR (14 membros) e professores de Física que participavam de um curso de Astronomia da USP/São Paulo (cerca de 15 membros). Foram, assim, enviados cerca de 247 questionários via online aproximadamente.

Responderam ao questionário online até o final do mês de maio/2016 um total de 45 professores²⁹. Quanto aos questionários em papel, foram entregues 15 exemplares e obtivemos 11 devoluções. Para este trabalho, portanto, foram enviados cerca de 262 questionários (entre online e de papel) e devolvidos 56, o

²⁹ Um número maior de questionários foi entregue após essa data, mas pelo tempo exíguo para a análise, não foram computados. Deverão ser considerados quando na elaboração de um artigo científico da tese.

que equivale a 21% da amostra. Essa porcentagem está em consonância com o número de retorno aceitável para este tipo de amostragem.

3.3.O livro didático de ciências

Neste trabalho analisaremos oito livros didáticos de Ciências do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).

Escolhemos os livros do PNLD pelo fato das coleções lá constantes terem sido avaliadas e consideradas por especialistas das áreas das Ciências Naturais como adequadas ao uso em sala de aula. Vasconcelos e Souto (2003) nos dizem que como os livros do PNLD são constantemente avaliados por especialistas, verificam-se progressos na correção de erros conceituais e na atualização de conteúdos.

Todas as coleções que avaliamos estão catalogadas nos guias de livros didáticos do PLND em diferentes anos, sendo eles: PNLD – 2008, PNLD – 2011 e PNLD – 2014. Escolhemos livros desses anos por serem os mais recentes, e que poderiam nos fornecer informações importantes de como os autores trabalham atualmente os temas que aqui nos propomos a investigar.

As obras escolhidas fazem parte do acervo do Núcleo de Educação em Ciências (NEC) da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP). São elas:

- Construindo Consciências: Ciências;
- Ciências: Atitude & Cotidiano;
- Ciências: o Planeta Terra;
- Ciências: Atitude e Conhecimento;
- Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano;
- Jornadas.cie: Ciências
- Ciências Novo Pensar: Meio Ambiente
- Companhia das Ciências

Devido aos objetivos deste trabalho, daremos as devidas atenções a somente alguns tópicos dos textos de Astronomia. Foram criadas 03 categorias de análise em atendimento aos objetivos da pesquisa.

- i. **Referencial:** analisaremos todos os aspectos de textos (históricos e conceituais) e de figuras que façam alusão para distintas formas de se visualizar e de se descrever os fenômenos e os movimentos celestes. Em outras palavras, se os autores dos livros didáticos mostram ou pela história da Astronomia ou através do próprio conceito de referencial que os fenômenos e os movimentos celestes podem ser explicados em diferentes pontos de vista;
- ii. **Observação do céu:** analisaremos todos os aspectos de textos e de figuras que mostrem a observação do céu como algo importante para a elaboração de diferentes ideias dos fenômenos e movimentos que são vistos no céu. Em outras palavras, averiguaremos se os autores sugerem a observação celeste como algo importante para a elaboração do conhecimento astronômico;
- iii. **Movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes:** analisaremos todos os aspectos de textos e de figuras sobre como são trabalhos os movimentos da Terra e os fenômenos deles resultantes (dia e noite e estações do ano). Verificaremos se os autores apresentam ou não diferentes interpretações (referenciais) para os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

3.4.A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)

Atualmente, a OBA é uma das olimpíadas de ciências aplicadas em âmbito nacional para os estudantes do Ensino Básico. Desde sua primeira edição em 1998, o número de estudantes participantes só tem crescido, com um pico máximo em 2009 no Ano Internacional da Astronomia com a participação de quase 900.000 alunos.

A OBA é o tipo de olimpíada que envolve não somente os alunos participantes, mas, também, professores de ciências, física, matemática, dentre outros.

Esta olimpíada é reconhecida pelos seus organizadores como uma ferramenta para o ensino e, principalmente, para a difusão da Astronomia, pois ela, dentre outros motivos, incentiva os alunos a lerem e estudarem Astronomia, estimula a participação do público envolvido em visitas à observatórios e à planetários, estimula a capacitação dos professores envolvidos para com a ciências astronômica etc.

Investigar as perguntas das provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica se torna, assim, de grande valia para nosso trabalho, para que possamos avaliar qual a visão da OBA sobre os temas que aqui estamos trabalhando. Analisaremos, assim, somente aquelas perguntas que têm ligação com os movimentos da Terra e com os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Em outras palavras, analisaremos como os autores das questões abordam os movimentos da Terra e qual o tipo de visão (referencial) que possuem sobre o dia e a noite e as estações do ano nas questões.

Retiramos as questões analisadas diretamente do site da OBA, sendo somente formatadas para a apresentação neste trabalho. Algumas perguntas possuem respostas, outras não. A apresentação de perguntas com respostas se deve ao fato de nas respostas haver informações importantes para a análise final.

Nas primeiras olimpíadas, a divisão dos estudantes era feita somente em três níveis referentes às duas divisões do fundamental e a do ensino médio. Em 2004, os organizadores optaram em dividir os alunos em 4 níveis distintos. Estes níveis podem ser observados nos regulamentos que estão disponíveis na página da Internet da olimpíada (OBA, 2016). Sendo assim, a divisão que será seguida aqui em nosso trabalho é a seguinte.

- Nível I – alunos do 1º ao 3º anos do ensino fundamental I
- Nível II – alunos do 4º ao 5º anos do ensino fundamental I
- Nível III – alunos do 6º ao 9º anos do ensino fundamental II

- Nível IV – alunos do 1º, 2º e 3º anos do ensino médio

Para a análise deste trabalho, foram agrupados os dois primeiros níveis, Nível I e Nível II, pois são crianças do Ensino Fundamental I.

Para a análise das perguntas a respeito dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano dos Níveis I e II; do Nível III; e do Nível IV foram criadas as seguintes categorias:

- **Referencial Terra:** questões sobre o dia e a noite e as estações do ano que utilizam somente a visão do observador na superfície da Terra;
- **Referencial Sol (espaço):** questões sobre o dia e a noite e as estações do ano que utilizam somente a visão do observador no Sol ou em algum lugar do espaço;
- **Referencial Sol/Terra:** questões sobre o dia e a noite e as estações do ano que utilizam a visão do observador na superfície da Terra e no espaço ao mesmo tempo.

Como as perguntas que foram selecionadas são específicas para nossa pesquisa, nem todos os anos apareceram questões com o teor que aqui se busca. Diante disto, na Tabela 4 a seguir, está a quantidade de questões que aparecem em cada nível e em cada ano.

Tabela 4 - Número de questões sobre movimentos da Terra em Provas da OBA

Ano	Nível I e II Número de questões	Nível III Número de questões	Nível IV Número de questões
1999	1	--- X---	--- X---
2000	5	--- X---	--- X---
2001	2	1	--- X---

2002	2	--- x---	--- x---
2003	--- x---	1	--- x---
2004	3	--- x---	1
2005	1	1	2
2006	--- x---	--- x---	2
2007	2	--- x---	2
2008	2	1	1
2009	--- x---	--- x---	--- x---
2010	--- x---	--- x---	--- x---
2011	--- x---	1	--- x---
2012	3	4	2
2013	2	1	1
2014	--- x---	1	--- x---
2015	1	--- x---	--- x---
Total	24	11	11

Notamos, assim, que para os propósitos de nossa pesquisa, os níveis I e II são os que apresentam o maior número de perguntas relacionadas ao dia e a noite e às estações do ano.

4.Resultados e discussão

4.1.Análise dos questionários

4.1.1.Primeira parte do questionário

O objetivo desta parte do questionário é conhecermos um pouco das principais características do professor participante, principalmente, como ele se relaciona com a Astronomia fora e dentro da sala de aula.

Foram dez tópicos solicitados aos professores. Em alguns deles havia mais de uma pergunta. Esses tópicos podem ser vistos na Figura 9.

I) Idade	Sexo	F ()	M ()
II) Área de Formação: _____ Ano da Formatura: _____ Vai se formar em: _____			
III) A Astronomia foi contemplada no currículo de seu curso? Sim, o suficiente () Não () Muito pouco ()			
IV) Fez curso de capacitação em Astronomia? Sim (), Não () Qual? _____			
V) Participa da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA)? Sim () Não (). Se sim, há quanto tempo? _____			
VI) Ministra aula na Rede Particular () Rede Pública () Ambas ()			
VII) Em qual (ou quais) disciplina(s) atua? _____			
VIII) Ensina tópicos de Astronomia? Sim () Não () Em qual disciplina? _____ Para qual ano(s)? _____			
IX) Se ensina temas de Astronomia, quais são os temas? _____			
X) Quais os recursos didáticos que você faz uso para preparar e ministrar as aulas de Astronomia? _____			

Figura 9 - Questões da primeira parte do questionário

Quanto à *idade*, 42 professores responderam este quesito. Das 42 respostas, foi possível notarmos que a média de idade dos professores é de 40,5 anos. A Tabela 5 nos mostra o número de professores relacionados à faixa etária.

Tabela 5 - Faixa etária dos professores

Faixa etária	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	Total
Número de professores	10	10	14	6	2	42

Quanto ao gênero, há 56 respostas. Pelo gráfico da Figura 10 abaixo, é possível verificarmos que o número de professores é maior que o de professoras. São 28 professores e 19 professoras.

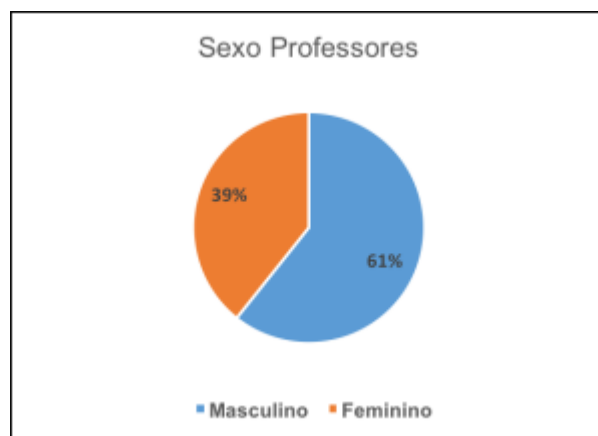


Figura 10 - Relação de gênero dos professores

O próximo tópico é a área de formação. O público alvo deste trabalho são professores formados em Ciências e em Física. Contudo, como é bem sabido, geralmente o professor que ministra aula de Ciências no Ensino Fundamental é formado em Biologia e/ou Ciências Biológicas. No Ensino Médio, quem ministra aula de Física, em princípio, são os professores com formação em Licenciatura em Física. No entanto, a realidade nos mostra que nas escolas estaduais, os professores acabam assumindo disciplinas que não são a de sua formação. Por este motivo, professores formados em Química, por exemplo, acabam ministrando aula de Física ou de Matemática. Por este motivo que não somente professores formados em Física responderam o questionário como podemos constatar nos resultados obtidos.

Diante deste fato, realizamos a seguinte categorização dos professores: *Professores de Física*, *Professores de Ciências* e *Outros*. Consideramos na categoria 'Professores de Física' aqueles formados em Licenciatura e/ou Bacharelado em Física e, ainda, aqueles formados em Licenciatura em Ciências com habilitação em Física (apesar de formados em ciências, ministram aulas de Física). Considerados na categoria 'Professores de Ciências' aqueles formados em Biologia, em Ciências Biológicas ou Ciências com habilitação em Biologia. A

categoria ‘Outros’ entram professores formados em Licenciatura/Bacharelado em Matemática, Licenciatura e/ou Bacharelado em Química, Magistério, Engenharia e Agronomia.

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 11.

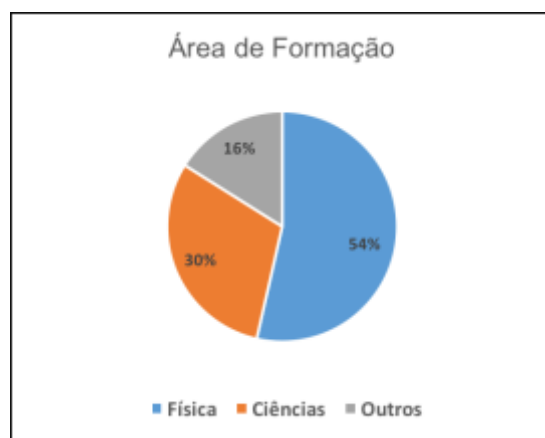


Figura 11 - Área de formação

Observando a Figura 11, é possível verificarmos que o número de professores de Física é maior que o de Ciências e de ‘Outros’. Vemos que 55% ou 30 professores são de Física, 31% ou 17 são de Ciências e 12% ou 9 são de outras áreas.

No tópico ‘Ano da Formatura’, temos a seguinte característica observando a Tabela 6.

Tabela 6 – Ano da formatura do professor

Ano Formatura	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2015	cursando
Professor	1	7	10	21	12	4

Pela Tabela 6, verificamos que o maior número de professores se formou entre 2000 e 2009. O segundo grupo com maior número de professores é o de 2010-2015. Constatamos, assim, que a maioria dos participantes são professores que completaram suas graduações há pouco tempo.

O próximo tópico diz respeito se a Astronomia foi contemplada no curso de graduação do professor. Este é um tópico importante, pois ele pode influenciar as respostas que serão propostas mais adiante. Os resultados são vistos na Figura 12.



Figura 12 - Se a Astronomia estava presente no currículo

Como é possível observarmos no gráfico da Figura 12, 50% ou 28 professores, manifestaram que a Astronomia não estava presente no currículo de seu curso. Apenas 29% ou 16 professores disseram que a Astronomia estava presente no currículo e 21% ou 12 professores disseram que praticamente não tiveram informações sobre a Astronomia na graduação.

Os próximos dois tópicos estão relacionados. São eles: Fez curso de formação continuada em Astronomia? Se sim, onde fez curso. Os resultados podem ser verificados abaixo.



Figura 13 - Se o professor fez curso de formação continuada

Tabela 7 – Onde o professor fez curso de Astronomia

Onde?	USP	Planetário Campinas	EREA- Piracicaba	Outros
Professor	13	2	12	3

Observando a Figura 13, vemos que somente 30 pessoas responderam a esta pergunta. Destas pessoas, 54% ou 30 professores disseram ter feito, pelo menos, um curso de Astronomia. Por outro lado, 46% ou 26 professores disseram nunca ter feito qualquer curso.

Daqueles que fizeram um curso de Astronomia, 13 professores fizeram na Universidade de São Paulo (USP). Em seguida vem 12 professores que fizeram cursos durante o Encontro Regional de Ensino de Astronomia (EREA) que ocorreu em Piracicaba. No Planetário de Campinas foram 2 pessoas que fizeram o curso. E, por fim, em Outros, temos uma pessoa que fez um curso na UNESP de Rio Claro, outra um curso de extensão, mas não citou o local e uma pessoa que fez curso de Astronomia para licenciatura, mas, também, não citou o local.

O próximo tópico também é composto por duas questões relacionadas. A primeira é se o professor participa da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e, em se confirmado, quanto tempo que ele participa deste evento nacional.

O gráfico da Figura 14, assim como a tabela nos mostram os resultados obtidos.



Figura 14 - Se o professor participa da OBA

Tabela 8 – Tabela que mostra o quanto tempo o professor participa da OBA

Anos	1-3	4-6	7-9	12
Professor	15	5	2	1

Pelo gráfico da Figura 14, vemos que 39% ou 22 professores dizem que participam (ou pelo menos participaram por algum tempo) da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Já 61% ou 34 professores dizem que nunca participaram.

Na Tabela 8, verificamos que somente 15 pessoas participaram (ou ainda participam) entre 1 e 3 anos; 5 pessoas entre 4 e 6 anos; 2 pessoas entre 7 e 9 anos e somente 1 pessoas vem participando por 12 anos.

O próximo item que abordaremos é se o professor atua na escola pública, na escola privada ou em ambas as escolas. O resultado pode ser visto na Figura 15.



Figura 15 - Em qual escola o professor atua

Pelo gráfico da Figura 15, verificamos que o maior número de professores atua na escola pública, com um total de 35 professores que equivale a 65% do total de 54 professores que responderam esta pergunta. Em seguida temos os professores da rede particular com 22% ou 12 professores e, por fim, os professores que trabalham em ambas redes com um total de 13% ou 7 professores.

O próximo item que abordaremos é em qual disciplina o professor atua na escola em que ministra aula. Podemos ver o resultado na Figura 16.

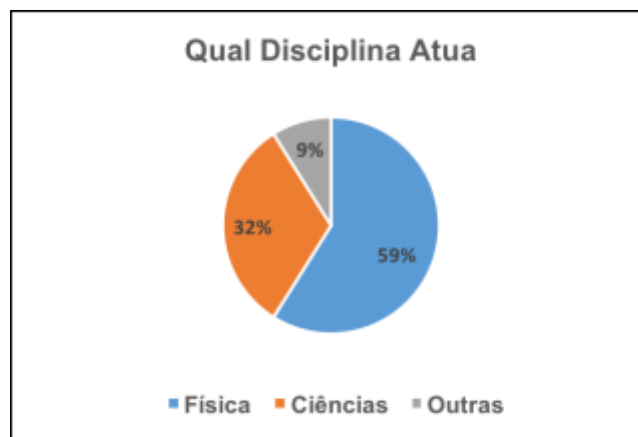


Figura 16 - Qual disciplina o professor atua

No questionário foi solicitado que os professores dissessem em qual ou quais disciplinas atuam em sala de aula. Muitos colocaram que atuam em mais de uma disciplina como Física/Matemática, Física/Química, Ciências/Química, Biologia/Química/Ciências etc. Para os propósitos deste trabalho, realizamos a catalogação em Física, Ciências e Outros. Em 'Outros', colocamos respostas como: interprete de libras, eletrônica, nenhuma, História da Ciência e Química.

Sendo assim, na Figura 16 vemos que 59% ou 33 professores ministram aula de Física, 32% ou 18 professores ministram aulas de Ciências e 9% ou 5 professores não se enquadram nas duas categorias anteriores.

O próximo ponto que abordaremos possui três resultados imbricados. Se o professor ensina tópicos de Astronomia, em afirmativo em qual disciplina e quais são esses tópicos.

A Figura 17 nos mostra os resultados para a questão se o professor ensina tópicos de Astronomia em sua disciplina.

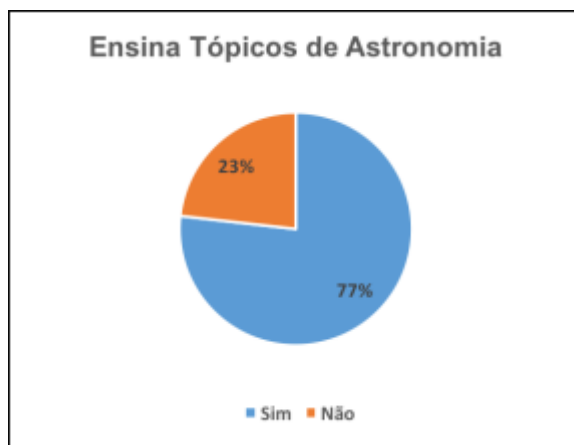


Figura 17 - Se o professor ensina tópicos de Astronomia

Vendo o gráfico da Figura 17, notamos que 77% ou 43 professores ensinam temas da Astronomia em suas aulas. Apenas 23% ou 13 professores dizem não ensinar Astronomia em sala de aula.

Se o professor ensina Astronomia, em qual disciplina ele ensina? Essa era a pergunta seguinte. Daqueles que responderam, é possível verificarmos os resultados no gráfico da Figura 18.



Figura 18 - Disciplina que o professor ensina temas da Astronomia

O gráfico da Figura 18, nos mostra que 45% ou 19 professores dizem ensinar Astronomia na disciplina de Ciências. Mostra igualmente que 45% ou 19 professores dizem ensinar Astronomia na disciplina de Física. Em Outros, temos 4 respostas: “em aulas para a Olimpíada de Astronomia” e em “História da Astronomia”, “nas áreas que atuo” e “todas”.

O próximo ponto que trataremos diz respeito em qual ano o professor ensina os tópicos de Astronomia nas disciplinas. Os dados estão no gráfico da Figura 19.

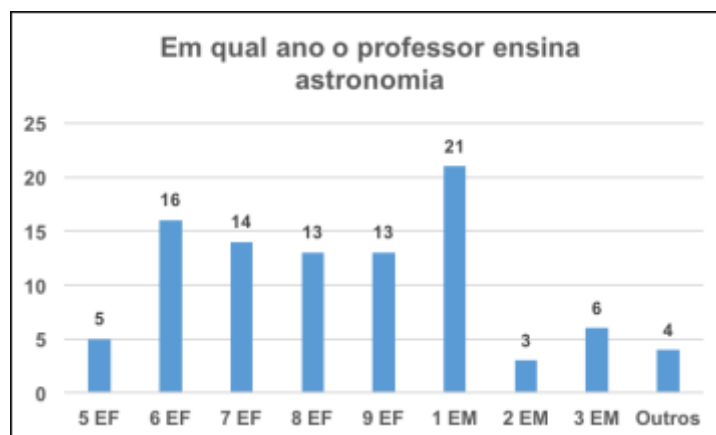


Figura 19 - Em qual série o professor ensina Astronomia

Observando o gráfico da Figura 19, percebemos que a Astronomia está presente entre o 5º ano do Ensino Fundamental e o 3º ano do Ensino Médio. Há, entretanto, dois anos em que há uma maior incidência da apresentação da Astronomia em sala de aula, que são no 6º ano do Ensino Fundamental e no 1º ano do Ensino Médio. Este fato tem motivo de ser, pois o sexto ano é o período que, em geral, é iniciado o tema Astronomia no Ensino Fundamental. No 1º ano do Ensino Médio aparece o tema 'gravitação' em que também os professores podem explorar muitas questões da ciência astronômica. O que podemos verificar ainda é que nos outros anos do Ensino Fundamental há uma tendência de se trabalhar temas da Astronomia.

Os dados que vemos a seguir, dizem respeito aos temas de Astronomia que são ensinados pelos professores durante suas aulas de Astronomia.

As respostas deste item foram as mais variadas, com 38 professores respondendo esta questão. A grande maioria nos apresentou uma série de temas da Astronomia que ministram em sala de aula. Por este motivo, criamos algumas categorias para abarcar a maior parte dos temas. As categorias escolhidas que agrupam as respostas apresentadas pelos professores foram:

Tabela 9 - Frequência de resposta dos professores sobre o que ensinam de astronomia

Categoria	Frequência de respostas
Movimentos	16
Sistema solar	15
Astrofísica	13
Cosmologia	9
Lua	9
Estrelas e constelações	8
Fenômenos astronômicos	4
História	3
Outros	38

Abaixo estão, em maiores detalhes, as respostas dos professores.

- **Movimentos:** compreende respostas como movimentos da Terra, da Lua, do Sol, dos astros em geral;
- **Sistema Solar:** abarcava respostas como sistema solar e planetas;
- **Lua:** fases e eclipses;
- **Estrelas e constelação:** respostas como estrelas e constelações;
- **Fenômenos astronômicos:** respostas relativas às estações do ano e o dia e a noite;
- **Cosmologia:** apareceram respostas como Big Bang, origem e evolução do universo, modelo geocêntrico e heliocêntrico, modelos cosmológicos diversos;
- **Astrofísica:** foram citados evolução estelar, distância das estrelas, paralaxe, Leis de Kepler, ano-luz etc.;
- **História:** foram citadas história da Astronomia;
- **Outros:** uma gama enorme de questões como polo magnético, momento linear, compreensão humana, temas da OBA, leitura de carta celeste, etc.;

Por fim, temos a última pergunta desta primeira parte do questionário que diz respeito aos materiais que os professores utilizam para preparar a aula e os métodos que utilizam para ensinar Astronomia. Aqui, novamente, apareceram várias respostas que agrupamos em categorias que serão apresentadas a seguir:

Tabela 10 - Materiais que os professores utilizam para preparar aula e ensinar astronomia

Categoria	Frequência de respostas
Livro (didático, paradidático, livros em geral)	11
Documentário (diversos)	10
Software de Astronomia (Stellarium, principalmente)	9
Instrumentos (telescópios principalmente)	6
Sala de aula (giz e lousa)	5
Observação do céu	4
Internet	4
Maquete	3
Outros	Bússola, cartazes, projetor, figuras, etc.

4.1.2.Segunda parte do questionário

A partir deste momento, analisaremos as duas questões do tipo Likert do questionário. Estas questões, como já mencionamos, têm o objetivo de investigar o quanto os professores conhecem dos modelos cosmológicos que possuem por base a Terra se movimentando ou não, sobre o quanto eles conhecem do tema referencial e como esses professores trabalham essas questões em sala de aula.

A primeira questão do questionário e suas respectivas proposições podem ser observadas a seguir. Na Tabela 11 estão as proposições, o grau de acordo e a classificação³⁰ (adequada, plausível e ingênua) relativas a cada afirmativa.

³⁰ A classificação não foi disponibilizada para os professores participantes.

Questão 1) Por quase dois mil anos prevaleceu a ideia dos gregos – Aristóteles e Ptolomeu – da Terra estar estática e o Sol e demais astros se movimentando ao redor de nosso planeta. A partir do século XVI essa ideia foi suplantada – por Copérnico e Kepler – e o Sol passou a ser aceito como centro dos movimentos dos planetas. Em relação às afirmativas abaixo, qual é o grau de acordo com o que você pensa sobre essas ideias?

Tabela 11 - Questionário aplicado para os professores: *questão 1*

Para cada uma das frases, marque o número da escala que melhor representa o grau de acordo entre sua opinião e a posição exposta na frase.	Grau de Acordo		
	Baixo	Médio	Alto
a) O sistema dos gregos descreve aproximadamente os movimentos dos astros observados no céu a olho nu.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		A
b) O sistema dos gregos explica o fenômeno do dia e da noite e o fenômeno das estações do ano.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		P
c) O sistema dos gregos foi substituído pelo de Copérnico, pois este estava mais de acordo com as crenças religiosas da época.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		I
d) O sistema proposto por Copérnico descreve mais aproximadamente os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano do que o sistema dos gregos.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		A
e) O sistema proposto por Copérnico não descreve o fenômeno do dia e da noite, pois diz respeito somente ao movimento da Terra ao redor do Sol.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		I
f) O sistema proposto por Copérnico descreve os movimentos dos planetas Mercúrio, Vênus e Terra.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		P
g) Os movimentos planetários elípticos propostos por Kepler coincidem melhor com as observações do que o de Copérnico com órbitas circulares.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		A
h) O sistema proposto por Kepler explica as estações do ano, pois, no movimento elíptico, a Terra ora está mais próxima e ora mais afastada do Sol.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		I
i) Kepler concluiu que as órbitas dos planetas ao redor do Sol são elípticas trabalhando com observações do céu realizadas a partir da superfície da Terra.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		A
j) No sistema de Copérnico/Kepler a existência das estações do ano pode ser explicada devido à inclinação do	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		P

eixo de rotação da Terra.		
---------------------------	--	--

A Tabela 12 nos traz as justificativas para a classificação das afirmativas em respostas adequadas, plausíveis e ingênuas.

Tabela 12 – Justificativa das proposições em adequada, plausível e ingênuas (questão 1).

a)O sistema dos gregos descreve aproximadamente os movimentos dos astros observados no céu a olho nu.	Proposição adequada: o sistema geocêntrico dos gregos não conseguia explicar com precisão certos fenômenos observados.	A
b)O sistema dos gregos explica o fenômeno do dia e da noite e o fenômeno das estações do ano.	Proposição plausível: o sistema dos gregos descreve aproximadamente os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.	P
c)O sistema dos gregos foi substituído pelo de Copérnico, pois este estava mais de acordo com as crenças religiosas da época.	Proposição ingênuas: o sistema de Copérnico não era aceito pela Igreja cuja filosofia era baseada na visão aristotélica.	I
d)O sistema proposto por Copérnico descreve mais aproximadamente os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano do que o sistema dos gregos.	Proposição adequada: o sistema de Copérnico se adequava um pouco melhor às observações.	A
e) O sistema proposto por Copérnico não descreve o fenômeno do dia e da noite, pois diz respeito somente ao movimento da Terra ao redor do Sol.	Proposição ingênuas: o sistema de Copérnico descreve tanto o dia e a noite que estão relacionados ao movimento de rotação da Terra como as estações do ano que estão relacionadas ao movimento de translação da Terra.	I
f) O sistema proposto por Copérnico descreve os movimentos dos planetas Mercúrio, Vênus e Terra.	Proposição plausível: o sistema de Copérnico não descreve somente os movimentos de Mercúrio, Vênus, Terra, mas, também, de Marte, Júpiter e Saturno.	P
g) Os movimentos planetários elípticos propostos por Kepler coincidem melhor com as observações do que o de Copérnico com órbitas circulares.	Proposição adequada: as Leis dos Movimentos planetários de Kepler descrevem com maior precisão os movimentos dos planetas, o que provocou uma melhor adequação dos dados com a observação.	A
h) O sistema proposto por Kepler explica as estações do ano, pois, no movimento elíptico, a Terra ora está mais próxima e ora mais afastada do Sol.	Proposição ingênuas: A primeira Lei de Kepler descreve a forma elíptica da órbita dos planetas com o Sol posicionado em um dos focos. Contudo, este não é o motivo que provoca as estações do ano.	I
i) Kepler concluiu que as órbitas dos planetas ao redor do Sol são elípticas trabalhando com observações do céu realizadas a partir da superfície da Terra.	Proposição adequada: todo o trabalho que Kepler realizou foi realizado a partir do ponto de vista de um observador posicionado na superfície da Terra.	A
j) No sistema de Copérnico/Kepler a existência das estações do ano pode ser explicada devido à inclinação do eixo de rotação da Terra.	Proposição plausível: as estações do ano ocorrem, na verdade, devido ao movimento de translação da Terra e a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação a um reta perpendicular ao plano da órbita.	P

A seguir, na Figura 20, apresentamos o cálculo para encontrarmos o índice global atitudinal para *questão 1* do questionário.

$\text{Adequada} = \Sigma a/4 = x_a/4 = x_a$ $\text{Plausível} = \Sigma p/3 = x_p/2 = x_p$ $\text{Ingênua} = \Sigma n/3 = x_n/4 = x_n$ $x_a + x_p + x_n = y/3 \text{ (índice global para a questão 1)}$

Figura 20 - Cálculo para o índice global atitudinal da questão 1

A questão 2 do questionário com suas proposições pode ser vista abaixo. Na Tabela 13 estão as proposições, o grau de acordo e a classificação³¹ (adequada, plausível e ingênua) relativas a cada afirmativa da questão 2.

Questão 2) *Os movimentos da Terra são um dos tópicos mais presentes no estudo da Astronomia no Ensino Fundamental. O assunto é muito relevante, pois esses movimentos estão relacionados com dois intervalos de tempo que organizam a nossa vida: o dia e o ano. Em relação às afirmativas abaixo, qual o seu grau de acordo com o que você pensa ser o ensino dos movimentos da Terra.*

Tabela 13 - Questionário aplicado para os professores: *questão 2*

Para cada uma das frases, marque o número da escala que melhor representa o grau de acordo entre sua opinião e a posição exposta na frase.	Grau de Acordo		
	Baixo	Médio	Alto
a) Podemos afirmar aos alunos que o dia e a noite são provas do movimento de rotação da Terra e que as estações do ano são provas do movimento de translação da Terra.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		I
b) Podemos explicar aos alunos que o movimento de “laçada” que os planetas descrevem no céu acontece porque a Terra está orbitando o Sol.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		P
c) Observando o céu a olho nu, podemos dizer aos alunos que não há nenhum fenômeno que comprove que a Terra se move.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		A
d) Podemos ensinar aos alunos que o Sol nasce no leste e se põe no oeste.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		P
e) É possível explicar para os alunos o dia e a noite a partir de um observador na	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()		A

³¹ A classificação não foi disponibilizada para os professores participantes.

superfície da Terra.		
f) Ao observarmos o céu, podemos afirmar aos alunos que um avião, um pássaro, a Lua e o Sol estão se movendo em relação a um observador parado na superfície da Terra.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()	A
g) É possível afirmar aos alunos que se estou sentado em um banco, estou parado em relação a uma pessoa que passa andando ao meu lado, porém, em relação às estrelas, estou em movimento.	1() 2() 3() 4() 5() 6() 7() 8() 9()	A

A Tabela 14 nos traz as justificativas para a classificação das afirmativas em respostas adequadas, plausíveis e ingênuas.

Tabela 14 – Justificativa das proposições em adequada, plausível e ingênuas (questão 2).

a) Podemos afirmar aos alunos que o dia e a noite são provas do movimento de rotação da Terra e que as estações do ano são provas do movimento de translação da Terra.	Proposição ingênua: o dia e a noite e as estações do ano não são provas dos movimentos da Terra e sim possíveis indícios.	I
b) Podemos explicar aos alunos que o movimento de “laçada” que os planetas descrevem no céu acontece porque a Terra está orbitando o Sol.	Proposição plausível: o movimento de laçada que os planetas realizam no céu é uma composição dos movimentos de translação da Terra e o planeta.	P
c) Observando o céu a olho nu, podemos dizer aos alunos que não há nenhum fenômeno que comprove que a Terra se move.	Proposição adequada: não existem fenômenos, vistos a olho nu, que provem que a Terra possui movimentos.	A
d) Podemos ensinar aos alunos que o Sol nasce no leste e se põe no oeste.	Proposição plausível: o Sol nasce em uma região chamada de leste e se põe em uma região chamada de oeste. O Sol também não nasce todo dia no ponto cardeal leste e não se põe todo dia no ponto cardeal oeste.	P
e) É possível explicar para os alunos o dia e a noite a partir de um observador na superfície da Terra.	Proposição adequada: é possível explicar os dias e as noites a partir de um observador na superfície da Terra.	A
f) Ao observarmos o céu, podemos afirmar aos alunos que um avião, um pássaro, a Lua e o Sol estão se movendo em relação a um observador parado na superfície da Terra.	Proposição adequada: é correto afirmar que quando vemos no céu o avião, o pássaro, o Sol e a Lua eles estão se movimentando em relação ao uma pessoa estática na superfície terrestre.	A
g) É possível afirmar aos alunos que se estou sentado em um banco, estou parado em relação a uma pessoa que passa andando ao meu lado, porém, em relação às estrelas, estou em movimento.	Proposição adequada: é correto afirmar que se estou sentado em um banco, estou parado em relação a uma pessoa andando ao meu lado, mas estou em movimento em relação às estrelas.	A

A seguir, na Figura 21 está o cálculo para encontrarmos o índice global atitudinal para *questão 2* do questionário.

$\text{Adequada} = \Sigma a/5 = x_a/4 = x_a$ $\text{Plausível} = \Sigma p/3 = x_p/2 = x_p$ $\text{Ingênua} = \Sigma n/2 = x_n/4 = x_n$ $x_a + x_p + x_n = y/3 \text{ (índice global para a questão 2)}$

Figura 21 - Cálculo para o índice global atitudinal da questão 2

A seguir, apresentamos os resultados da análise da **Questão 1**.

É importante ressaltarmos que, para a análise das questões 1 e 2 do questionário, foi tomada a seguinte atitude em relação às respostas dos professores quanto a área de formação.

Como foi apresentado na Figura 11, que representa o gráfico da área de formação do professor, 30 professores são de Física, 17 professores são de Ciências e 9 professores são considerados de outras áreas. Esses professores de outras áreas são formados em Química (3), Matemática (3), Engenharia (1), Agronomia (1) e Magistério (1).

Apesar de serem de outras áreas que não a de Física e a de Ciências, professores alvos deste estudo, eles ministram aulas justamente de Física ou de Ciências. Por este motivo, para conseguirmos um resultado mais coerente com os objetivos este trabalho, os professores da categoria “outros” serão considerados professores de Física ou de Ciências, de acordo com a disciplina que ministram na escola em que trabalham.

Sendo assim, com exceção de um professor de Matemática que ministra aula de Ciências, todos os outros 8 professores ministram aulas de Física. Portanto, eles serão, para todos os efeitos, considerados “professores de Física” e “professor de Ciências” para a análise das questões 1 e 2.

O primeiro gráfico que apresentamos sobre a questão 1, diz respeito ao índice atitudinal de todos os professores referente a cada proposição. Ele está representado na Figura 22.

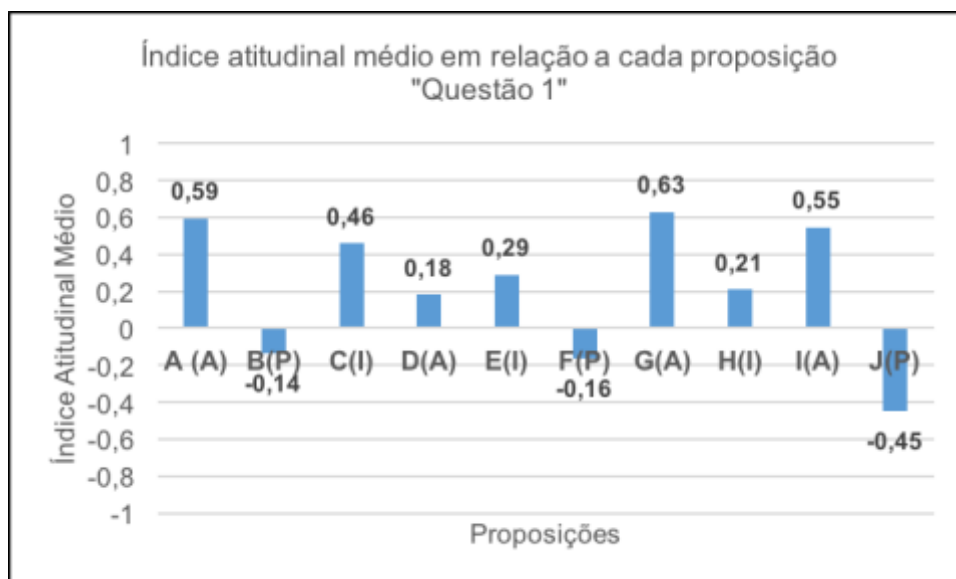


Figura 22 - Índice atitudinal dos professores em relação a cada proposição

A Figura 22 nos apresenta o índice atitudinal em relação a cada proposição. No eixo x (abscissa) temos a letra que representa cada uma das dez proposições da questão 1 juntamente com a letra, entre parênteses, que representa a letra inicial das três categorias que foram consideradas para cada proposição: (A) Adequada, (P) Plausível e (I) Ingênua.

Em relação à proposição (a), que é adequada, verificamos que a média das respostas dos professores ficou em **0,59**, mostrando que na escala de valoração esta teve uma pontuação alta. Isto significa que a atitude da maioria dos professores foi em concordar com o fato do modelo dos gregos descrever aproximadamente os movimentos dos astros.

Sobre a proposição (b), que é plausível, a média das respostas foi **-0,14**, indicando que a maioria dos professores não concorda muito quando se diz que o sistema dos gregos explica os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

A proposição (c) é ingênua e sua média foi de **0,46**. Este valor médio para a proposição ingênua significa que, na escala de valoração, sua pontuação foi baixa, tendo, portanto, valores positivos. A interpretação deste fato nos leva a crer que a maioria dos professores não concorda com esta proposição que diz que o sistema

cosmológico dos gregos foi substituído pelo de Copérnico, pois este estava mais de acordo com as crenças religiosas da época. Esta é uma posição correta dos professores que colocaram valores baixos na escala.

A proposição (d) é adequada e sua média foi **0,46**. Como ela possui um valor médio baixo, isto nos indica que houve bastante flutuação na escala de valoração entre aceitar muito ou pouco a proposição que diz que o sistema de Copérnico descreve mais aproximadamente os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano do que o dos gregos.

A proposição (e) é ingênua e teve como média **0,29**. Novamente este fato mostra que na escala de valoração houve uma maior intenção dos professores em colocar valores baixos, portanto positivos. Tal fato indica que muitos professores não concordam com a proposição (e) que diz que o sistema proposto por Copérnico não descreve o fenômeno do dia e da noite, pois diz respeito somente ao movimento da Terra ao redor do Sol. Este fato mostra uma atitude correta dos professores em pontuarem valores baixos na escala.

A proposição (f) é plausível e teve como média **-0,16**. Este valor nos mostra que a maioria dos professores pontuou valores na escala de valoração próximos a média entre 1 e 9. Apesar de ter ficado próximo à média, ela é negativa o que nos indica que alguns professores tendem a não concordar com a proposição que diz que o sistema proposto por Copérnico descreve os movimentos dos planetas Mercúrio, Vênus e Terra.

A proposição (g) é adequada e teve como média **0,63**. Este valor nos indica que na escala valorativa a grande maioria dos professores colocou valores altos. Isto nos indica que os professores tendem a concordar com a proposição que diz que os movimentos planetários elípticos propostos por Kepler coincidem melhor com as observações do que o de Copérnico com órbitas circulares.

A proposição (h) é ingênua e teve como média **0,21**. Mais uma vez verificamos que os professores colocaram valores baixos na escala valorativa indicando, assim, uma pontuação positiva. Esta atitude nos mostra que os professores não concordam com a proposição que diz que o sistema proposto por

Kepler explica melhor as estações do ano, pois no movimento elíptico, a Terra ora está mais próxima ora está mais afastada do Sol.

A proposição (i) é adequada e teve como média **0,55**. Isto nos mostra que muitos professores concordam colocando pontuações altas que Kepler chegou na conclusão de que as órbitas dos planetas são elípticas tendo como dados observações feitas na superfície da Terra.

A proposição (j) é plausível e obteve como média **-0,45**. Essa pontuação nos indica que os professores tenderam a colocar uma pontuação mais alta nesta proposição, por isto negativa. Tal atitude nos mostra ainda que eles tendem a não concordar muito que no sistema Copérnico/Kepler a existência das estações do ano pode ser explicada devido à inclinação do eixo de rotação, o que não está errado, mas, também, não está totalmente certo, pois faltam algumas questões para deixá-la adequada.

Uma vez terminada a análise das respostas relativas às proposições referentes à questão 1, é importante verificarmos o **índice global atitudinal**. Seu valor foi de **0,18**, sendo o valor máximo 0,72 e o valor mínimo -0,38. Este índice global indica que, de certo modo, houve uma atitude valorativa dos professores, já que o valor é positivo. Contudo, o valor 0,18 está muito aquém de 1, resultado que vem mostrar que os professores possuem ainda uma concepção ingênua sobre os modelos de interpretação da realidade celeste propostos pelos gregos, por Copérnico e por Kepler. Tal resultado pode ser visto pelo gráfico da Figura 23.



Figura 23 - Índice global em função do número de participantes

No gráfico da Figura 23, observamos que a maioria das respostas dos professores está na parte positiva do gráfico, o que nos indica uma tendência valorativa para as respostas. Contudo, percebemos que a maioria das respostas tem valores baixos. Este tipo de resultado nos leva a crer que os professores possuem uma concepção ingênua sobre a história que levou às novas concepções de visão de mundo e o que cada teoria cosmológica propõe e resolve em relação à sua antecessora.

Qual professor teve respostas mais valorativas? O de Física ou o de Ciências? Para podermos chegar à esta resposta, será feita uma análise separada entre esses dois grupos de professores.

O gráfico da Figura 24 nos mostra o índice atitudinal dos professores de Física em relação a cada proposição.

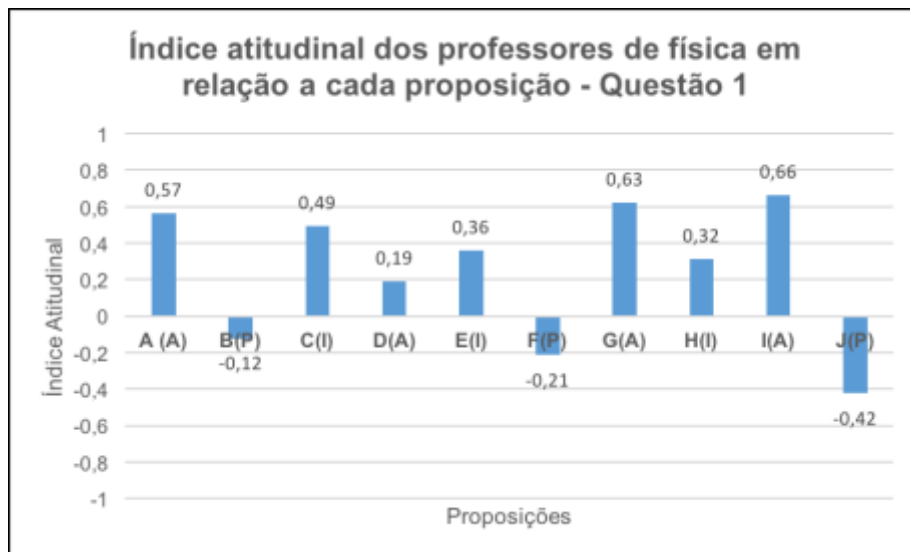


Figura 24 - Índice atitudinal dos professores de Física em relação às proposições

Já o gráfico da Figura 25 mostra o índice global dos professores de Física.



Figura 25 - Índice global dos professores de Física: questão 1

O índice global dos professores de Física registrou **0,21**. Este valor nos mostra que esses professores têm uma pontuação valorosa, já que o índice global é positivo e, no gráfico da Figura 25, a maioria das respostas se concentra na parte positiva do gráfico. Entretanto, observamos que este índice é baixo, já que

está longe de +1. Tal fato nos mostra que, de modo geral, os professores de Física, para a questão 1, possuem atitudes ingênuas.

Observando a Figura 24, o que notamos é que as três proposições ingênuas (C, E e H) estão com valores positivos, o que nos indica que os professores de Física tenderam a discordar dessas proposições, pois marcaram valores baixos na escala de valoração.

Lembremos que a proposição (h) é um problema clássico no ensino-aprendizagem da Astronomia, pois ainda existem muitas pessoas que acreditam que as estações do ano acontecem devido à aproximação ou ao afastamento da Terra ao Sol. Este resultado nos indica que os professores de Física, em geral, sabem que as estações não acontecem pelo motivo apresentado na proposição. Contudo, como o valor é baixo, isto também nos mostra que outros professores aceitaram parcialmente ou totalmente a proposição.

Outro ponto que merece nossa atenção são as três proposições plausíveis, ou seja, (b), (f) e (j), pois estão com índices negativos. Isto quer dizer que os professores não concordam muito com elas, apesar de não estarem totalmente corretas.

Com relação as proposições adequadas, (a), (d), (g) e (i), verificamos que elas são valorativas e com bons níveis atitudinais, mostrando que os professores de Física concordam com elas.

As duas figuras a seguir estão relacionadas aos professores de Ciências. A Figura 26 nos mostra o gráfico do índice atitudinal dos professores de Ciências em relação às proposições da Questão 1.

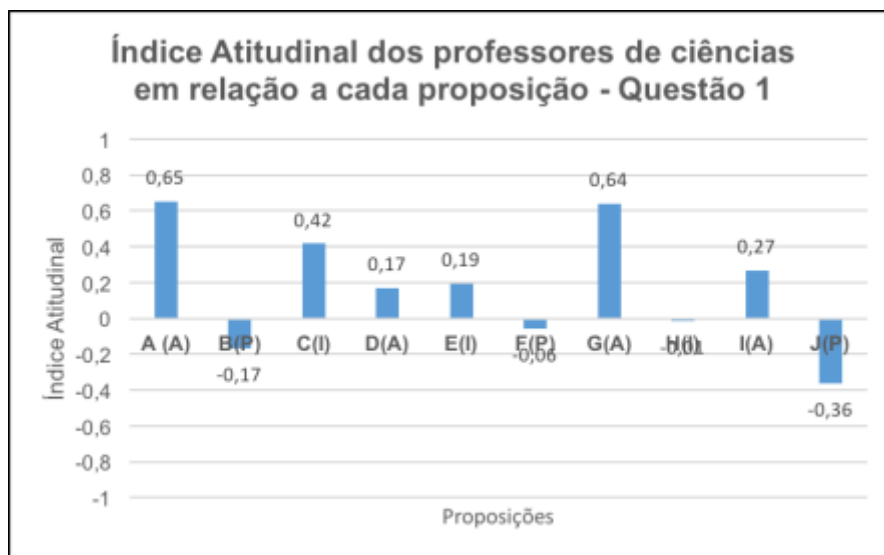


Figura 26 - Índice atitudinal dos professores de Ciências em relação à cada proposição

O gráfico da Figura 27 nos mostra o índice global para os professores de Ciências em relação a cada proposição.



Figura 27 - Índice global dos professores de Ciências: questão 1

O índice global dos professores de Ciências foi de **0,16**, indicando que eles têm uma atitude valorativa para com a questão 1, mas como o índice global está muito longe de +1, significa que eles possuem um comportamento ingênuo para com as proposições desta questão.

Observando a Figura 26, vemos que as proposições adequadas (a) e (g) foram bem pontuadas. Contudo, as proposições (d) e (i), tiveram pontuações pequenas, o que nos leva a crer que os professores de ciências não concordam muito com elas.

Em relação às proposições ingênuas, temos alguma diferença em relação aos professores de Física. As proposições (c) e (i) estão positivas, o que nos indica que os professores de Ciências marcaram pontos baixos na escala de valoração, mostrando que eles não concordam com essas proposições.

Contudo, a proposição (h) está com índice negativo, cujo valor é $-0,01$. Este valor, apesar de pequeno, designa que muitos professores de Ciências tendem a acreditar que as estações do ano acontecem devido ao formato elíptico da órbita terrestre. Neste quesito, os professores de Ciências possuem uma atitude bastante ingênua.

Em relação às proposições plausíveis, (b), (f) e (j), verificamos a mesma situação da dos professores de Física, mostrando que os de ciências discordam da proposição.

A seguir, apresentamos um gráfico com a comparação entre as respostas dos professores de Física e de Ciências sobre as proposições da questão 1.

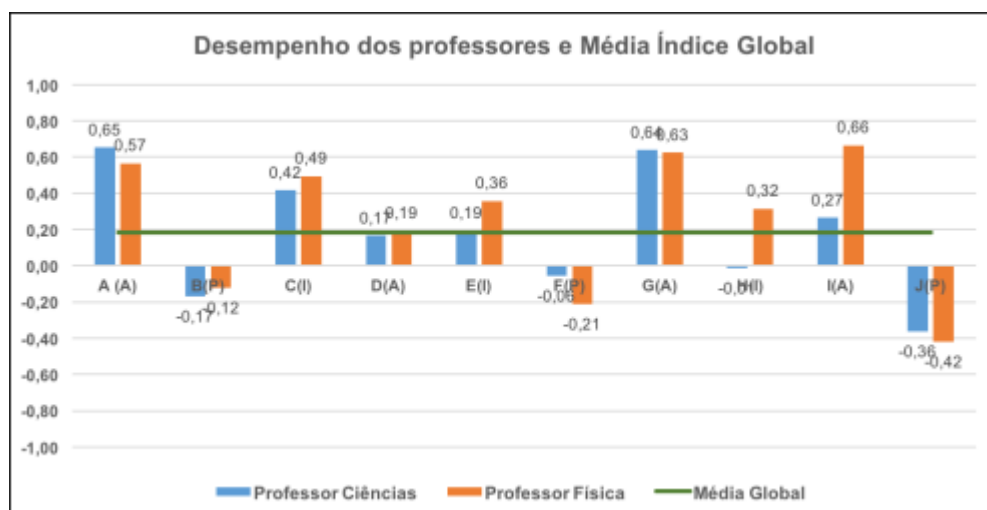


Figura 28 - Desempenho dos professores em cada proposição e Média do Índice global

O gráfico da Figura 28 nos traz, primeiramente, uma comparação das respostas das proposições dos professores de Física e de Ciências. Em segundo lugar, o gráfico nos apresenta a média global, cujo valor é de **0,18**, para se verificar o desempenho dos professores nas respostas das proposições em relação a esta média.

Inicialmente, vemos que algumas das respostas de certas proposições são muito parecidas, mesmo tendo uma boa diferença entre o número de professores que ministram aulas Física e o número dos professores que ministram Ciências. São 37 professores de Física e 19 de Ciências.

Observando a proposição (a) que é adequada, notamos que as respostas estão acima da média com uma ligeira vantagem para os professores de Ciências. Isso nos levar a crer que os professores de Ciências tendem a acreditar mais que o sistema dos gregos descreve aproximadamente os movimentos dos astros observados no céu a olho nu.

Observando a proposição (b) que é plausível, notamos que tanto os professores de Física quanto os de Ciências possuem uma atitude negativa, portanto, tendem a não concordarem que o sistema dos gregos explica o fenômeno do dia e da noite e o fenômeno das estações do ano. Os professores de Ciências têm uma atitude maior com essa questão que os professores de Física.

A proposição (c), que é ingênua, nos mostra que tanto os professores de Ciências quanto os de Física tendem a discordar dessa proposição com uma ligeira vantagem para os professores de Física. Ambas as formações estão acima da média.

Já a proposição (d), que é adequada, também possui resultados muito semelhantes entre os professores de Física e os de Ciências. Verificamos ainda que os resultados, praticamente, estão na média.

A proposição (e) é ingênua e possui índices atitudinais positivos e acima da média global. Isto nos indica que tanto os professores de Física quanto os de Ciências discordam dessa proposição o que está correto.

A proposição (f) é plausível, e nos mostra que os professores de Física e de Ciências possuem uma tendência em não concordarem com a afirmação

proposta. Os de Física tendem a não acreditar mais que os de Ciências, como fica evidenciado no gráfico.

A proposição (g) é adequada e ambos os professores tiveram índices atitudinais altos e bem acima da média global. Os professores de Ciências levam uma vantagem de um ponto acima dos de Física.

A proposição (h) é ingênua e é onde observamos a maior discrepância entre os professores de Física e de Ciências. Notamos que os professores de Física tendem a discordar dessa proposição, o que está correto. Contudo, os de Ciências tendem a concordar, indicando que eles possuem uma atitude ingênua para com essa proposição.

A proposição (i) é adequada e observamos que os professores de Física e de Ciências estão com médias acima da média global. Os professores de Física, entretanto, tiveram um desempenho um pouco melhor que os de Ciências.

A proposição (j) é plausível e ambas as formações tiveram novamente uma atitude negativa em relação a esta afirmação.

Em relação à média global das proposições, é possível verificarmos que os professores tiveram um desempenho positivo, apesar de a média global ter ficado bem abaixo de 1. Este fato nos mostra que os professores possuem certo entendimento sobre algumas das proposições. Entretanto, para outras, verificamos certa ingenuidade para com o entendimento delas.

A seguir, apresentamos um gráfico comparando o desempenho dos professores com relação às médias das três proposições referentes à questão 1. Este gráfico está apresentado na Figura 29 a seguir.

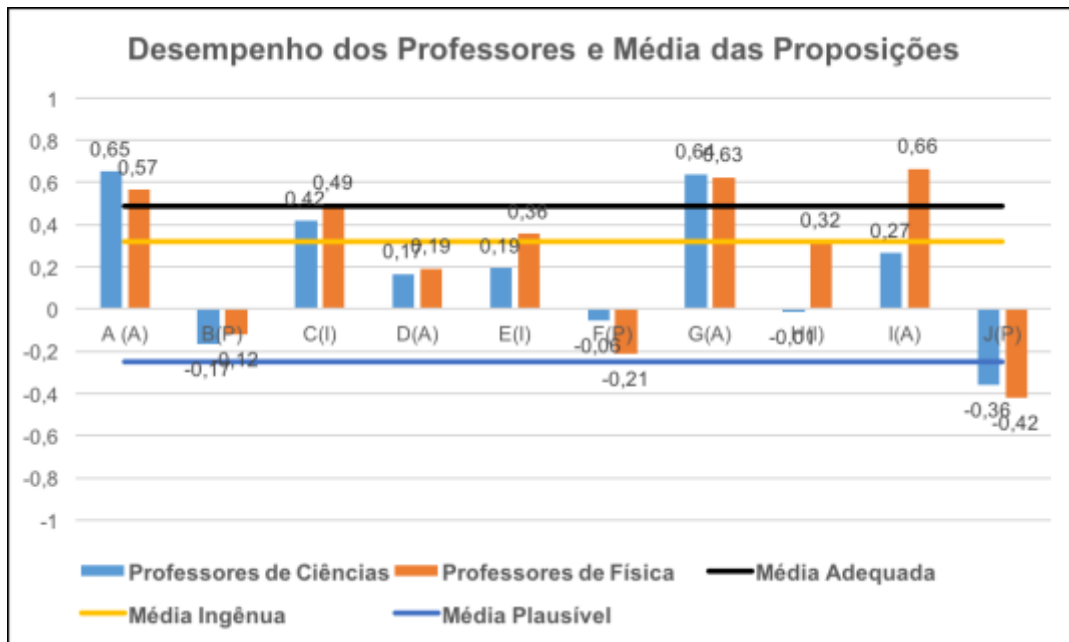


Figura 29 - Desempenho dos professores em cada proposição e média de cada proposição

Em relação à média das proposições adequadas, é possível verificarmos as seguintes situações. Primeiramente, para as alternativas (a) e (g), ambos os professores tiveram resultados maiores que a média indicando que eles possuem um bom conhecimento sobre o que afirmam estas duas questões. A proposição (d) ficou bem abaixo da média, tendo os professores resultados semelhantes. Tal fato evidencia que eles possuem visões ingênuas sobre ela. Na alternativa (i), observamos que somente os professores de Física tiveram um resultado maior que a média, mostrando que os de Ciências possuem um menor entendimento sobre o assunto.

A respeito da média das proposições ingênuas, observamos a seguinte situação.

Na proposição (c), verificamos que os professores de Física e de Ciências estão acima da média, o que tendem a considerá-la bastante ingênua. Os professores de Física acreditam mais que os de Ciências que o sistema dos gregos foi substituído pelo de Copérnico, pelo fato deste estar mais de acordo com as crenças religiosas da época.

Na proposição (e), novamente os professores de Física possuem um resultado pior sobre essa questão, pois eles estão acima da média. Eles, portanto, acreditam que o sistema de Copérnico descreve somente o movimento de translação da Terra.

Já a proposição (h), é a que possui a maior discrepância entre os professores de Ciências e de Física. Como já mencionamos, essa proposição apresenta um problema clássico do ensino-aprendizagem da Astronomia que é o fato das pessoas acreditarem que as estações do ano ocorrem devido a Terra estar mais próxima e mais distante do Sol. As respostas mostram que os professores de Física tendem a acreditar mais neste equívoco do que os de Ciências que tiveram uma atitude valorativa negativa, apesar de pequena.

Já as proposições plausíveis, que, recordando, são afirmações que não estão erradas, mas não estão totalmente corretas, nos mostram que os professores tendem a não aceitá-las, pois suas atitudes em relação às três proposições são negativas.

A média dessas proposições ficou alta devido à proposição (j) em que muitos professores consideraram-na não muito correta, tendo os professores de Física se destacado mais que os de ciências.

As outras duas proposições plausíveis, (b) e (f), ficaram abaixo da média, que nos mostram atitudes mais valorativas dos professores com elas. Na proposição (b) o destaque é para os professores de Física que tendem a aceitar que o sistema dos Gregos explica o fenômeno do dia e da noite e o fenômeno das estações do ano, mas que essa não é uma resposta totalmente correta. Já na proposição (f) são os professores de Ciências que tendem a uma atitude mais valorativa, indicando que eles concordam que o sistema de Copérnico descreve os movimentos de Mercúrio, Vênus e Terra, mas ainda estão faltando os planetas Marte, Júpiter e Saturno.

A seguir, faremos a análise da **Questão 2** do questionário.

O primeiro gráfico que apresentamos sobre a questão 2, nos mostra o índice atitudinal de todos os professores referente a cada proposição. Ele está representado na Figura 30 .

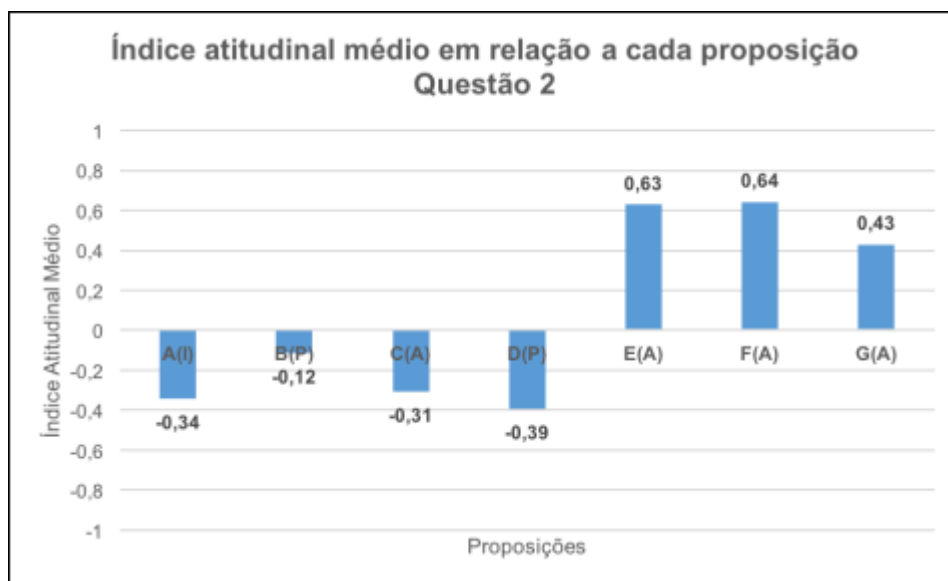


Figura 30 - Índice atitudinal dos professores em relação às proposições: questão 2

Ao observarmos o gráfico da Figura 30, vemos que ele segue o mesmo esquema dos gráficos anteriores da questão 1, ou seja, no eixo das abcissas estão as letras que representam cada proposição seguidas, entre parênteses, das letras que apresentam as iniciais das categorias Adequada, Plausível e Ingênua.

Em relação à proposição (a), que é ingênua, notamos que a média das respostas teve o valor de **-0,34**. Isto nos indica que, pela escala de valoração, os professores marcaram valores altos, ou seja, concordam com a afirmação. Sendo esta proposição ingênua, isto mostra que a maioria dos professores possui uma atitude ingênua para com ela. Vale lembrar que esta proposição diz que podemos afirmar aos alunos que o dia e a noite são provas do movimento de rotação da Terra e que as estações do ano são provas do movimento de translação da Terra.

Sobre a proposição (b), que é plausível, vemos que sua média é de **-0,12**. Tal resultado nos mostra que os professores expressaram valores muito altos ou muito baixos pela escala de valoração. O ideal seria que eles marcassem valores

médios indicando que entendem que essa proposição não está totalmente correta, mas expressa aspectos adequados. Isto evidencia uma atitude ingênua dos professores para com essa proposição que mostra que podemos explicar aos alunos que o “movimento de laçada” que os planetas descrevem no céu acontece porque a Terra está orbitando o Sol.

A proposição (c) é adequada e teve como média **-0,31**. Sendo essa proposição adequada e tendo como média um valor negativo, significa que os professores discordam dela, já que marcaram valores baixos na escala de valoração. Tal fato nos indica uma atitude ingênua de muitos professores para com essa proposição. A afirmação diz que observando o céu a olho nu, podemos dizer aos alunos que não há nenhum fenômeno que comprove que a Terra se move.

Observando a proposição (d), notamos que ela é plausível e teve como média **-0,39**. Novamente os professores expressaram uma atitude ingênua para com uma afirmação que expressa aspectos adequados, mas estão faltando informações para deixá-la totalmente adequada. Notamos, assim, que os professores marcaram valores ou muito altos ou muito baixos na escala valorativa para dar uma média negativa. Esta proposição diz que podemos ensinar aos alunos que o Sol nasce no leste e põe no oeste.

A proposição (e) é adequada e teve como média o valor **0,63**. Esta média nos indica que os professores marcaram valores altos na escala valorativa indicando que concordam com a afirmação, o que é uma atitude positiva. Esta proposição nos diz que é possível explicar para os alunos o dia e a noite a partir de um observador na superfície da Terra.

A proposição (f) é adequada e obteve como média **0,64**. Este valor revela que os professores concordam com a proposição, por este motivo marcaram valores altos na escala valorativa. A proposição diz que ao observarmos o céu, podemos afirmar aos alunos que um avião, um pássaro, a Lua e o Sol estão se movendo em relação a um observador parado na superfície da Terra.

A proposição (g) é adequada e teve como média **0,43**. Nesta proposição notamos que os professores novamente tendem a concordar com ela, pois

marcaram valores altos na escala valorativa. A proposição diz que é possível afirmar aos alunos que se estou sentado em um banco, estou parado em relação a uma pessoa que passa andando ao meu lado, porém, em relação às estrelas, estou em movimento.

É importante, agora, verificarmos qual foi o **índice global atitudinal** dos professores em relação a questão 2. Este índice foi de **-0,08**, tendo como valor máximo de pontuação para um professor 0,67 e como valor mínimo -0,67.

O gráfico do índice global atitudinal pode ser visto na Figura 31.



Figura 31 - Índice global em função do número de professores: questão 2

Ao observarmos o gráfico da Figura 31, notamos que a maior parte das respostas está na parte negativa, indicando que há uma tendência ingênua dos professores para com as respostas da questão 2. Isto pode ser confirmado pelo índice global atitudinal com o valor de -0,07.

Ao observarmos agora o gráfico da Figura 30, notamos que os maiores problemas estão nas alternativas (a), (b), (c), (d). Estas são questões, basicamente, sobre o conhecimento das provas dos movimentos terrestres e ao conhecimento da observação do céu em locais variados na superfície da Terra.

Notamos, também, que três proposições adequadas tiveram respostas razoáveis, (e), (f) e (g).

Quais professores, entretanto, se saíram melhor na questão 2?

A seguir, na Figura 32, notamos o índice atitudinal dos professores de Física em relação a cada proposição da questão 2.

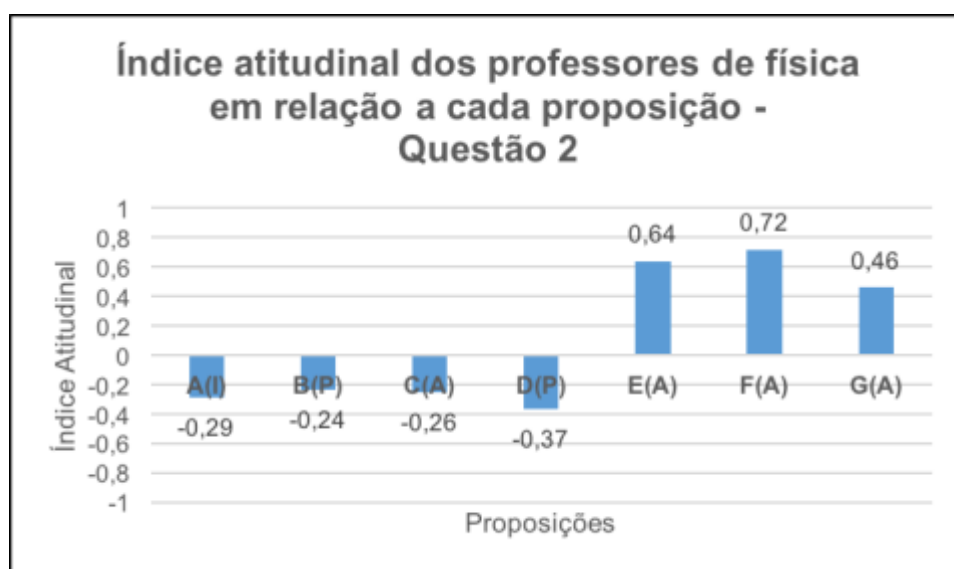


Figura 32 - Índice atitudinal dos professores de Física em relação à cada proposição: questão 2

Abaixo, na Figura 33, vemos o gráfico do índice global dos professores de Física em relação à questão 2.

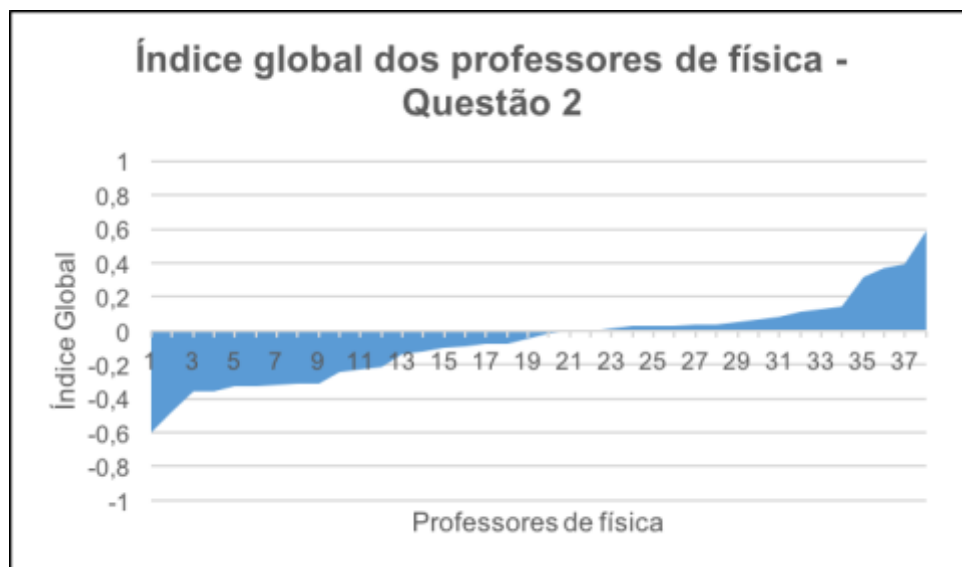


Figura 33 - Índice global dos professores de Física: questão 2

O índice global dos professores de Física é de **-0,08**. Este valor negativo nos mostra que estes professores tendem a uma atitude ingênua para com as proposições da questão 2, apesar de estarem próximos a uma neutralidade. Isto pode ser comprovado observando o gráfico da Figura 33 onde notamos que um pouco mais da metade das respostas está na parte negativa. O índice máximo atitudinal do professor de Física foi de 0,67 e o valor mínimo foi de -0,67.

Observando agora a Figura 32, notamos que das quatro proposições adequadas, somente uma possui um valor negativo, que é a proposição (c). Isto significa que os professores de Física discordam desta proposição que diz que não há nenhum fenômeno a olho nu na natureza que mostre que a Terra se move. Para os professores há fenômenos que mostram esse fato. Por outro lado, nas outras três proposições, (e), (f) e (g), vemos que eles concordam dando valores altos.

Quanto às duas proposições plausíveis, os professores de Física tenderam a dar ou valores altos ou valores baixos o que mostra uma atitude ingênua para com essas proposições.

Em relação à proposição ingênua, (a), notamos que ela possui um índice negativo, indicando que muitos dos professores de Física concordam com ela dando valores altos. Isto nos mostra uma atitude ingênua para com essa proposição.

A seguir, apresentamos a Figura 34 que corresponde ao índice atitudinal dos professores de Ciências em relação a cada proposição da questão 2.

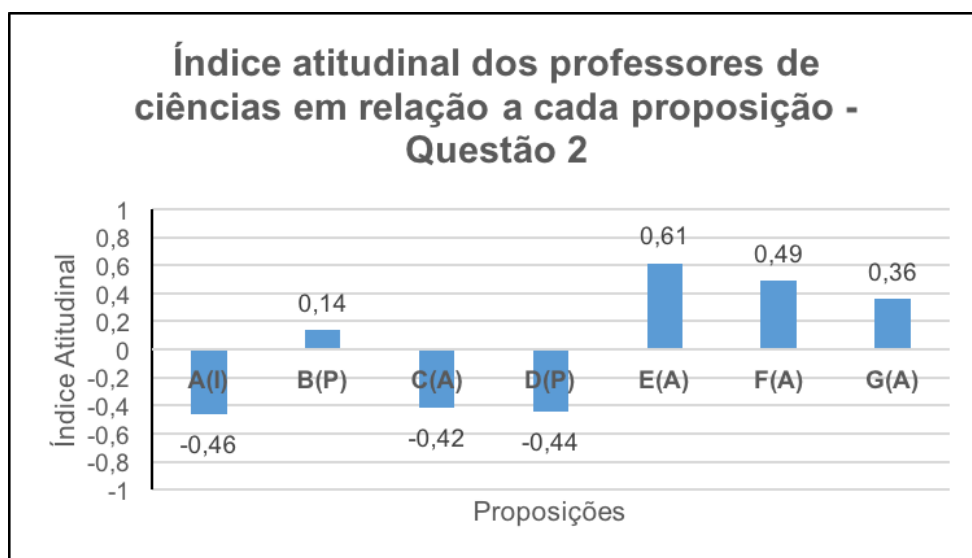


Figura 34 - Índice atitudinal dos professores de Ciências em relação às proposições: questão 2

Abaixo, na Figura 35, vemos o gráfico que representa o índice global dos professores de Ciências.

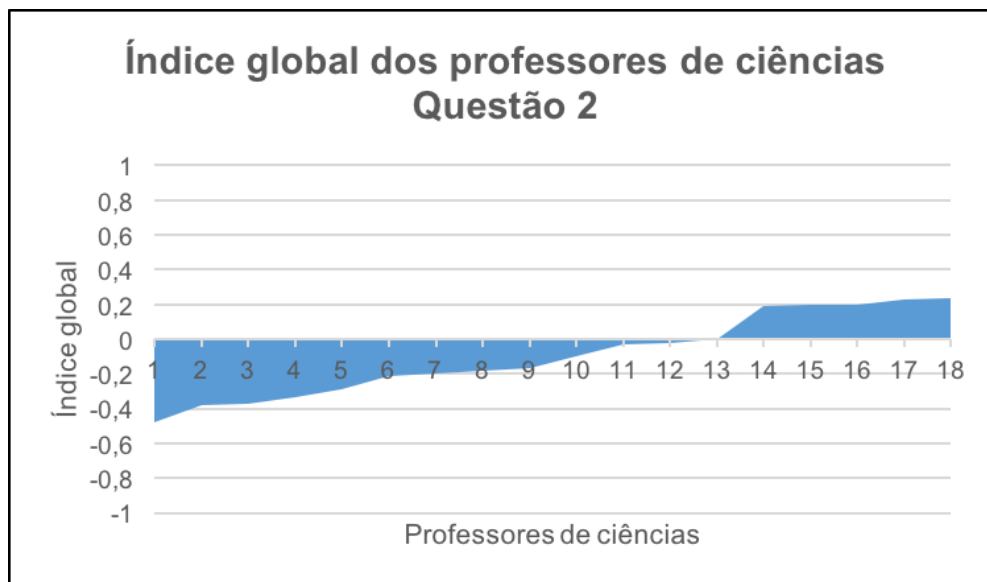


Figura 35 - Índice global dos professores de Ciências: questão 2

O índice global dos professores de Ciências foi **-0,12**, o que indica uma tendência ingênua desses professores para com a questão 2. O maior índice de um professor de Ciências foi de 0,24 e o menor de -0,48. O gráfico da Figura 34 nos mostra justamente que a maioria das respostas destes professores está na parte negativa, indicando uma tendência ingênua deles para com as proposições.

Observando o gráfico da Figura 34, mais especificamente as proposições adequadas, notamos que elas são semelhantes as dos professores de Física. Com exceção da proposição (c), todas as outras quatro, (e), (f) e (g), estão na região positiva do gráfico mostrando que os professores de Ciências concordam com elas. A proposição (c), todavia, mostra um resultado negativo, o que evidencia que esses professores discordam dela, demonstrando uma atitude negativa.

Em relação as proposições plausíveis (b) e (d), vemos que os professores de Ciências também tendem a ter uma atitude ingênua para com elas, já que elas possuem valores atitudinais altos ou baixos.

Em relação à proposição ingênua (a), notamos que ela possui um índice negativo, o que nos evidencia uma atitude ingênua dos professores para com ela.

A seguir, na Figura 36, está a comparação do desempenho entre os professores de Física e de Ciências, mais a comparação de desempenhos desses professores com relação à média global.

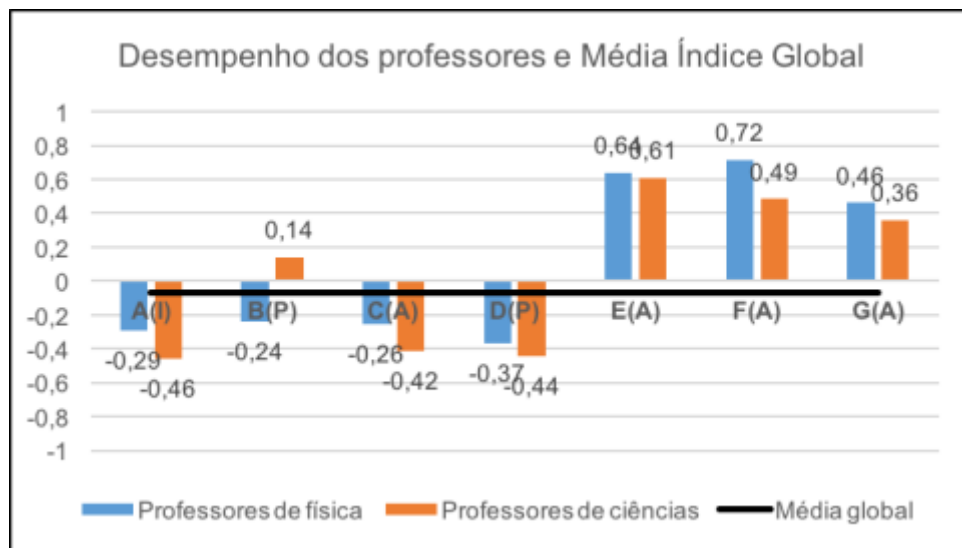


Figura 36 - Comparação das respostas dos professores e média do índice global

A Figura 36, nos mostra uma comparação de desempenho dos professores de Física e de Ciências juntamente com a média global, cujo valor é de **-0,08**.

Observando ainda a Figura 36, notamos que os professores de Física e de Ciências tiveram resultados semelhantes em quase todas as proposições.

Na proposição (a) que é ingênua, vemos que o resultado das respostas dos professores está acima da média geral em sentido negativo. Notamos que os professores de Ciências tendem a aceitar mais o dia e a noite e as estações do ano como provas dos movimentos de rotação e de translação da Terra respectivamente.

Em relação à alternativa (b) que é plausível, vemos que ambos os professores deram respostas que parecem se contradizer, mas que refletem o mesmo resultado, ou seja, são ingênuas. Ambas as respostas estão acima da média, mas em sentidos opostos. Os de Física tendem a ter uma visão um pouco mais ingênua sobre o fato de se poder explicar para o aluno que o movimento de laçada dos planetas acontece devido somente ao movimento de translação da Terra.

Sobre a alternativa (c) que é adequada, notamos que ambos os professores discordam dela, pois deram respostas com valores baixos, mostrando uma tendência ingênua. Os professores de Física e de Ciências estão com resultados bem abaixo da média geral, mas os de Ciências tendem a discordar mais desta proposição que diz que é possível se ensinar que não há fenômeno visto a olho que comprove que a Terra se move no espaço.

Na proposição (d) que é plausível, vemos uma tendência ingênua maior dos professores de Ciências. Aqui notamos que ambos os professores estão abaixo da média. Esta proposição diz que é possível ensinar que o Sol nasce no leste e se põe no oeste.

A proposição (e) que é adequada nos mostra que os professores estão bem acima da média, portanto, possuem uma atitude positiva. Os professores de Física se saíram um pouco melhor. Esta proposição diz que é possível se explicar o dia e a noite a partir da superfície da Terra.

A proposição (f), que é também adequada, nos indica uma atitude positiva, pois ambos os professores estão bem acima da média. Os de Física se saíram melhor nesta proposição que diz que um avião, um pássaro, a Lua e o Sol estão se movendo em relação a um observador na superfície da Terra.

A proposição (g), que igualmente é adequada, nos mostra que os professores tiveram uma atitude positiva, pois estão acima da média. Ambos os professores concordam que uma pessoa sentada em um banco está parada em relação outra que passa andando, mas está em movimento em relação às estrelas.

A seguir, apresentamos o desempenho de cada professor em relação às médias de cada proposição.

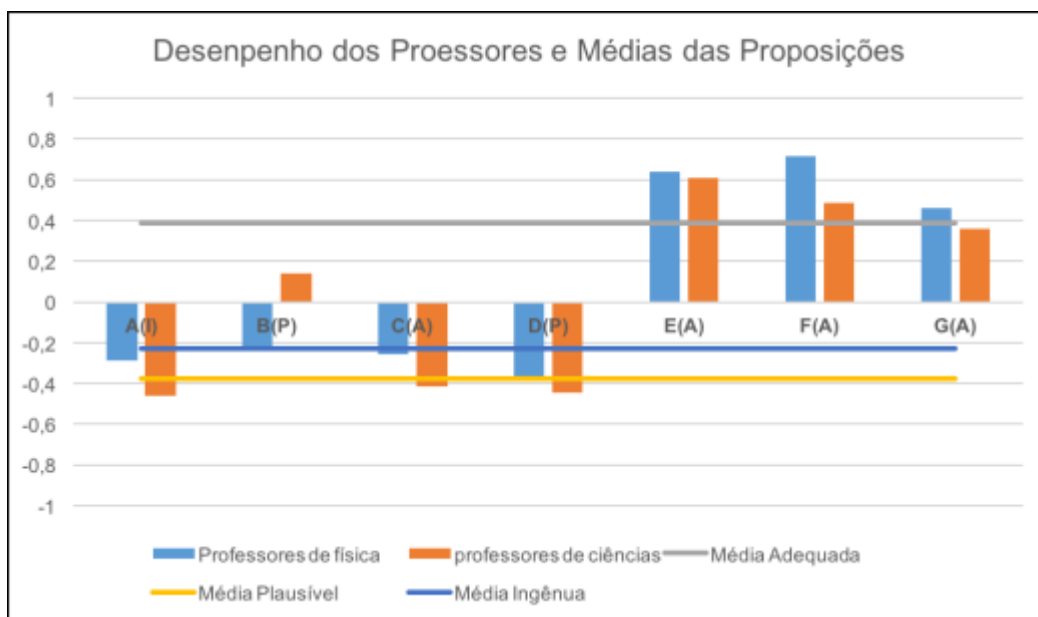


Figura 37 - Desempenho dos professores e média das proposições

Observando a Figura 37, notamos o desempenho entre os professores de Física e de Ciências com relação às médias das proposições.

Em relação às proposições adequadas, vemos que ambos os professores estão abaixo da média na proposição (c). Na proposição (e) ambos os professores estão acima da média, assim como na proposição (f). Já na proposição (g), os professores de Física estão um pouco acima e os de Ciências um pouco abaixo.

Sobre as proposições plausíveis, vemos que na proposição (b) os professores de Física estão praticamente na média e os de Ciências estão muito distantes. Na proposição (d), ambos estão acima da média, o que, neste caso, em nenhum dos resultados pode ser considerado positivo.

Na proposição ingênua (a), notamos que ambos os professores estão acima da média, mas no sentido negativo. Os professores de Ciências se destacam negativamente.

4.1.3.Terceira parte do questionário

Nesta última parte do questionário, solicitamos que o professor se expressasse sobre como ensina os movimentos da Terra, se tem o hábito de

observar o céu e acompanhar fenômenos astronômicos e se há comentários pertinentes que não foram contemplados nas questões anteriores.

Primeiramente na questão 3, é solicitado ao professor se expressar em como ensina os movimentos da Terra para seus alunos.

Houve a participação de 39 professores nesta questão, sendo que cada um apresentou mais de uma maneira para mostrar como ensina os movimentos da Terra em sala de aula.

Diante deste fato, serão criadas algumas categorias para representar as maneiras mais citadas.

Tabela 15 - Materiais utilizados para ensinar os movimentos da Terra

Categorias	Frequência de citações
Vídeos	10
Maquetes	7
Observação do céu	6
Observação da sombra	6
Programas de Astronomia	6
Globo da Terra	4
Teatro com alunos	4
Bolas de isopor	2
Lousa	1
Desenhando elipse no chão	1

Na categoria ‘vídeos’, os professores expressaram que utilizam vídeos de Astronomia para auxiliar na aula sobre os movimentos da Terra, mas não especificaram o nome de algum vídeo em especial.

Na categoria ‘maquete’, a maioria dos professores diz utilizar o telúrio para ensinar os movimentos da Terra. Houve 3 respostas somente maquete.

Na categoria ‘observação do céu’, muitos somente colocaram genericamente observação céu, mas houve dois professores que colocaram observação do Sol.

Na categoria ‘observação da sombra’, quatro explanaram utilizar a sombra do gnômon, e o restante somente observação da sombra.

Na categoria ‘programas de Astronomia’, 3 professores citaram o Stellarium e os outros falaram de forma genérica que utilizam softwares astronômicos.

Na categoria ‘globo da Terra’, os professores mencionaram justamente utilizar o globo da Terra como modo de ensinar os movimentos terrestres, mas 2 disseram ainda utilizar uma lâmpada para simular o Sol.

Na categoria ‘teatro com alunos’, os professores disseram utilizar os próprios alunos simulando Sol e Terra para mostrar os movimentos terrestres.

Na categoria ‘bolas de isopor’, os professores disseram usá-las para trabalhar esse tema da Astronomia.

Por último, com somente 1 resposta a lousa e a representação de uma elipse no chão para mostrar os movimentos da Terra.

Na questão número 4, foi solicitado aos professores que se manifestassem se tinham o hábito de acompanhar algum fenômeno astronômico a olho nu ou com telescópio.

Como as respostas foram várias, aqui, novamente, as respostas serão agrupadas em categorias para melhor visualiza-las.

Tabela 16 - Astros que mais os professores observam no céu

Categoria	Frequência
Lua	30
Chuva de meteoros	12
Planetas	12
Estrelas	11
Sol	7
Cometas	3
Não tem o hábito de observar	3

Cabe dizer neste momento que na categoria ‘Lua’, os professores se referiam às fases da Lua, eclipses e somente Lua.

Na categoria ‘estrelas’, entra não somente estrela, mas também constelações com sete professores.

Na categoria ‘Sol’, dois professores disseram observar as manchas solares, três disseram acompanhar o nascer e o pôr do Sol e os outros dois os movimentos do Sol.

Nas outras categorias, os professores somente disseram observar os planetas, os cometas etc.

No quadro acima não estão computadas as respostas que apareceram somente uma vez, como observar a Via Láctea, astros, deep sky, trânsito de Mercúrio, visita ao observatório, olho nu.

Por último, no questionário, há um espaço em que o professor é convidado a colocar algum comentário adicional sobre o tema.

Há 18 repostas. Tirando comentários do tipo “não”, “desejo sucesso em sua pesquisa”, há alguns outros que merecem ser destacados, pois estão relacionados ao tema desta pesquisa que envolve a educação astronômica. São eles:

- *“Com muita certeza a Astronomia deveria fazer parte obrigatória do currículo regular de todas as escolas”;*
- *“A minha monografia é a interdisciplinaridade com a Astronomia, pois é um assunto encantador para a grande maioria dos alunos e ela pode estar incluída em todas as disciplinas do ensino médio”;*
- *“Os estudos sobre as ciências celestes não podem ficar restritas aos momentos que o pesquisador conquista seu título, deve além disso, atravessar todas as pontes e chegar até as escolas de todos os níveis, especialmente as escolas públicas e seus professores. Mais ainda, as pesquisas deveriam focar mais em nas propostas de atividades do que em diagnósticos, pois já sabemos muito como está. Precisamos melhorar o ensino”;*
- *“Acho muito válido com alunos trabalhar mitos e verdades na Astronomia... através das curiosidades é possível trabalhar diversos temas... discutindo suas comprovações”;*

- *“Seria interessante ensinar Física através da História da Ciência, iniciando pelo estudo da Astronomia que abrangesse toda a Antiguidade e de como foi a evolução do pensamento humano sobre o universo”.*

O que percebemos dos comentários dos professores é a consciência que eles parecem ter do papel que a Astronomia pode desempenhar no cenário educacional.

Um dos comentários acima, entretanto, merece destaque. Trata-se daquele em que é dito que as pesquisas não devem ficar restritas no âmbito acadêmico como diagnósticos, mas chegar às escolas públicas e aos professores, oferecendo exercícios e atividades para que possam ser desenvolvidos em sala de aula.

4.1.4. Análise final dos questionários

De tudo posto até o momento, é possível traçarmos um parâmetro dos professores que responderam o questionário para esta pesquisa.

A maioria é jovem, na faixa de 21 a 50 anos com média de 40 anos aproximadamente com predominância para o sexo masculino com 61%.

Mais da metade, 54%, é professor de Física, mas têm-se 30% de professores de ciências.

A grande maioria dos professores se formou entre 2000 e 2015, mas disseram que a Astronomia não foi contemplada no currículo dos cursos que fizeram. Contudo, eles procuraram fazer curso para complementar o conhecimento astronômico, pois 54% afirmaram ter feito algum curso de Astronomia após o término da graduação.

A participação de um professor na Olimpíada de Astronomia e Astronáutica é um fator positivo para se aperfeiçoarem nesse conhecimento, pois necessitam ler e estudar temas da Astronomia para ajudarem os alunos a se saírem bem nas provas, mas a grande maioria, 61%, disse não participar da OBA. Dos que disseram participar, a maioria se envolveu entre 1 e 3 anos apenas na olimpíada.

A escola pública é a principal onde os professores participantes atuam, com 61% deles dizendo fazer parte, sendo que 59% ministram aula de física e 32% aula de ciências. Nas aulas que ministram, os professores que dizem ensinar tópicos de Astronomia totalizam 77%. A disciplina que o professor diz ensinar Astronomia é em Física, 45%, e em Ciências, também 45%.

Notamos do professor participante que os tópicos de Astronomia que ministram estão bastante diluídos entre o 5º ano do ensino fundamental e o 3º ano do ensino médio, mas com predominância para o 6º ano do fundamental e o 1º do médio.

Isto tem razão de ser, pois é no 6º ano que, geralmente, os autores de livros didáticos de ciências apresentam o tema Astronomia no interior do tópico Terra e Universo. No segundo caso, segundo Simões (2008), que analisou livros didáticos de Física do Ensino Médio, o tema Astronomia irá aparecer em três âmbitos: em enxertos ao longo do texto acompanhando o tema da Física, em exercícios e no tema gravitação. Ainda de acordo com Simões (2008, p.88), “na gravitação constatamos a existência de uma estrutura básica que se acha presente em todas as obras, constituindo para algumas delas, a única abordagem dada a esse conteúdo (de Astronomia).

A resposta anterior se torna coerente quando perguntamos ao professor quais os temas que ele trabalha Astronomia. Muitos disseram trabalhar questões relativas ao movimento (da Terra, do Sol, Lua, astros em geral), ao Sistema Solar, à Astrofísica, à Cosmologia que são temas trabalhados no 6º do fundamental e no 1º ano do médio no tema gravitação.

Quanto ao material que os professores utilizam para ministrar os temas da Astronomia, o livro se destaca, como deveria ser, já que muitos professores os têm como único material para ensinar e preparar suas aulas. Por outro lado, notamos que as tecnologias estão presentes nas respostas para ensinar a Astronomia, pois há professores que utilizam vídeos e softwares para este fim.

Sabemos que estas novas tecnologias, se bem trabalhadas, podem contribuir significativamente para o ensino de Astronomia, já que há inúmeros

fenômenos astronômicos importantes que levam dias, semanas, meses e anos para ocorrerem, além de difíceis de serem observados.

O uso de tecnologias para o ensino de ciências está indicado nos próprios Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental. Lá se lê que um dos objetivos do Ensino Fundamental é que os alunos sejam capazes “de saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológico para adquirir e construir conhecimentos” (BRASIL, 1997, p.69).

Quando vemos que os professores, pelo menos alguns deles, utilizam vídeos para ensinar Astronomia, notamos que há uma preocupação com essas novas ferramentas de ensino, pois “a utilização do vídeo gera uma forma diferenciada de aprendizagem estimulando a quem assiste devido ao dinamismo, possibilitando a recriação de formas inusitadas de vivência dentro ou fora do local de ensino (VASCONCELOS; LEÃO, 2009, p.2).

O mesmo pode ser verificado quando se observa que há professores que utilizam softwares para ensinar Astronomia. Este outro tipo de ferramenta educacional tem uma função importante no ensino de ciências, já que, como diz Jucá (2006, p.27), “a principal função destas ferramentas computacionais didáticas não é substituir a figura do professor, mas sim, auxiliá-lo na mediação de processo de ensino-aprendizagem, tanto em disciplinas específicas, como também, estimular os alunos a interagir com os recursos provenientes do avanço tecnológico e do mundo globalizado”. No caso da Astronomia, o que observamos é que o principal software utilizado pelos professores para ensinar Astronomia é o Stellarium.

O que verificamos do exposto acima, é que poucos são os professores que desenvolvem atividades práticas de observação do céu. Somente 6 disseram utilizar o telescópio e 4 disseram fazer observação do céu de maneira genérica. Ou seja, não há um estímulo dos professores para a observação direta do céu da natureza. Os professores, para o ensino da ciência astronômica, se limitam a utilizar ferramentas como softwares, livros, maquete e bola de isopor.

O que apresentamos acima se reflete nas respostas dadas pelo professor participante sobre os tipos de materiais que utiliza para ensinar os movimentos da Terra.

Notamos que os professores citam vídeos, maquetes, programas de Astronomia, teatro com alunos, bolas de isopor, lousa etc. Somente 12 professores disseram fazer observação da sombra (que se pode deduzir como a observação do movimento e do comprimento da sombra de um objeto durante o dia) e observação do céu. Poucos são os que estimulam os alunos para a observação direta do firmamento.

Tudo isso tem motivo de ser, já que os professores não têm muito o hábito de observar o céu, e quando o fazem, é para observar, principalmente, as fases e eclipses da Lua e chuva de meteoros. Há aqueles que até dizem observar planetas, mas pode-se deduzir que seja simplesmente observar o planeta através de telescópio ou a olho nu, sem uma preocupação mais profunda com um conhecimento. Em suma, é uma observação, por parte dos professores, de contemplação celeste por prazer, não por busca de conhecimento.

Apesar de tudo, percebemos que os professores acreditam que a Astronomia é uma disciplina importante para o ensino de Ciências como já foi mostrado anteriormente.

Com relação às proposições das questões 1 e 2, notamos certa ingenuidade para com algumas delas e grande ingenuidade para com outras. Mesmo nas proposições que acabaram tendo um resultado de certo modo valorativo, notamos que muitos professores tiveram baixos índices já que não se aproximaram de 1, que seria o maior índice valorativo. Estes resultados indicam que há problemas no conhecimento de certos conceitos, de fatos históricos e de observação do céu.

Ao observarmos as médias das proposições da questão 1 (adequada = 0,49; plausível = -0,25; ingênua = 0,32; **total = 0,18**) e da questão 2 (adequada = 0,35; plausível = -0,25; ingênua = -0,34; **total = -0,08**) lembrando que quando mais perto de 1, mais valorativa é a proposição e a média geral, vemos que há muitas questões que necessitam ser revistas.

Percebemos que os professores de Ciências com média global = 0,16 da questão 1 e média global = -0,12 da questão 2 estão em uma situação pior que os professores de Física com média global = 0,21 da questão 1 e com média global = -0,07 da questão 2. Este resultado tem até motivo de ser, já que os professores que ministram Ciências no Ensino Fundamental, como mostramos em momento anterior, são geralmente professores formados em Biologia e em Ciências Biológicas que não tiveram Astronomia no currículo.

Na questão 01, apesar das proposições serem de cunho histórico, elas refletem um certo conhecimento básico que os professores de Ciências (e os de Física também) deveriam ter já que são temas que estão diretamente presentes nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental quando se estuda a Terra e seus movimentos e os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

A proposição (h), que é ingênua, devemos lembrar, mostrou que ainda se faz presente um dos grandes problemas do ensino e da aprendizagem da Astronomia, que é o da órbita elíptica da Terra que muitos acreditam que é o que causam as estações do ano. Verificamos que os professores de Física são os que têm concepções alternativas sobre esse assunto

Na questão 2, observamos a mesma situação de preocupação, pois são proposições que refletem um conhecimento básico que os professores de Ciências e de Física deveriam ter para poderem trabalhar em sala de aula questões básicas sobre os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano, de observação do céu e de referencial.

Nesta questão destacamos a questão de os professores desconhecerem as provas dos movimentos da Terra, pois dizem que o dia e a noite e as estações do ano são provas da movimentação terrestre.

Destacamos, ainda, a questão do referencial, que os professores de Física, em princípio, deveriam ter uma boa noção, por ser um tema que é apresentado logo no início da graduação. No entanto, notamos que, apesar de terem números valorativos acima da média, ainda há certa ingenuidade desses professores sobre esse tema.

De modo geral, notamos que os professores possuem grandes dificuldades para com alguns temas da Astronomia que são tratados em sala de aula, temas que estão voltados diretamente aos fenômenos do dia a dia das pessoas.

4.2. Análise das coleções de ciências

4.2.1. Coleção Construindo Consciências: ciências

A coleção *Construindo Consciências: Ciências* da editora Scipione é uma produção da Apec (Ação e Pesquisa em Educação em Ciências). Essa coleção, listada no PNLD de 2008, tem como responsáveis vários profissionais das áreas das ciências naturais: Carmem Maria de Caro (Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas), Helder de Figueiredo e Paula (Licenciado em Física), Mairy Barbosa L. dos Santos (Licenciada e Bacharel em História Natural), Maria Emília Caixeta de Castro Lima (Licenciada em Química), Nilma Soares da Silva (Licenciada em Química), Orlando Aguiar Jr. (Licenciado em Física), Ruth Schmitz de Castro (Licenciada e Bacharel em Física), Selma A. de Moura Braga (Licenciada em Ciências – História Natural).

A Astronomia na coleção *Construindo Consciências: ciências* está no volume 1 do 6º ano. Neste volume a ciência astronômica está na unidade 4 que é dividida em dois capítulos: Capítulo 1: Vivendo sobre uma Terra; e Capítulo 2: A Terra e o céu em movimento.

As questões que desejamos avaliar estão no Capítulo 2. Neste capítulo, há o tópico “A Terra se move e nós nos movemos sobre ela”. Os autores iniciam este tópico afirmando que todos os dias o Sol nasce de um lado do horizonte e se põe do outro lado. Segundo os autores, “essa experiência, assim como o fato de que não sentimos a Terra se mover, sugere a ideia de que nosso planeta está em repouso no centro do Universo” (Apec, 2008, p.263). Em seguida lemos que os filósofos e astrônomos acreditavam que a Terra era o centro do universo e que tudo girava em torno dela, “mas, será possível explicar, de uma outra maneira, o movimento aparente do Sol no céu? (*ibidem*, 2008, p.263).

Em um parágrafo bem curto, os autores dizem que Aristarco sugeriu que a Terra era que girava e não o Sol, e séculos mais tarde, Copérnico desenvolveu a teoria de Aristarco. Mais à frente lemos que “para seguir o raciocínio de Copérnico, temos de imaginar que não é o Sol que se move, mas é a Terra que gira, movendo tudo o que está em sua superfície em direção ao nascente”. (*ibidem*, 2008, p.263).

Neste momento, vemos no texto a seguinte figura para ilustrar a afirmação apresentada acima.

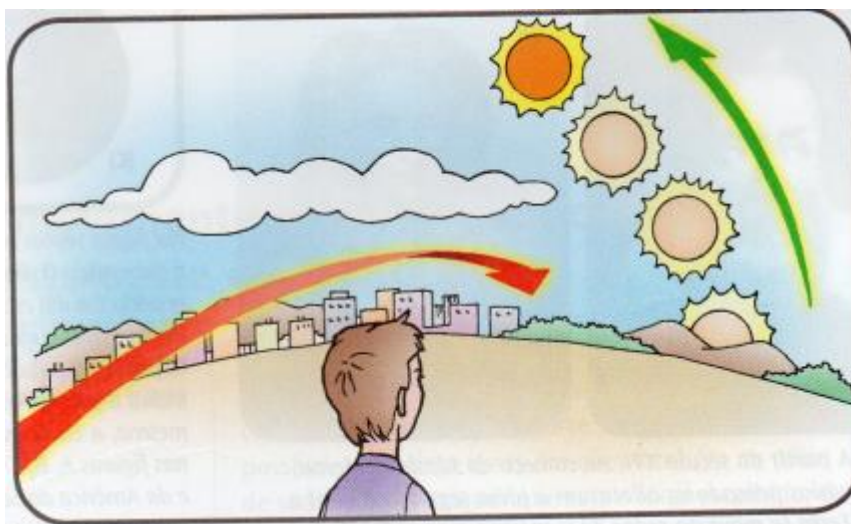


Figura 38 - Imagem da consequência do movimento de rotação da Terra

Fonte: Apec, 2008, p.263

Continuando, os autores dizem que Copérnico, para justificar sua teoria, pensou da seguinte forma: “como poderia o Sol, muito maior do que a Terra, girar em torno do nosso pequeno planeta? Não seria mais razoável que a própria Terra se movesse em torno do Sol e em torno de si mesma?” (*ibidem*, 2008, p.264).

Neste momento, notamos o seguinte parágrafo:

Certamente a formação dos dias e das noites pode ser explicada com base na suposição de que o Sol gira em torno da Terra, descrevendo um arco no céu durante o dia e se escondendo sob o horizonte durante a noite. Neste período o Sol estaria iluminando a outra face da Terra. Há outra explicação possível aceita e utilizada

nas ciências atualmente. Esta explicação tem como base a suposição de que o Sol se mantém praticamente imóvel no espaço sideral, ao longo de um dia, enquanto que a Terra gira sobre seu próprio eixo (APEC, 2008, p.264).

Para completar o texto sobre a nova forma de se visualizar os fenômenos vistos no céu, os autores apresentam a seguinte figura:

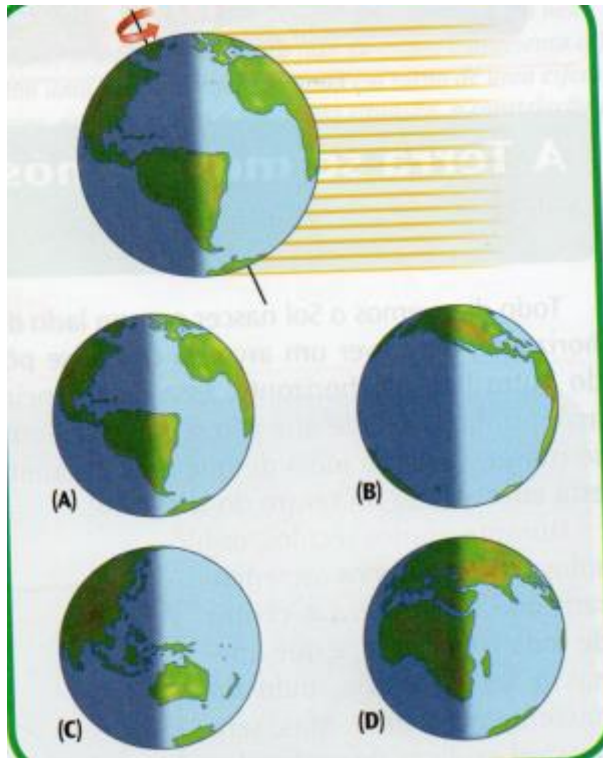


Figura 39 - Imagem mostrando o fenômeno do dia e da noite com a Terra em movimento

Fonte: Construindo Consciências: ciências

Mais à frente, é trabalhada a questão apresentada acima, só que para os objetos celestes noturnos. Este tema está no tópico da página 270 “A rotação da Terra e o céu noturno”.

Escrevem os autores que “ao observar um mesmo grupo de estrelas durante uma noite, vemos que esses astros se movem juntos no céu, em uma mesma direção” (*ibidem*, 2008, p.270). Neste momento, são apresentadas duas figuras: uma mostrando o movimento do céu durante a noite através de uma composição de imagens do Cruzeiro do Sul, e outra que é um desenho que mostra a consequência do movimento da Terra na visão do céu noturno.

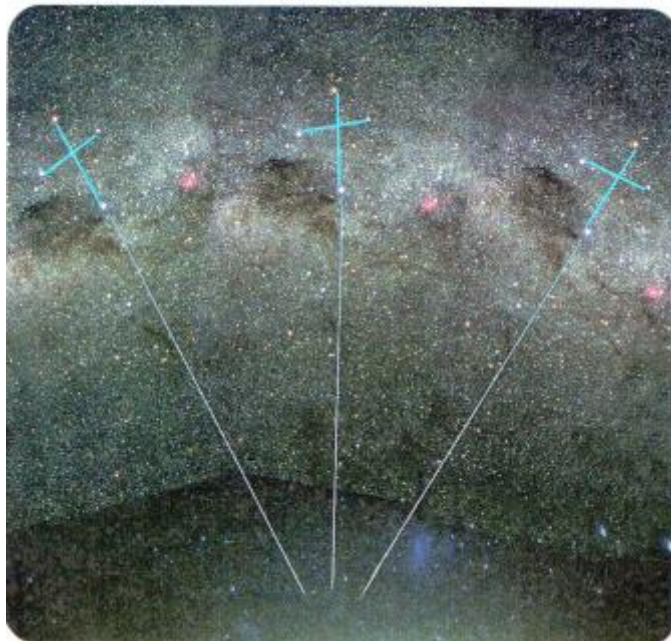


Figura 40 - Cruzeiro do Sul em horários diferentes

Fonte: Construindo consciências: ciências



Figura 41 - Consequência do movimento da Terra no céu noturno

Fonte: Construindo Consciências: ciências

Do que foi apresentado acima, notamos a preocupação dos autores da coleção com a questão do referencial no sentido de mostrarem que os fenômenos celestes podem ser interpretados adotando-se a Terra imóvel e com movimentos. Trabalharam ainda a questão histórica mostrando como eram interpretados os fenômenos em diferentes períodos da história e citaram alguns dos principais pensadores que ajudaram a moldar novas interpretações da realidade celeste.

Vemos também a preocupação dos autores em estimular a observação celeste para obter informações de como entender os fenômenos.

4.2.2.Coleção Ciências: Atitude & Cotidiano

A coleção Ciências: Atitude & Cotidiano, da editora FTD, listada no PNLD de 2008, é composta de quatro volumes sendo que a Astronomia está no primeiro que é destinado para alunos do 6º ano do ensino fundamental.

Os autores da coleção são: José Trivellato (Licenciado em Ciências Biológicas), Silvia Trivellato (Licenciada em Ciências Biológicas), Marcelo Motokane (Licenciado em Ciências Biológicas), Júlio Foschini Lisboa (Licenciado em Química) e Calos Kantor (Bacharel em Meteorologia e Licenciado em Física).

A Astronomia, no primeiro volume da coleção, está inserida na unidade 4 denominada 'Terra e Universo' composta de 4 capítulos.

No capítulo 17 'Localização e Orientação', os autores propõem a observação celeste a partir de noções de orientação utilizando o nascer e o poente do Sol durante o dia e o Cruzeiro do Sul no período noturno.

No capítulo 18 'Dia e Noite', Trivellato et al. (2008, p.202), logo abaixo do título, escrevem "como você explica a ocorrência do dia e da noite no lugar em que mora?"

Dizem os autores em um determinado parágrafo abaixo do título: "entre o amanhecer e o entardecer percebemos mudanças na posição do Sol que nos dão a impressão de que ele gira ao redor da Terra. Essa impressão é tão forte que a incorporamos até na maneira de nos expressarmos: "O Sol nasce atrás daquela montanha." / "O Sol passa pelo alto do céu ao meio-dia"" (TRIVELLATO, et al., 2008, p.202).

Para ilustrar o parágrafo acima, segue figura:



Figura 42 - Imagem mostrando a impressão que as pessoas possuem sobre o que se observa na natureza

Fonte: Trivellato et al. 2008, p.202

Na página seguinte, há uma caixa de texto que ocupa toda a página com o título 'É interessante ler: geocentrismo x heliocentrismo'. Neste texto, Trivellato et al. (2008) nos dizem que no passado se acreditava que o dia e a noite ocorriam

pelo fato do céu girar sobre a Terra que estava imóvel no centro do universo. Que, a partir de muitas observações, Ptolomeu propôs que a Terra realmente estava estática com todos os astros girando ao seu redor e que esta teoria recebeu o nome de teoria do universo geocêntrico.

Em seguida, Trivellato et al. (2008) nos mostram que por muito tempo se acreditou no geocentrismo até que Copérnico sugeriu que a Terra não estava no centro do universo, mas girava em torno do Sol, este sim no centro do universo. Esta nova representação ficou conhecida como teoria do universo heliocêntrico.

Após este relato, observamos que os autores propõem um 'Experimento em grupo' que chamam de 'Construindo um geódromo'. Este geódromo, como se verá na figura abaixo, nada mais é que um telúrio.

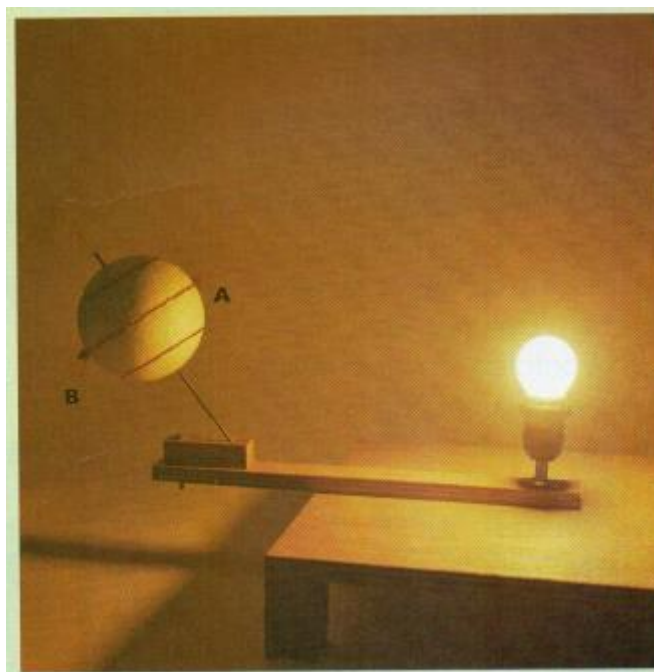


Figura 43 - Imagem de um geódromo

Fonte: Trivellato et al., 2008, p.

Com este instrumento, os autores nos mostram como ocorre o fenômeno do dia e da noite para pessoas localizadas em diferentes regiões da Terra e também trabalham a questão da duração diurna e noturna em épocas diferentes do ano.

O capítulo 19 é destinado às 'Estações do ano'. Logo no início, assim como no tópico sobre o dia e a noite, os autores fazem a pergunta “na região onde você mora, como são percebidas as estações do ano?” (TRIVELLATO et al., 2008, p.210).

Os autores irão trabalhar com a questão de como são percebidas as estações do ano através do clima, mostrando que em Nova York, por exemplo, têm-se as estações bem definidas, mas que, e em certas regiões Brasil, como o Nordeste, as estações não são percebidas como na cidade estadunidense.

Em certo momento, mais à frente, os autores iniciam um tópico chamado 'As causas das estações do ano'. Neste tópico, serão trabalhadas as causas das estações com o geódromo mostrando como a insolação (iluminação) solar atinge as diferentes regiões da Terra. Há desenhos, como a ilustração mostrada abaixo, para mostrar como a insolação solar ocorre em diferentes épocas e em diferentes regiões da Terra.

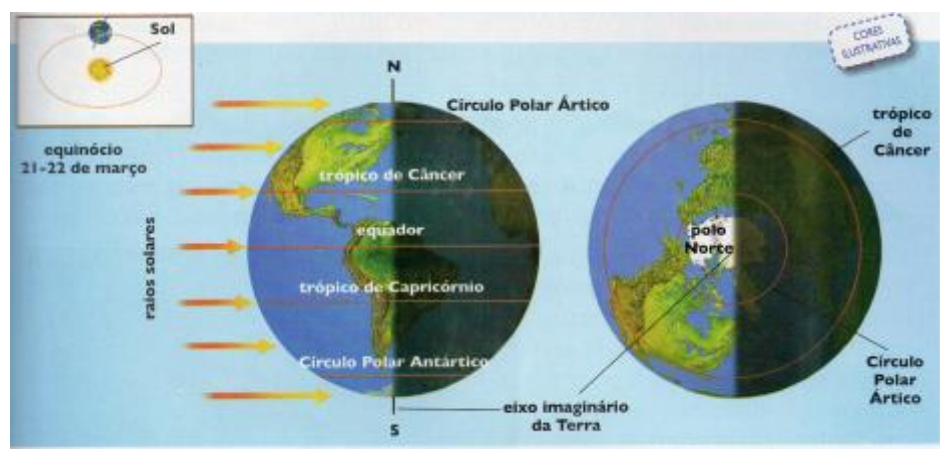


Figura 44 - Incidência da insolação solar em regiões diferentes da Terra em certa época do ano

Fonte: Trivellato et al. (2008, p.220).

Por fim, no capítulo 20, 'O movimento dos corpos celestes e as medidas de tempo', os autores trabalham a questão do calendário utilizando o movimento dos

objetos celestes. Para tanto, eles contam a história de Robson Crusoe que após um naufrágio ficou preso em uma ilha e tinha que contar os dias que ficou perdido. Para fazer as marcações, ele utilizava o calendário que conhecia e observava o movimento diário do Sol.

Mais adiante, Trivellato et al. (2008) nos indicam que a Lua também foi utilizada como um marcador de tempo no passado, assim como o Sol. A respeito do Sol, os autores escrevem que foi desenvolvido o relógio solar para ajudar a observar as horas, criando uma divisão do tempo.

Ao observarmos o que foi exposto acima, é possível notarmos algumas questões importantes. Os autores trabalham o texto de forma que a única maneira correta de se interpretar os fenômenos celestes é através da Terra se movimentar no espaço. Mesmo havendo no início do capítulo 18 uma explanação sobre o fenômeno do dia e da noite, em que se escreve que o que se observa na natureza é algo “forte”, o correto é sempre acreditar que é a Terra que gira e tudo o que se observa na paisagem celeste é uma consequência dessa movimentação.

No caso das estações do ano, acontece a mesma situação, ou seja, não há outra opção de se explicar esse fenômeno. Trivellato et al. (2008) nos deixam claro isso quando trabalham esses fenômenos somente utilizando o geódromo, sem fazer qualquer menção a como se interpretar a paisagem celeste a olho nu. Não há, portanto, nenhum trabalho com mudanças de perspectiva (referencial) com os alunos.

Não se verifica, em momento algum, a importância da observação do céu para a elaboração de teorias cosmológicas ao longo do tempo. Nem mesmo há qualquer estímulo para os alunos observarem o céu por algum tempo com o intuito deles próprios criarem possíveis teorias a respeito do que observam.

A história também não é explorada de forma contundente, e quando aparece, é somente como uma curiosidade para entrar em um determinado assunto.

4.2.3.Coleção Ciências: o planeta Terra

A coleção Ciências: o planeta Terra, da editora Ática, listada no PNLD de 2008, é de autoria de Fernando Gewandszajder (Licenciado em Biologia).

A referida coleção é composta de 4 volumes e a Astronomia está no volume 1 destinado ao 6º ano do ensino fundamental. No volume mencionado, a Astronomia aparece na unidade V – O Universo que é dividida em cinco capítulos.

Nas questões que dizem respeito a este trabalho, logo no início do capítulo 19 – Estrelas, Constelações e Galáxias, o autor faz referência para a importância da observação do céu na antiguidade, pois observando as estrelas, os antigos criaram as constelações que, com elas, “ficava mais fácil navegar (pois a orientação era feita pelas estrelas), definir as estações do ano e fazer calendários, por exemplo” (GEWANDSZNAJDER, 2009, p.197).

No início do capítulo 20 – O Sistema Solar, o autor inicia um tópico chamado ‘Planetas e estrelas’ em que diz que devido ao movimento da Terra a aparência do céu se modifica, pois, se vê constelações diferentes ao longo do ano. Neste momento, o autor apresenta uma figura com mapas do céu no período do inverno e do verão.

Neste momento há uma referência aos planetas que podem ser vistos no céu a olho nu, quando diz que “o movimento dos planetas é facilmente percebido: eles se movem com certa rapidez, tanto uns com relação aos outros quanto em relação ao fundo das estrelas. Em alguns casos os planetas mudam de posição em questão de horas” (GEWANDSZNAJDER, 2009, p.205). O autor ainda explana sobre a observação do brilho do planeta que varia durante o ano e é “fixo” enquanto que as estrelas parecem piscar, explana ainda sobre os cinco planetas que podem ser vistos a olho nu etc.

No tópico que vem a seguir, ‘O sistema solar’, o autor o inicia dizendo que “vistos da Terra, o Sol e os planetas passam, ao longo dos anos, sempre pela mesma faixa do céu, o Zodíaco. Isso porque as trajetórias dos planetas em torno do Sol – suas órbitas - estão todas aproximadamente no mesmo plano” (GEWANDSZNAJDER, 2009, p.206). Aqui o autor apresenta a seguinte figura:



Figura 45 - Imagem da órbita dos planetas

Fonte: Gewadsznajder, 2009, p. 206

No livro, o autor diz ainda que os planetas possuem dois movimentos, o de translação e o de rotação e em seguida define esses movimentos.

No capítulo 21 – A Terra e seu satélite, o autor irá trabalhar uma das questões que vem ao encontro deste trabalho, o dia e a noite e as estações do ano.

Em um quadro logo no início do capítulo, Gewadsznajder (2009, p. 220) nos diz: “como podemos explicar a sucessão dos dias e das noites e as estações do ano?...”. Neste momento, ele inicia o tópico ‘Os movimentos da Terra’, em que expõe: “O Sol parece se mover no horizonte de leste para oeste. Dizemos que o Sol nasce do lado leste e se põe do lado oeste. Na realidade, porém, isso é uma ilusão que resulta do **movimento de rotação** da Terra em torno de seu eixo imaginário, no sentido contrário – de oeste para leste” (GEWANDSZNAJDER, 2009, p.220).

Em seguida o autor pede para o leitor observar a figura que vem a seguir:

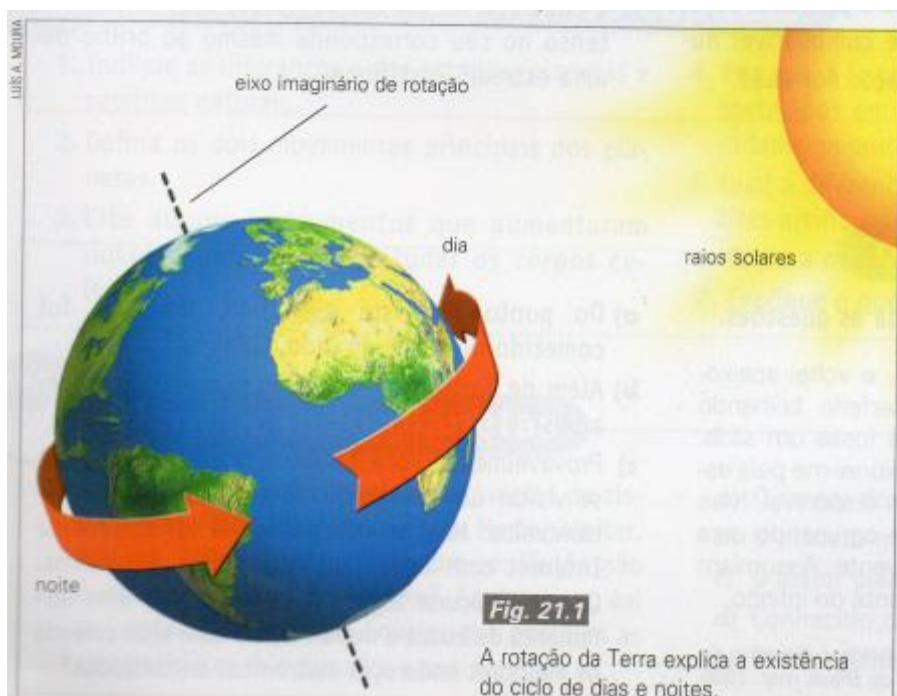


Figura 46 - Imagem que mostra a ocorrência dos dias e das noites

Fonte: Gewadsznajder, 2009, p. 206

Ao lado da Figura 46 na coleção, o autor irá explicar o fenômeno do dia e da noite através do movimento de rotação da Terra.

Após a explicação do fenômeno do dia e da noite, o autor iniciará a explicação da ocorrência das estações do ano. Toda a explicação que será exposta se baseará nas figuras que vêm a seguir.



Figura 47 - Distribuição da luz na superfície da Terra

Fonte: Gewadsznajder, 2009, p. 221

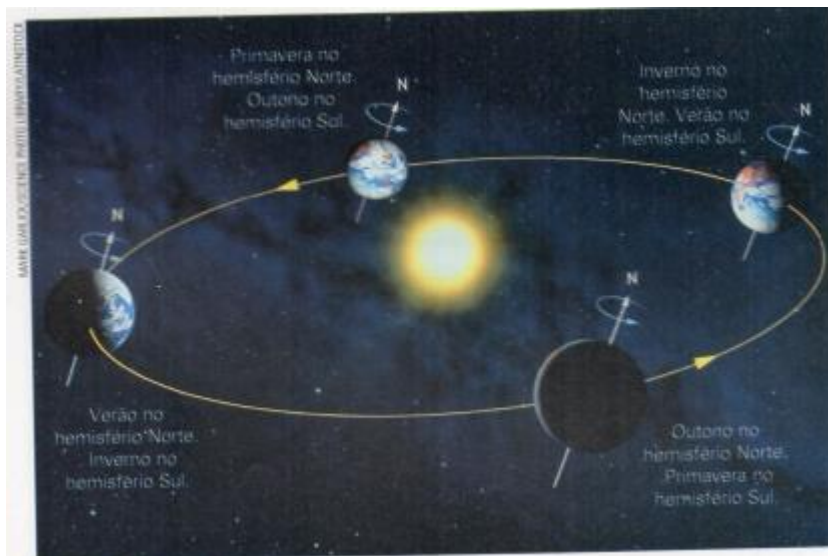


Figura 48 - Trajetória da Terra ao redor do Sol

Fonte: Gewadsznajder, 2009, p. 206

O que podemos perceber da coleção Ciências: o planeta Terra em relação às questões que desejamos abordar neste trabalho é que as raras intervenções históricas existentes são simplesmente para introduzir algum tema. Não houve uma preocupação do autor em usar a história para mostrar a mudança e o motivo das mudanças de visões sobre a natureza celeste e o posicionamento da Terra no universo.

Em nenhum momento o autor aprofundou a importância da observação do céu ao longo do tempo para a construção dos conceitos que se tem hoje sobre os movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes. Além disso, não houve uma provocação do autor para com os alunos no sentido deles olhem para o céu e para a natureza como um todo com o intuito deles perceberem os fenômenos que estão ocorrendo a todo o momento.

Quando o autor apresenta os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano, o faz através de uma única visão, a da Terra possuindo movimentos. Além disso, não realizou um debate sobre o referencial, ou seja, um debate sobre como o aluno se posicionar mentalmente em locais diferentes no espaço para observar o que está acontecendo.

4.2.4.Coleção Ciências: Atitude e Conhecimento

A coleção Ciências: Atitude e Conhecimento da editora FTD é do PNLD de 2011. Sua autoria é de Maria Teresinha Figueiredo (Licenciada em Ciências Biológicas) e de Maria Cecília Guedes Condeixa (Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas).

A referida coleção é composta de 4 volumes sendo que se pode notar a existência de temas da Astronomia no primeiro volume referente ao 6º ano e no quarto volume referente ao 9º ano. Esta é uma das raras coleções em que a Astronomia está contida em mais de um volume. Em outras coleções, quando aparece algum tema da Astronomia, este está como um elemento de alguma introdução da Física, que faz parte das disciplinas do 9º ano.

Como em todas as outras coleções analisadas a Astronomia está inserida no 6º ano, será averiguado somente o livro do referente ano da coleção Ciências: Atitude e Conhecimento para manter o mesmo nível escolar de todas as coleções.

No livro do 6º ano da coleção Ciências: Atitude e Conhecimento, a Astronomia faz parte da Unidade 3 – O Universo Observado. Esta unidade é composta de 4 capítulos.

O primeiro capítulo desta unidade é denominado “Os dias e as Noites”. Depois de uma rápida introdução, as autoras propõem algumas atividades e uma delas é a observação do céu: “para iniciar o estudo do céu, observe-o durante o dia e a noite, por vários dias consecutivos, e procure lembra-se de tudo o que já sabe” (FIGUEIREDO e CONDEIXA, 2009, p.115).

Em seguida vem o tópico ‘Leitura e discussão compartilhada’. O tema deste texto é Movimentos diários: rotação. Este texto se destina à observação da regularidade celeste. Dizem as autoras que “observar o Sol, a Lua, e as estrelas se movendo no céu faz alguém supor, com facilidade, que são o Sol, a Lua as estrelas que rodeiam a Terra a cada 24 horas” (FIGUEIREDO e CONDEIXA, 2009, p.115). Em seguida, Figueiredo e Condeixa (2009) dizem que como a Terra é muito grande, mesmo possuindo um movimento de rotação, não é possível se perceber que se está girando no espaço, mesmo sendo esta velocidade de 1700 km/h.

Então, Figueiredo e Condeixa (2009, p. 116) fazem a seguinte pergunta: “como sabemos que a Terra está em movimento?”. Dizem elas que a humanidade demorou muito tempo para perceber esse fato, mas, para o aluno, o importante é aprender a observar o céu com os próprios olhos “procurando compreender o movimento de rotação a partir do que vê” (FIGUEIREDO e CONDEIXA, 2009, p.115).

As autoras partem, então, para uma atividade de investigação em que o aluno terá que observar as sombras que são produzidas pelo Sol e por qualquer outra fonte luminosa. Esta atividade chama-se ‘Sombras e trajetórias do Sol’.

Depois de uma introdução desta atividade em que mostram como se deve observar o Sol, as autoras pedem para os alunos observarem o trajeto do Sol em

casa, anotando onde ele aparece e se esconde em relação ao quarto, ao quintal etc.

Figueiredo e Condeixa (2009) pedem, também, para os alunos observarem a trajetória e o comprimento da sombra de um gnômon durante o dia, mas, antes, aconselham os alunos aprenderem a olhar o comportamento das sombras de objetos que são iluminados por uma lanterna em um quarto escuro (Figura 49).

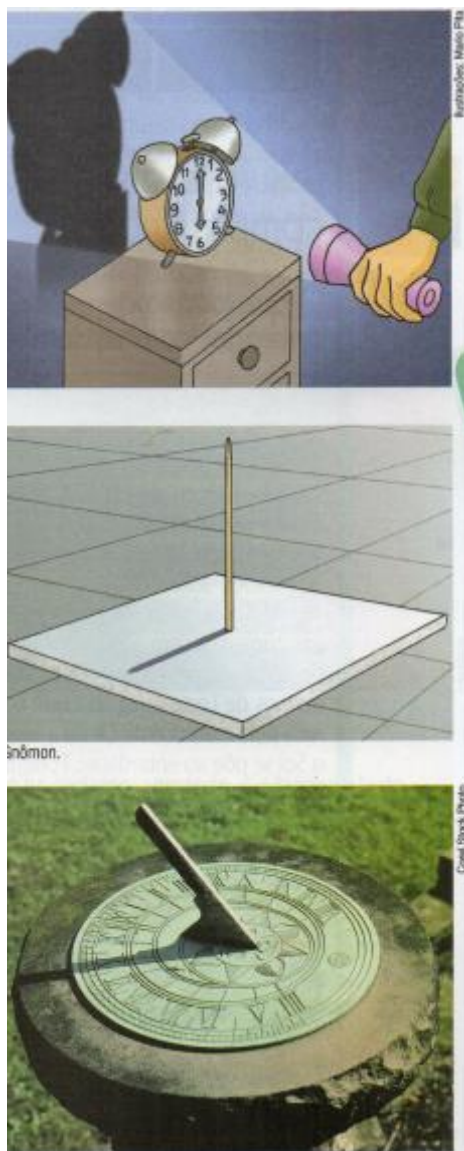


Figura 49 - Estudo do movimento da sombra

Fonte: Figueiredo e Condeixa, 2009, p.117

Após o texto em que as autoras explicam como trabalhar com o gnômon, elas propõem outro texto com o título 'O que podemos aprender com as sombras?'.

Neste texto, Figueiredo e Condeixa (2009) mostram essencialmente as características das sombras produzidas por objetos que são iluminados pelo Sol durante sua trajetória diurna. Sendo assim, durante o nascer do Sol, as sombras são longas, depois vão se encurtando conforme o Sol ganha altura e, por fim, se alongam novamente quando o Sol se aproxima do horizonte oeste. A sombra mais curta do dia indica a direção norte-sul.

Em outro momento, as autoras exploram as inclinações das trajetórias diurnas do Sol em locais diferentes da Terra. Dizem que nos estados do norte a trajetória diurna solar é diferente em relação aos estados do sul. Isto é mostrado na figura abaixo.

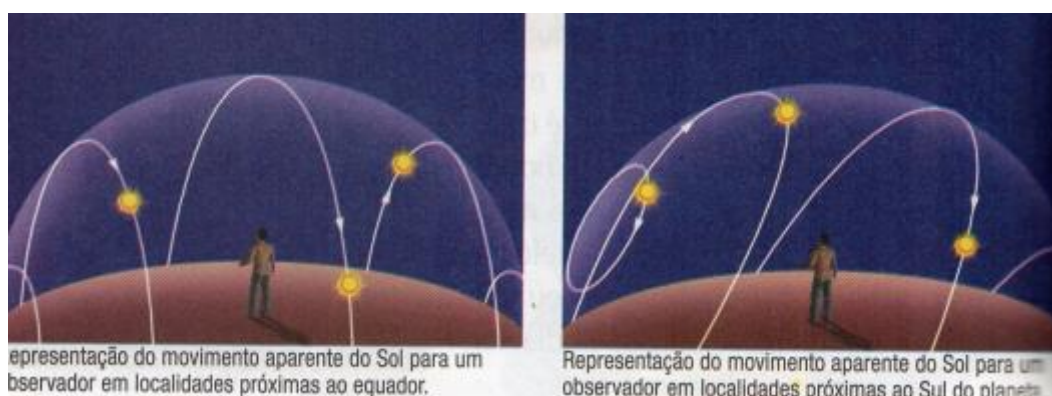


Figura 50 - Movimento do Sol em diferentes latitudes

Fonte: Figueiredo e Condeixa, 2009, p.118

Após a apresentação desse desenho, as autoras fazem certas perguntas e, em seguida as respondem: “o que significam esses arcos? Por que há diferenças no movimento do Sol no céu nas diversas regiões? O Sol observado é o mesmo em todos os lugares? A resposta não pode depender do Sol, que, obviamente, é sempre o mesmo. O que provoca o movimento aparente do Sol na realidade, é o **movimento de giro** da Terra” (FIGUEIREDO e CONDEIXA, 2009, p.119).

Figueiredo e Condeixa (2009, p.119) completam o pensamento sobre o desenho da Figura 50 dizendo: “o movimento em arco do Sol, em relação ao horizonte, é exatamente o movimento de alguém imóvel na Terra, mas que gira com ela no espaço. E, naturalmente, a diferença entre os arcos que o Sol descreve no céu depende da posição do observador na Terra”.

Por fim, Figueiredo e Condeixa (2009, p.119) terminam o pensamento sobre esse assunto dizendo: “portanto, nós, que estamos na Terra, passamos pelo Sol e pelas estrelas a cada 24 horas, e não o contrário, como parece. Como a Terra é muito maior do que nós, a impressão que se tem é a de que ficamos parados e o Sol se movimenta”. A figura a seguir completa o pensamento exposto:

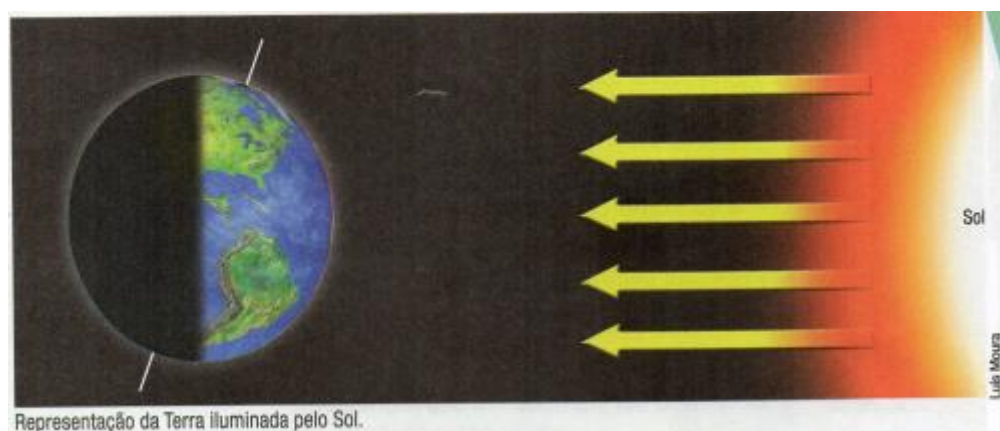


Figura 51 - Representação da Terra iluminada pelo Sol

Fonte: Figueiredo e Condeixa, 2009, p.119

Para encerrar o assunto, as autoras propõem uma atividade de investigação utilizando uma bola de isopor representando a Terra, onde o aluno tem que desenhar o equador e o trópico de Capricórnio. Na bola de isopor o aluno ainda deve passar um palito de churrasco pelos polos para representar o eixo de rotação da Terra e alfinetes espetados na bola para representar pessoas na superfície. Com um aluno segurando uma lanterna para representar o Sol, outro deve girar a bola de isopor para ver como ocorrem os dias e as noites.

Nos capítulos seguintes, as autoras sugerem que os alunos percebam a relação do fenômeno do dia e da noite com os hábitos de certos animais, fazendo com que olhem para o céu noturno para notarem as estrelas e as constelações.

Em seguida, devem trabalhar a questão de um modelo de céu para representar tudo o que é observado.

Para este último tópico, elas propõem que os alunos leiam várias histórias que estão registradas no livro sobre a origem do universo segundo a visão babilônica, chinesa, indígena brasileira, grega, bíblica e, por fim, pela visão da ciência atual.

O que podemos perceber da coleção Ciências: Atitude e Conhecimento é que, dentro dos parâmetros que este trabalho se destina averiguar, ela é uma coleção bastante diferenciada. Notamos a preocupação das autoras para com a observação da natureza, estimulando sempre os alunos a observarem os fenômenos que estão acontecendo aos seus redores.

Verificamos, ainda, que as autoras propõem atividades para que os alunos realizem em sala de aula ou em casa para a complementação dos textos teóricos, e propõem que eles tentem chegar a resultados sobre os fenômenos que observam na natureza.

As autoras trabalham com a história, com a observação e com referenciais distintos para que o aluno consiga compreender o conhecimento atual da ciência.

No entanto, há uma ressalva a ser feita. Trata-se da conclusão direta que as autoras fazem a respeito do movimento aparente do Sol ser devido ao movimento de rotação da Terra. Da forma como foi escrito, nos dá a impressão que é uma conclusão direta, uma dedução clara se chegar neste resultado. Como foi mostrado em momento anterior, a história mostra que a passagem do referencial Terra para o referencial Sol foi bem difícil e longa. Por este motivo, as autoras poderiam ter deixado claro no texto essa grande dificuldade que foi a mudança de uma Terra estática para uma Terra em movimento.

4.2.5.Coleção Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano

A coleção Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano é da editora Moderna e faz parte do PNLD de 2011. Seu autor é Eduardo Leite do Canto (Licenciado em Química).

A coleção Ciências Naturais: aprendendo com o cotidiano é dividida em 4 volumes e a Astronomia destinada para o ensino fundamental está diluída nestes quatro volumes. Para manter a regularidade de se trabalhar com alunos do 6º ano, aqui também serão analisados os temas que nos dizem respeito somente neste primeiro volume.

A Astronomia aparece na referida coleção no capítulo 13 – Terra e Universo, com o subtítulo Dia e noite: regularidades da natureza.

O autor inicia o capítulo 13 com o que chama de 'Motivação'. Trata-se de um texto em que mostra um trecho de um artigo extraído da revista Ciência Hoje on-line que conta a descoberta de pesquisadores daquele que pode ter sido o mais antigo observatório solar das Américas. São as ruínas de Chankillo, na costa norte do Peru.

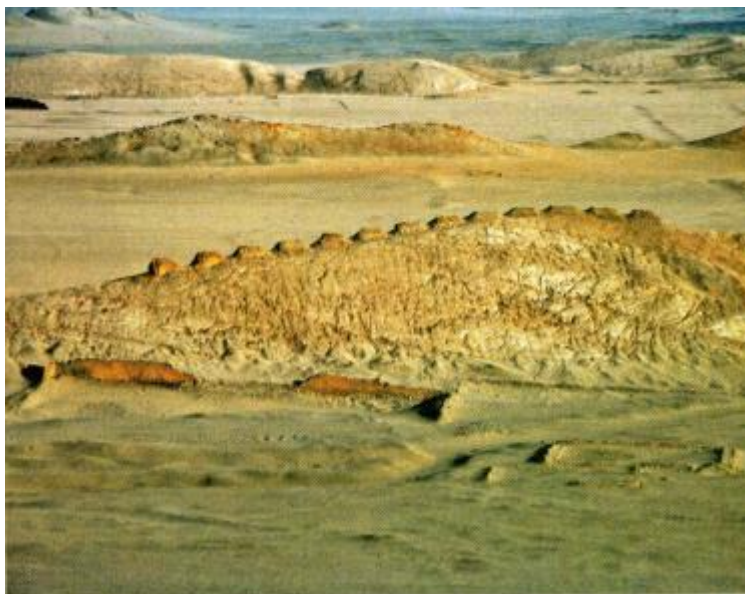


Figura 52 - Ruínas de Chakillo

Fonte: Canto (2009, p.166)

Esse texto inicial é para introduzir todos os tópicos que serão trabalhados em seguida. O autor essencialmente irá trabalhar o fenômeno do dia e a da noite em relação aos ritmos biológicos dos seres vivos.

Canto (2009) começa, então, escrevendo sobre uma das regularidades existentes na natureza, o dia e a noite e como esse ciclo afeta o ritmo biológico dos seres vivos de forma geral. Em seguida, escreve sobre o ritmo circadiano humano de forma mais específica.

No tópico 4 – ‘O período diurno tem sempre a mesma duração?’ o autor propõe que verifiquemos que, em várias regiões do Brasil, as pessoas “vivenciam, às vezes, diferentes manifestações de um mesmo acontecimento natural, como, por exemplo, os horários do nascente e do poente diários do Sol. De fato, quanto maior a latitude do local em que uma pessoa mora, mais ela consegue perceber que os períodos diurno e noturno não têm durações iguais ao longo do ano” (CANTO, 2009, p.169).

Em seguida, Canto (2009) explana que para localidades não muito próximas do equador terrestre, a variação entre o dia e a noite varia bastante durante o ano. Diz ainda que no dia em que o Sol fica mais tempo acima do horizonte é chamado de solstício de verão (para moradores no hemisfério sul). Quando a noite é a mais longa, acontece o solstício de inverno. Entre os solstícios há os equinócios em que o dia e a noite possuem a mesma duração. Este fato é mostrado pela figura abaixo.

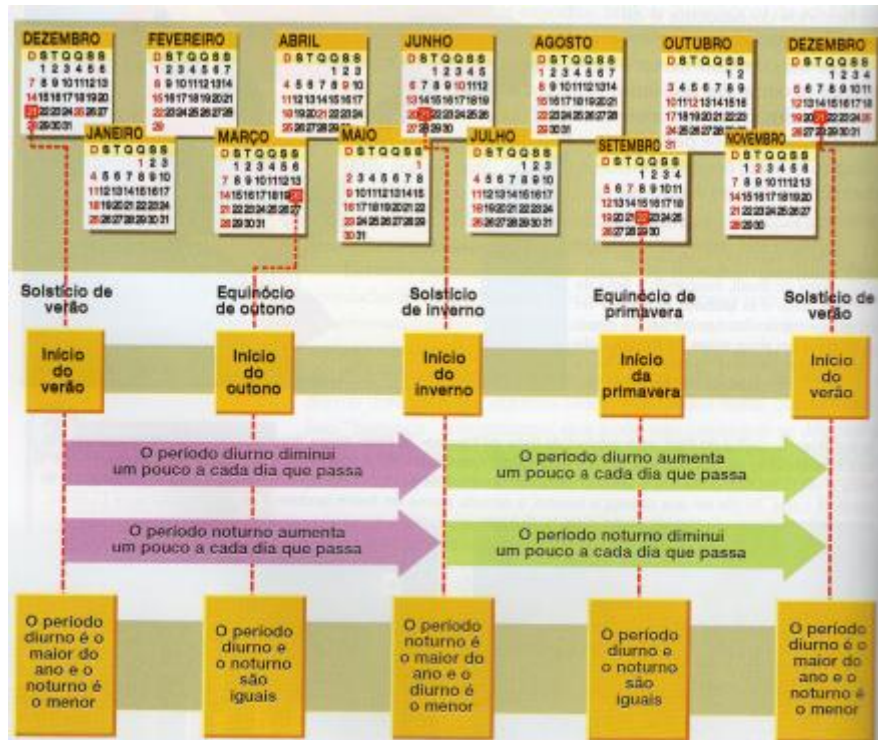


Figura 53 - Mapa de solstícios e equinócios

Fonte: Canto (2009, p.170)

Notamos que o autor utilizou um esquema baseado em um calendário para mostrar o aumento e a diminuição da parte diurna do Sol durante o ano.

Após a apresentação da Figura 53, o autor irá escrever sobre os conceitos básicos das estações do ano.

No capítulo 7 ‘O nascente e o poente do Sol’, o autor irá escrever sobre o nascente e o poente do Sol. Diz Canto (2009, p.173) que “a trajetória aparente do Sol no céu **não** é exatamente a mesma todos os dias do ano, assim como não é sempre no mesmo local que o Sol nasce (o **nascente**) nem é no mesmo local que ele se põe (o **poente**, ou **ocaso**). Dizemos que a trajetória do Sol é aparente porque, na realidade, é a Terra que está em movimento”.

Canto (2009) nos dirá ainda que o Sol somente nasce no ponto cardeal leste e se põe no ponto cardeal oeste nos dias dos equinócios. Fora esses dias, o Sol nasce e se põe em locais mais ao sul e mais ao norte do horizonte. Para mostrar esse fato, é apresenta a figura abaixo.

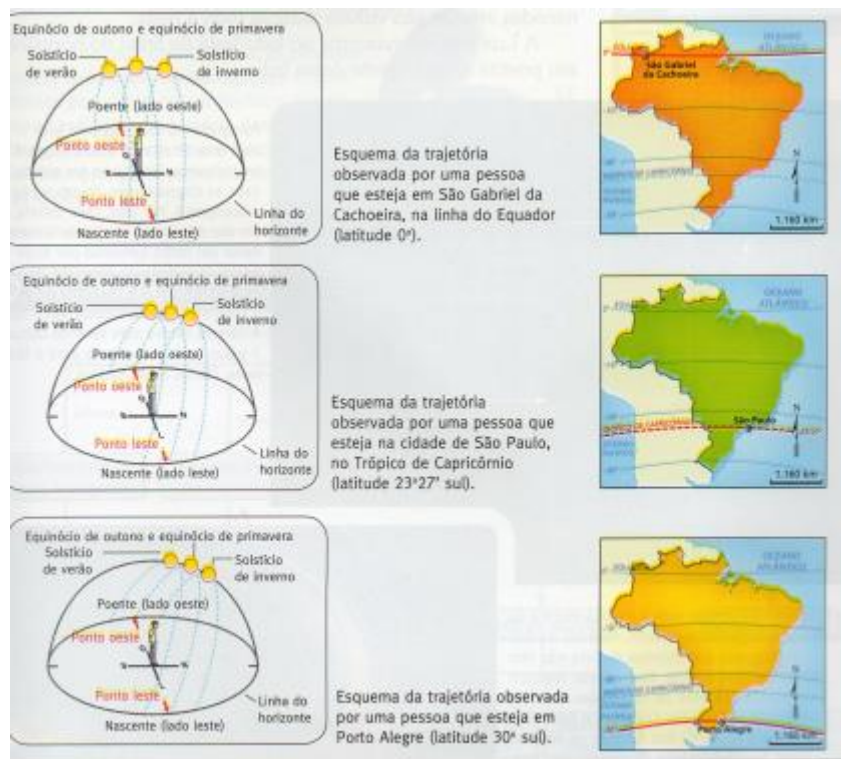


Figura 54 - Esquema da trajetória do Sol no céu nos solstícios e equinócios

Fonte: Canto (2009, p.173)

No tópico 8 – ‘O nascente e o poente das demais estrelas e da Lua’, Canto (2009) diz que o posicionamento e o nascimento de certas estrelas fizeram com que os povos antigos se orientassem em navegações durante a noite e a escolher épocas de plantio e colheita de lavouras e que a Lua tem seu nascimento no leste e seu poente lado oeste.

Algumas questões merecem alguns comentários sobre a coleção Ciências Naturais: aprendendo com o cotidiano.

Primeiramente, que o autor não utilizou as tradicionais figuras que mostram a Terra e o Sol no espaço para definir os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Notamos que ele preferiu uma abordagem em que relaciona os ciclos diários e anual com o comportamento dos seres vivos. Essa atitude resultou em um enfoque somente na visão que um observador tem a partir da superfície terrestre.

No entanto, ele fez simples descrições dos fenômenos não solicitando ao aluno olhar para o céu com o intuito de, nele, buscar informações para elaborar possíveis teorias para explicar o que é visto.

Os raros momentos em que apareceram elementos de história foram para introduzir algum conceito, mostrando não haver uma importância da história como um elemento motivador e explicativo dos conceitos astronômicos.

4.2.6.Coleção Jornadas.cie – Ciências

A coleção Jornadas.cie – Ciências é da editora Saraiva e está incluída no PNLD de 2014. A coleção Jornadas.cie – Ciências é uma obra coletiva organizada e produzida pela Editora Saraiva e que tem como editora responsável Maíra Rosa Carnevalle (Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas).

A coleção Jornadas.cie é formada por 4 volumes e a Astronomia está inserida no primeiro destinado ao 6º ano do ensino fundamental.

No capítulo 1 – ‘Astros do universo’ há o tópico ‘o que há no universo?’. Neste capítulo e tópico, os autores da coleção discutem sobre os astros que compõem o universo. Logo no início os autores fazem referência à Terra no sentido de dizer que ela não está sozinha no espaço, pois há muito outros objetos celestes no universo.

Então, os autores escrevem que “ao olharmos para o céu à noite, conseguimos ver milhares de pontos luminosos. Alguns brilham mais intensamente, outros menos. Se olharmos com atenção, também é possível perceber brilhos de cores diferentes” (SARAIVA, 2012, p.15).

Em seguida, apresenta-se a seguinte figura para ilustrar o fato de nas cidades se ver poucas estrelas e em lugares distantes dos centros urbanos muitas estrelas.



Figura 55 - Aparência do céu na cidade e fora da cidade

Fonte: Saraiva (2012, p.15)

No final da página há um pequeno tópico intitulado ‘Fique de olho’ em que os autores propõem dois exercícios práticos de observação do céu para reconhecimento de estrelas, planetas e constelações. Dizem eles: “1) Escolha uma noite de céu limbo e sem nuvens, de preferência em que a Lua não esteja visível, e observe os astros no céu. Escreva um texto relatando o que você observou. Compare a intensidade e a cor do brilho desses astros; 2) É fácil, observando durante uma noite apenas, diferenciar estrelas e planetas? Converse com seus colegas a respeito” (SARAIVA, 2012, p.15).

No tópico ‘Constelações’, os autores irão descrever o que vem a ser uma constelação e dizer quantas constelações existem espalhadas pelo céu. Falarão também, que apesar de parecerem estar próximas, as estrelas que foram as constelações estão muito distantes da Terra e umas das outras (SARAIVA, 2012).

No tópico ‘Fique de Olho’, os autores proporão novamente duas atividades só que agora de pesquisa em que, primeiramente terão que descobrir qual é a constelação mais comum no hemisfério sul e desenharão um modelo dela no caderno; em segundo lugar os alunos terão que discutir a importância da

observação e do estudo das constelações para os povos do passado e atualmente (SARAIVA, 2009).

No capítulo 3 – ‘A Terra no espaço’, os autores trabalham a questão dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

No tópico ‘Movimentos da Terra’, há a explicação de que a Terra realiza no espaço um movimento chamado rotação e outro denominado translação.

“No movimento de rotação, a Terra gira na direção oeste para leste, em torno de seu eixo. Uma volta completa em torno desse eixo dura 23 horas, 56 minutos e 4 segundos, caracterizando o que chamamos de **dia terrestre**” (SARAIVA, 2012, p.44). Mais a frente lê-se que “esse movimento faz com que as regiões da Terra iluminadas pelo Sol se alternem: quando uma região está iluminada pela luz solar, dizemos que é **dia**; na região oposta, não iluminada, dizemos que é **noite**” (SARAIVA, 2012, p.44).

Para ilustrar o apresentado, há a seguinte figura:

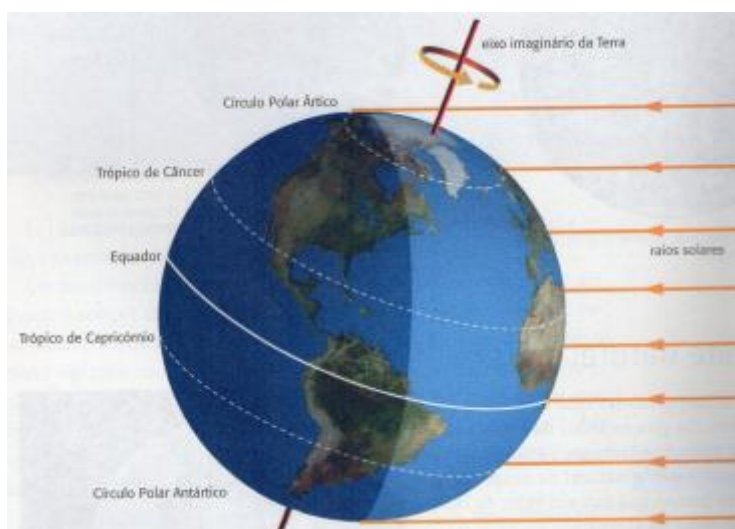


Figura 56 - Imagem para ilustrar o dia e a noite em regiões da Terra

Fonte: Saraiva (2012, p.44)

Mais à frente, os autores explanam que “no movimento de translação, a Terra percorre uma trajetória em forma elíptica ao redor do Sol. Essa trajetória é chamada de órbita. A Terra demora aproximadamente 365 dias a cada volta completa em torno do Sol, representando um ano.

Para ilustrar o parágrafo anterior há a seguinte figura.

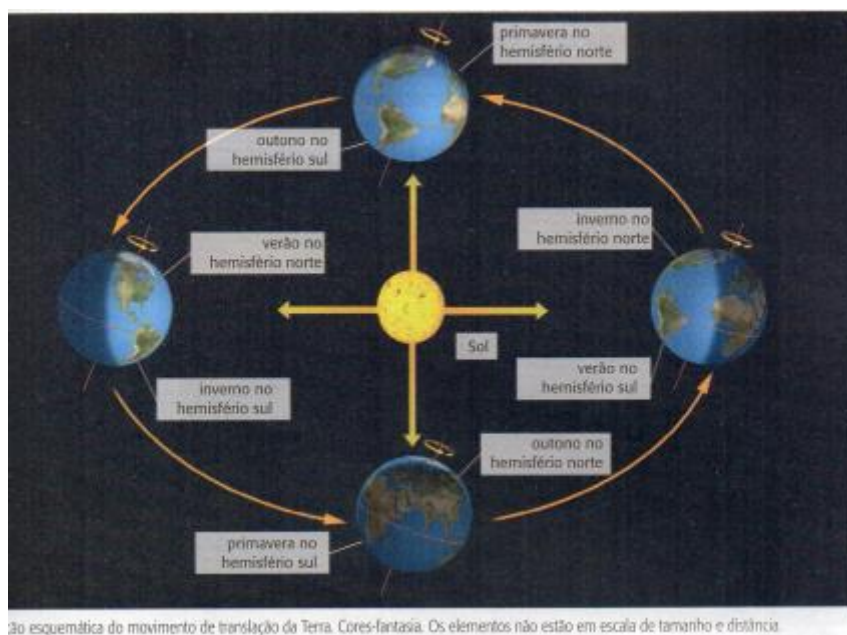


Figura 57 - Órbita da Terra e estações do ano

Fonte: Saraiva (2012, p.45)

Após a apresentação da Figura 57, os autores escrevem que “a ocorrência das estações do ano – primavera, verão, outono e inverno – é resultado da translação da Terra combinada com a inclinação de seu eixo de rotação” (SARAIVA, 2012, p.45).

Para encerrar, há o tópico ‘O “nascer” e o “pôr” do Sol’ em que os autores escrevem que as expressões nascer e pôr do Sol correspondem ao momento em que ele surge e se esconde nos horizontes leste e oeste, respectivamente (SARAIVA, 2012). E que no hemisfério sul, no dia 21 de dezembro que é o momento em que se inicia o verão acontece o dia mais longo do ano e a noite mais curta e que no dia 21 de junho ocorre o inverso, o dia mais curto e a noite mais longa (SARAIVA, 2012).

Há ainda outro tópico que merece ser mencionado que se chama 'Modelos Heliocêntrico e Geocêntrico do universo'.

Os autores dizem que Aristóteles, baseado em observações diárias, propôs a hipótese geocêntrica do universo que afirmava que a Terra estava imóvel do centro do universo com todos os astros girando ao seu redor (SARAIVA, 2012). Os autores também escrevem que Aristarco de Samos, já na Grécia antiga, havia defendido que a Terra estava em movimento, ideia que foi igualmente defendida por Copérnico e aperfeiçoada por Galileu Galilei (SARAIVA, 2012).

O que podemos perceber da coleção Jornadas.cie – Ciências da Editora Saraiva sobre as questões que aqui são analisadas é que há alguns pontos que mereceriam maior atenção dos autores. Primeiramente, que, apesar de haver alguns momentos em que os autores sugerem aos alunos que façam observações no céu, não se deixa explícito que este é e foi um ato importante para a elaboração de teorias sobre o universo em que vivemos. Mesmo havendo um escrito sobre a teoria geocêntrica e a teoria heliocêntrica, não se mostra a dificuldade que foi passar de um modelo para o outro.

Não houve em nenhum momento um trabalho sobre a interpretação dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano adotando-se a Terra estática e em movimentos, ou seja, não houve um trabalho da posição do observador na visão dos movimentos. Os fenômenos mencionados somente foram abordados por meio da visão da Terra em movimentos, como se essa fosse a única interpretação possível.

Os poucos momentos históricos foram somente para introduzir certos temas da teoria astronômica.

4.2.7.Coleção Ciências Novo Pensar – meio ambiente

A coleção Ciências Novo Pensar – meio ambiente é da Editora FTD e está no catálogo do PNLD de 2014.

Os autores dessa coleção são Demétrio Gowdak (Licenciado em História Natural) e Eduardo Lavieri Martins (Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas).

A referida coleção é dividida em 4 volumes, sendo que a Astronomia está inserida no primeiro volume relativo ao 6º ano do ensino fundamental.

De todas as coleções que foram adquiridas para a análise deste trabalho, a coleção Ciências Novo Pensar – meio ambiente é a única que não apresentou nenhum dos elementos de análise.

Notamos que eles preferiram focar no uso da tecnologia envolvida nas descobertas da Astronomia atual através de sondas espaciais, do telescópio espacial Hubble etc. Os temas apresentados na coleção são o sistema solar, a vida fora da Terra, os satélites artificiais, inteligência fora da Terra, uma entrevista com o astronauta Marcos Pontes etc.

O pouco de história que aparece diz respeito a rápidos relatos em pouco mais de uma página. São menções de um parágrafo cada relatando determinadas épocas sendo que cada assunto de cada parágrafo não tem relação com o do parágrafo anterior ou com o do parágrafo posterior.

Os autores não entram no tema dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Nem tão pouco mencionaram aspectos históricos que dizem respeito ao tema deste trabalho.

A objetivo de apresentarmos esse livro como um dos que deveriam ser analisados, deve-se ao fato desta coleção ser do Programa Nacional do Livro Didático. O que nos chama a atenção na referida coleção é o fato dela não apresentar justamente um dos principais temas que deveriam fazer parte do estudo de alunos do 6º ano do Ensino Fundamental que é o que estamos tratando.

4.2.8.Coleção Companhia das Ciências

A coleção Companhia das Ciências é da editora Saraiva e está no catálogo do PNLD de 2014. Seus autores são João Usberco (Licenciado em Ciências

Farmacêuticas), José Manoel Martins (Licenciado em Ciências Biológicas), Eduardo Schechtmann (Licenciado em Biologia), Luiz Carlos Ferrer (Licenciado em Ciências Físicas e Biológicas) e Herick Martin Velloso (Licenciado em Física).

A coleção Companhia das Ciências possui quatro volumes e a Astronomia está inserida no primeiro volume destinado ao 6º ano do ensino fundamental.

A Astronomia nesta coleção está dividida em dois capítulos. No capítulo 1 – O Universo, Usberco et al. (2012, p.12) dizem que “o conhecimento da posição das constelações no céu foi utilizado durante séculos para ajudar na orientação dos viajantes e navegadores antigos em suas viagens. Além disso, para os povos antigos, a observação da posição do Sol e das constelações ao longo do ano ajudava a identificar as estações, prever a época de chuvas ou de seca, de frio ou de calor”.

Mais à frente, os autores apresentam um quadro onde trabalham a questão da orientação pelas estrelas, em especial pelas estrelas que formam a constelação do Cruzeiro do Sul. Neste quadro se lê que “os primeiros navegadores se orientavam pela posição do Sol no céu durante o dia e das estrelas durante a noite. Você, mesmo não sendo um navegante, também pode se orientar pela posição das estrelas”. Em seguida há um parágrafo onde é lido como utilizar o Cruzeiro do Sul como meio de orientação.

Os autores iniciam o capítulo 2 – A Terra e a Lua escrevendo sobre os movimentos de rotação e de translação da Terra.

Sobre o movimento de rotação, Usberco et al. (2012, p. 23) dizem que “em seu movimento de rotação, a Terra gira em torno de si mesma, ou seja, em torno de um eixo imaginário, o eixo de rotação terrestre, que a atravessa do polo norte ao polo sul”. Mais à frente dizem que “em consequência do movimento de rotação da Terra ocorrem o dia e a noite”. As imagens a seguir ilustram o parágrafo anterior.



Figura 58 - Ilustração mostrando movimento de rotação e o dia e a noite

Fonte: Usberco et al. (2012, p.23)

Sobre o movimento de translação, Usberco et al. (2012) dizem que este é o movimento que a Terra faz ao redor do Sol e que o período que a Terra leva para completa-lo é de aproximadamente um ano. Usberco et al. (2012, p.23) dizem ainda que “tanto na translação quanto na rotação da Terra, seu eixo está inclinado em relação ao plano na órbita ao redor do Sol”. Para ilustrar esse assunto, os autores apresentam a imagem a seguir:

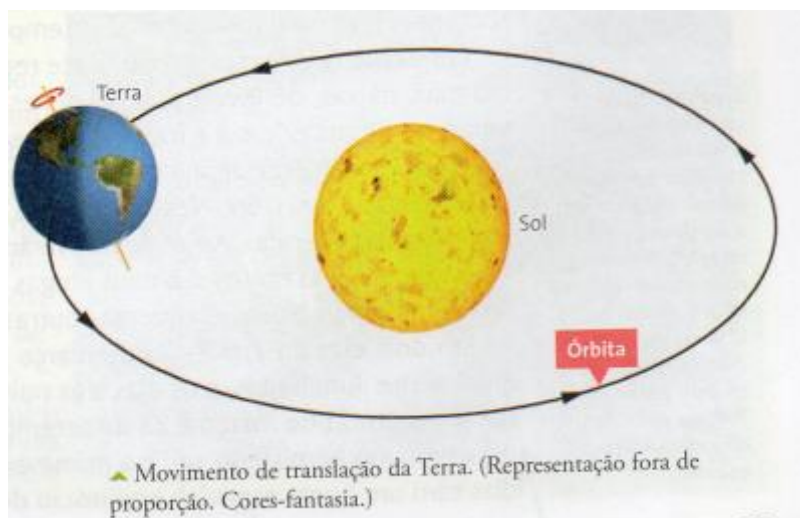


Figura 59 - Movimento de translação da Terra

Fonte: Usberco et al. (2012, p.23)

Após apresentarem os movimentos da Terra, Usberco et al. (2012) mostram como ocorrem o fenômeno das estações do ano. Para tanto, dizem que elas são em número de quatro e fazem a seguinte pergunta: Por que isso acontece?

Segundo Usberco et al. (2012, p. 24), as estações acontecem porque “durante o movimento de translação ao redor do Sol, a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de sua órbita faz com que por um determinado período de tempo, o polo sul esteja “inclinado para o Sol”... “depois de seis meses, a situação se inverte: o polo norte fica mais inclinado para o Sol”. O exposto pode ser verificado na imagem a seguir:



Figura 60 - Representação de como acontecem as estações do ano

Fonte: Usberco et al. (2012, p.45)

O que podemos averiguar da coleção Companhia das Ciências é que os autores não exploraram a história da Astronomia para introduzir os temas dos movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes. História que poderia enriquecer este capítulo mostrando como foi difícil se chegar a esta concepção da Terra ter movimentos no espaço.

No caso dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano, para os autores, não há qualquer outro tipo de explicação, além daquela que eles mostraram. Isto deixa uma lacuna, pois não abordam a concepção que os alunos possuem das sensações que captam da natureza. Por consequência, não exploraram outros referenciais, mostrando para a criança que é possível explicar os fenômenos em outros pontos de vista.

4.2.9. Análise final das coleções de ciências

Analizamos os textos e as figuras de oito coleções de Ciências do Ensino Fundamental. Esta análise foi feita somente para os livros referentes ao 6º ano, pois é nesse período que a grande maioria das coleções apresenta o conteúdo de Astronomia com os temas que dizem respeito aos propósitos deste trabalho.

Contudo, observamos que existem coleções, como Ciências: Atitude e Conhecimento, que abordam alguns tópicos de Astronomia no 9º ano do Ensino Fundamental. Como a grande maioria das coleções de livros didáticos tendem a abordar a ciência astronômica no 6º ano, a análise ficou restrita, como mencionado, neste período escolar para se ter um parâmetro mais preciso dos temas abordados para essa faixa etária.

Como mencionamos, a análise aqui realizada focou nos textos do 6º ano do Ensino Fundamental. Mas, e os anos iniciais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio? É possível termos pelo menos alguma ideia do que é explorado nos livros didáticos desses anos da Educação Básica para que possamos compor uma estrutura de análise mais completa?

Em estudo recente, Coelho e Bulegon (2013) fizeram uma análise da abordagem do tema Astronomia em vinte e três livros didáticos aprovados pelo PNLD e destinados a alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental, mais especificamente, alunos do 2º ao 5º anos.

Coelho e Bulegon (2013) mostraram que o tema Astronomia sempre aparece em algum dos anos iniciais do Ensino Fundamental. A ciência astronômica está presente com menor frequência nos livros didáticos do quarto ano e com maior frequência nos livros referentes ao quinto ano.

Do resultado exposto por Coelho e Bulegon (2013), o principal tema a ser tratado nos livros didáticos é o 'planeta Terra' com 21 coleções apresentando esse assunto. Depois aparece o tema 'o céu' em 13 coleções; em seguida vem o tema 'o sistema solar' em 12 coleções; os temas 'o dia e a noite' e o universo aparecem em 7 coleções; o tema 'o Sol' em 6 coleções; 'movimentos da Terra' em 4

coleções; os temas 'estações do ano' e 'Lua' em duas coleções; há ainda outros assuntos que aparecem uma vez como, por exemplo, exploração espacial.

Notamos, assim, que é possível encontrar temas da Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental com questões básicas que são retomadas mais tarde a partir do 6º ano. Noções sobre o dia e a noite, estações do ano e céu fazem, portanto, parte das coleções de livros didáticos desde os primeiros anos de escolaridade.

Sobre a análise do tema Astronomia nos livros didáticos de Física para o Ensino Médio, Simões (2008), em seu trabalho de mestrado, mostrou onde e como a ciência astronômica é inserida nestes livros.

Simões (2008, p.34) adotou em seu trabalho livros de Física que foram recomendados pelo PNLEM, pois “os exemplares em questão já passaram por um processo prévio de análise para figurarem na lista do PNLEM, o que assegura um trabalho com os exemplares a serem enviados aos professores das escolas públicas sendo posteriormente adotados por eles em seu trabalho”.

Foram analisados 8 livros, sendo que 6 constantes no PNLEM e 2 que são livros tradicionais de Física, mas que não constam no referido catálogo.

Na análise que fez, Simões (2008) percebeu que a maior parte da Astronomia tratada nos livros de Física está relacionada ao tema gravitação. Contudo, o autor encontrou ainda elementos da ciência astronômica em desenvolvimentos de temas como mecânica e óptica para relaciona-los ao dia a dia do estudante.

Para melhor analisar onde a Astronomia era desenvolvida nos livros de Física, Simões (2008) criou três categorias de análise: gravitação, complementos de textos e exercícios.

A conclusão que Simões (2008, p.139) chegou com o seu trabalho sobre os elementos de Astronomia nos livros de Física do PNLEM foi que

Eles existem ao longo de todo o texto, porém não estão sendo empregados com o objetivo de evidenciar a Astronomia, mas como forma de contextualizar ou exemplificar aplicações dos modelos físicos abordados nestes livros. Por esta razão, passam despercebidos não sendo explorados como Astronomia durante as

aulas de física do ensino médio. Verificamos ainda, que o número desses elementos é bem expressivo e, em sua maioria se apresenta na forma de gravuras, estando também presentes fotos e textos.

No tema gravitação, que é onde está a maior parte dos conteúdos da Astronomia, Simões (2008, p.139) nos diz que

No universo da gravitação verificamos a presença de uma unidade comum a todas as obras analisadas e que constitui um referencial para o seu estudo, sendo, em alguns casos, o único conteúdo abordado pela obra. Pouco se explora neste capítulo além desta unidade básica. Esta unidade, que trata realmente sobre Astronomia, tem seu foco direcionado para o estudo dos modelos do sistema solar elaborados por Ptolomeu (Geocêntrico) e Copérnico (Heliocêntrico), passando pelas leis de Kepler até chegar à Gravitação Universal de Newton, onde se aproveita para abordar o movimento dos satélites. Além desta unidade, algumas poucas obras tratam de temas como a origem do universo, a evolução das estrelas e um pouco sobre a gravidade e sua relação com os aspectos geográficos terrestres, relacionando-a também com a velocidade de escape, a imponderabilidade e as marés, tudo voltado para o estudo da mecânica por trás da gravitação.

Pelo o que foi colocado até o momento, vemos que alguns dos elementos da Astronomia abordados na análise dos livros didáticos de Ciências do 6º ano do Ensino Fundamental, também estão presentes em coleções dos anos iniciais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Isto demonstra que a Astronomia está presente em todo o Ensino Básico.

Retornando para a análise dos livros didáticos de ciências do 6º ano que faz parte deste trabalho, convém, neste momento, lembrarmos as categorias e os critérios de análise das coleções:

- **Referencial:** analisaremos todos os aspectos de textos (históricos e conceituais) e de figuras que façam alusão para distintas formas de se visualizar os fenômenos e os movimentos celestes. Em outras palavras, se os autores dos livros didáticos mostram ou pela história da Astronomia ou através do próprio

conceito de referencial que os fenômenos e os movimentos celestes podem ser explicados em diferentes pontos de vista;

- **Observação do céu:** analisaremos todos os aspectos de textos e de figuras que mostrem a observação do céu como algo importante para a elaboração de diferentes ideias dos fenômenos e movimentos que são vistos no céu. Em outras palavras, averiguaremos se os autores sugerem a observação celeste como algo importante para a elaboração do conhecimento astronômico;
- **Movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes:** analisaremos todos os aspectos de textos e de figuras sobre como são trabalhos os movimentos da Terra e os fenômenos deles resultantes (dia e noite e estações do ano). Verificaremos se os autores apresentam ou não diferentes interpretações (referenciais) para os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

Em relação à categoria *referencial*, é possível notarmos as seguintes conclusões.

Somente a coleção Construindo Consciências – Ciências deixou evidente no texto que é possível se interpretar os movimentos e os fenômenos astronômicos como o dia e a noite adotando-se o Sol girando em torno da Terra e a Terra girando em torno do Sol. Mostrou inclusive imagens da visão de um observador na superfície da Terra contemplando a paisagem celeste e textos expondo a visão da Terra em movimento. Isto nos mostra que, primeiramente, os autores conhecem esse tipo de interpretação e, em segundo lugar, que a consideram importante para a completa compreensão do tema.

Houve coleções, como Ciências: Atitude e Conhecimento, que não fizeram qualquer menção direta no texto à questão do referencial, mas nos apresentaram imagens que mostram a visão de um observador na superfície da Terra

contemplando a paisagem celeste. Imagens estas, que nos mostram, por exemplo, a trajetória do Sol e das estrelas.

Todavia, essas coleções não tinham a intenção de trabalhar a possibilidade de se explicar os fenômenos celestes em diferentes perspectivas, ou seja, a visão de um observador na superfície da Terra e a de um observador externo à Terra. Essas coleções, quando apresentavam figuras de um observador na Terra e/ou fora da Terra, as utilizavam simplesmente para ilustração, sem um intuito de explicar questões de abordagens interpretativas diferentes do fenômeno.

Notamos, assim, a quase total inexistência de informações sobre a posição do observador na superfície da Terra para explicar os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano em textos e em figuras nos livros didáticos de Ciências. Tal fato indica que os autores de livros didáticos de Ciências não levam em consideração que a visão que as pessoas têm da natureza é aristotélica (KOYRÉ, 2011), informação que é compartilhada por Ben-Dov (1996) quando diz que estudos em psicologia cognitiva indicam que as crianças interpretam o mundo de uma maneira muito próxima da de Aristóteles. Isto quer dizer que a primeira impressão que as crianças possuem do mundo que as cercam é de uma Terra estática com tudo girando ao seu redor, o que vai ao encontro da dificuldade que as crianças possuem em apreender a Terra como um corpo cósmico (VOSNIADOU e BREWER, 1992).

A conclusão que é possível chegarmos é que a maioria os autores de livros didáticos consideram como única alternativa para a compreensão dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano é a interpretação de uma Terra em movimento. Por esse motivo é que eles, mesmo quando apresentam textos e imagens mostrando um observador contemplando o céu, o fazem para introduzir o tema dos movimentos da Terra e da interpretação dos fenômenos celestes a partir desta visão. Os textos e as figuras não têm como objetivos fazer um debate crítico das possibilidades de se interpretar o que se vê a partir de outros pontos de vista.

Esta constatação nos mostra que os autores não seguem a própria recomendação existente nos PCN, a qual diz que:

[...] iniciar o estudo de corpos celestes a partir de um ponto de vista heliocêntrico, explicando os movimentos de rotação e translação, é ignorar o que os alunos sempre observaram. Uma forma efetiva de desenvolver as ideias dos estudantes é proporcionar observações sistemáticas, fomentando a explicitação das ideias intuitivas, solicitando explicações a partir da observação direta do Sol, da Lua, das outras estrelas e dos planetas (BRASIL, 1998, p.40).

A história da Astronomia que poderia ser utilizada pelos autores para formar uma visão mais crítica sobre a tortuosa trajetória que foi sair de um modelo que mostrava a Terra estática para o modelo de uma Terra em movimento, não foi contemplada pelos autores. Pelo menos, não como acreditamos que deveria ser explorada.

Quando é apresentado um texto histórico como, por exemplo, da mudança de uma teoria geocêntrica para uma teoria heliocêntrica, este é simplesmente para introduzir ou complementar algum tema. Além disso, o texto passa a impressão que a mudança de um referencial geocêntrico para um heliocêntrico foi algo natural, sem percalços, que saiu da mente de pessoas dotadas de sabedoria.

Nestes textos, os alunos não conseguem ter uma compreensão clara da dificuldade que foi passar de uma visão de uma Terra estática para uma Terra em movimento. Não conseguem perceber as inúmeras nuances físicas, filosóficas, sociais e religiosas que existiram ao longo da história e que fizeram vários astrônomos, físicos e filósofos mudarem suas interpretações da realidade celeste.

Este problema da História da Ciência, mais especificamente, da História da Astronomia nos livros didáticos faz com que concordemos com Bassalo (1992) quando diz que os livros didáticos de ciências possuem uma postura bastante positivista quando se trata da introdução de aspectos históricos nos textos. Bassalo (1992, p.62) expõe que “ao estudar-se um livro didático de qualquer disciplina, principalmente aqueles que não se preocupam com a parte histórica de seu desenvolvimento, fica-se com a impressão de que a evolução dos temas tratados por esse livro é absolutamente cronológica, racional e inquestionável”.

São justamente esses aspectos que podemos verificar na grande maioria das coleções. Temos a impressão que todo o conhecimento que lá está sobre os

movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes foi desenvolvido de forma linear e racional. Mais ainda, as coleções não dão margem para se questionar outras possíveis formas de interpretação da realidade celeste.

Os autores poderiam, pelo menos, apresentar aspectos históricos que mostrassem que “a ciência não brota pronta na cabeça de “grandes gênios” ... apenas gradualmente as ideias vão sendo aperfeiçoadas, através de debates e críticas, que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais” (Martins, 2006, p.xviii).

Um debate simples de como ocorreram as mudanças para se aceitar a Terra possuidora de movimentos poderia ser de grande ajuda para a compreensão do estudante sobre como entender algo que ele não consegue ver, mas que é aceito hoje como correto que são os movimentos da Terra.

Sobre a categoria ‘observação celeste’, percebemos que muitas coleções exploram figuras e mostram nos textos informações sobre o céu diurno e noturno, como as constelações, os planetas, a Lua, o Sol etc.

Contudo, somente a coleção Ciências: Atitude e Conhecimento abordou de forma explícita o fato de que, contemplando a paisagem celeste, *é possível se chegar a um modelo explicativo dos movimentos e dos fenômenos do céu*. Para as autoras dessa coleção, tal intento pode ser conseguido através de atividades utilizando o gnômon e as sombras.

As outras coleções, ao se referirem aos aspectos relacionados à observação celeste, focaram no ensino da localização de uma determinada constelação, para diferenciar um planeta de estrela, para ensinar a localizar os pontos cardeais etc.

Fica-nos claro, então, que os autores das coleções não exploraram um aspecto da Astronomia que Castro e Schiel (2009) dizem ser importante que é o fato da ciência astronômica ter sido um dos primeiros campos da ciência a explorar o método científico para se compreender a natureza, já que os antigos realizaram observações do céu que, com o tempo, foram confrontadas com novas observações que culminaram com a elaboração de novos modelos mais

adequados à realidade observada. Castro e Shiel (2009, p.88) complementam o pensamento nos dizendo que

A construção de um modelo é parte importante na formulação do conhecimento científico. Modelos são construções abstratas e simplificadas que representam a realidade de uma forma racional. O modelo permite que o ser humano tenha uma compreensão do real e que use essa compreensão para prever o comportamento futuro do sistema representado. Os seres humanos sempre criaram modelos para explicar o que observavam no céu e, na medida em que essas observações se multiplicavam e refinavam, elaboravam modelos cada vez mais sofisticados para explicar o que era visto.

Percebemos ainda sobre a questão da observação celeste que os autores ignoram ou não querem seguir a recomendação que está nos PCN, que nos diz que

No desenvolvimento desses estudos (sobre o sistema Sol-Terra-Lua), é fundamental privilegiar atividades de observação e dar tempo para os alunos elaborarem suas próprias explicações. Por exemplo, nos estudos básicos sobre o ciclo do dia e da noite, a explicação científica do movimento de rotação não deve ser a primeira abordagem sobre o dia e a noite, o que causa muitas dúvidas e não ajuda a compreensão do fenômeno observado nas etapas iniciais do trabalho (BRASIL, 1998, p.62)

Por último, temos a categoria 'Movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes'. Esta categoria tem por objetivo averiguar mais precisamente como os autores de livros didáticos apresentam o tema dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

Como podemos notar das coleções analisadas, a maioria que apresenta o tema estações ano e dia e noite tende a mostrar como única forma correta de entender esses fenômenos a visão de uma Terra em movimento. Portanto, com exceção da coleção Construindo Consciência: Ciências que apresentou a possibilidade de interpretação dos fenômenos celestes de duas maneiras distintas, as outras mostram a explicação da ocorrência desses eventos devido aos

movimentos de rotação e de translação terrestres. Inclusive as imagens apresentadas mostram somente a Terra estando no espaço.

Esta categoria nos ajuda a confirmar o que já foi exposto nas categorias precedentes analisadas, que os autores de livros didáticos não apresentam para os alunos a possibilidade de outra interpretação da realidade observada.

Sendo assim, a visão que os autores de livros didáticos mostram para os alunos é a de uma Terra possuidora de movimentos, fato que requer um grau de abstração muito grande por parte do aluno e que não é comentado em nenhum momento do texto ou da figura. Também não é mencionado em nenhum momento que o leitor, para entender a visão de uma Terra possuidora de movimento, tem que se imaginar fora do planeta para poder compreender o que, realmente, está acontecendo em relação aos fenômenos.

Concordamos, assim, com Castro e Shiel (2009, p.88) quando dizem que “é importante que os alunos conheçam e compreendam os modelos aceitos pela comunidade científica. No entanto, o grau de abstração necessária pode estar além da capacidade dos alunos, principalmente nas séries iniciais”.

É justamente esse ponto que os autores não levam em consideração. Mesmo tentando produzir textos simples e mesmo tentando produzir figuras as mais realistas e corretas possíveis, isto não é suficiente para que o estudante tenha a total compreensão do que está acontecendo no espaço. É necessário conduzir mentalmente o aluno a se projetar para fora da Terra com o intuito deste tentar visualizar os fenômenos em posições diferentes do espaço, o que não é tarefa nada fácil.

Tudo isto nos mostra que somente “a exposição repetitiva da explicação científica não garante a compreensão. Faz-se necessária “uma estrutura pedagógica que facilite uma visualização do mecanismo para a ocorrência das mudanças sazonais e a duração da luz diurna” (SOBREIRA, 2010, p.45).

Como síntese de tudo o que foi analisado sobre os livros didáticos, apresentamos, a seguir, uma tabela. Nesta tabela estão inseridas as oito coleções e as três categorias de análise: Referencial, Observação do Céu e Movimentos da Terra e fenômenos deles resultantes.

A categoria 'referencial' está dividida em dois critérios de análise: história e referencial. O mesmo é visto na categoria 'Movimentos da Terra e fenômenos deles resultantes' que foi dividida em dois critérios: 'dia e noite' e 'estações do ano'.

Adotaremos o seguinte critério para discernir a existência ou não das categorias:

Para as categorias 'referencial' e 'observação do céu' serão adotados os seguintes discernimentos de análise:

- i. **Satisfatório (S):** Existe texto e/ou figura que trazem os elementos necessários para a compreensão da categoria;
- ii. **Insatisfatório (I):** Existe texto e/ou figura, mas não trazem os elementos necessários para a compreensão da categoria
- iii. **Não existente (NE):** Não existe texto e/ou figura com os elementos necessários para a compreensão da categoria.

Para a categoria 'movimentos da Terra e fenômenos deles resultantes' será verificado em qual visão eles são apresentados:

- i. **Visão da Terra (VT):** existem elementos que indicam a visão de um observador na superfície da Terra;
- ii. **Visão do Sol (VS):** existem elementos que indicam visão de um observador no Sol ou em qualquer outra região do espaço.
- iii. **Não existente (NE):** Não existe texto e/ou figura com os elementos necessários para a compreensão da categoria.

Tabela 17 - Resultado da análise das coleções

Coleção	Categoria	Critério de análise	Resultados
Construindo consciências: Ciências	Referencial	História	I
		Conceito	S
	Observação do céu		I
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	VS
		Estações do ano	NE
Ciências: Natureza e Cotidiano	Referencial	História	I
		Conceitos	I
	Observação do céu		I
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	VS
		Estações do ano	VS
Ciências: o planeta Terra	Referencial	História	I
		Conceitos	I
	Observação do céu		I
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	VS
		Estações do ano	VS
Ciências: Atitude e Conhecimento	Referencial	História	I
		Conceitos	I
	Observação do céu		S
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	VT
		Estações do ano	VS
Ciências Naturais:	Referencial	História	I

Aprendendo com o Cotidiano		Conceitos	I
	Observação do céu		I
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	VT
		Estações do ano	NE
Jornadas.cie: ciências	Referencial	História	I
		Conceitos	I
	Observação do céu		I
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	VS
		Estações do ano	VS
Ciências: Novo Pensar	Referencial	História	I
		Conceitos	I
	Observação do céu		I
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	NE
		Estações do ano	NE
Companhia das ciências	Referencial	História	I
		Conceitos	I
	Observação do céu		I
	Movimento da Terra e fenômenos deles resultantes	Dia e noite	VS
		Estações do ano	VS

Observando a Tabela 17, é possível notarmos as seguintes conclusões em relação a categoria 'Referencial':

- Critério 'história': todas as coleções (100%) não apresentaram elementos que mostram, pela História, a dificuldade que foi a passagem de uma Terra imóvel para uma Terra em movimento

- Critério ‘conceito’: das oito coleções, somente uma coleção (12,5%), apresentou no texto que há a possibilidade de se observar os fenômenos no céu em pontos de vista distintos.

Observando novamente a Tabela 17, sobre a categoria ‘Observação do Céu’, vemos que somente uma coleção (12,5%) apresentou elementos que mostram que através da observação do céu é possível se chegar a diferentes ideias sobre como interpretar os fenômenos celestes.

Por último, a categoria ‘Movimentos da Terra e Fenômenos deles Resultantes’:

- Dia e noite: uma coleção (12,5%) não abordou o tema. Das outras sete coleções, duas coleções (28,6%) abordaram por meio da visão de um observador na superfície da Terra³². As outras cinco coleções (71,4%) adotaram somente a visão do observador estando no Sol.
- Estações do ano: das oito coleções analisadas, três coleções (37,5%) não trabalharam as estações do ano. As outras cinco coleções (62,5%) trabalharam somente com a visão de um observador no Sol.

O que podemos perceber de tudo o que foi posto a respeito dos livros didáticos de Ciências sobre as questões que esse trabalho se destina a analisar é que há problemas que necessitam ser resolvidos.

Está claro que os autores de livros didáticos de Ciências não levam em consideração uma série de fatores conceituais, psicológicos, históricos e observacionais para tornarem o aprendizado dos movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes significativos aos alunos.

Os textos são pobres em informações que façam os alunos a terem uma concepção crítica da História da Astronomia, sobre as inúmeras dificuldades que

³² Os autores que trabalharam com a visão do observador na superfície da Terra, não deixaram claro que essa é uma possibilidade de interpretação.

moldaram o conhecimento das interpretações da mobilidade da Terra ao longo do tempo. Mais ainda, são praticamente inexistentes informações textuais ou de imagens que conduzam os alunos a elaborarem diferentes leituras dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano para que possam gerar diferentes conhecimentos sobre a realidade que os cercam. Mesmo os textos e as figuras que abordam a observação do céu, não trazem informações para uma interpretação diferente daquela que é considerada como correta, que é a da Terra se movimentando no espaço.

O quadro que apresentamos não é animador, nos indicando que há muito a ser feito para um efetivo entendimento dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano nos livros didáticos de Ciências. Mesmo sendo os livros catalogados no PNLD, eles se mostram imprecisos nos quesitos que nossa pesquisa se propõe analisar.

Diante disto, podemos até concordar com Leite e Hosoume (2009) quando dizem que houve uma diminuição de erros em livros didáticos que se devem aos trabalhos em pesquisa e pelo PNLD. Concordamos ainda com as autoras que, de maneira geral, que o ensino de Astronomia avançou na educação fundamental em relação à apresentação de conceitos e temas abordados (LEITE; HOSOUME, 2009), mas ainda, como se podemos perceber, há questões que precisam ser melhoradas.

4.3. Análise das questões da olimpíada de Astronomia e astronáutica

Todas as provas da OBA do período de 1999 a 2015 foram recuperadas da Internet (<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=9&pag=conteudo&m=s>), lidas e identificadas as questões relacionadas com os movimentos da Terra. Como as perguntas que foram selecionadas são específicas para esse trabalho, nem todos os anos apareceram questões com o teor que aqui buscamos. Diante disto, na Tabela 18 a seguir, está a quantidade de questões que aparecem em cada nível e em cada ano. Assim, de um total aproximado³³ de 160 questões, foram selecionadas 46 questões pertinentes ao nosso trabalho.

Tabela 18 - Número de questões sobre movimentos da Terra em Provas da OBA

Ano	Nível I e II Número de questões	Nível III Número de questões	Nível IV Número de questões
1999	1	--- x---	--- x---
2000	5	--- x---	--- x---
2001	2	1	--- x---
2002	2	--- x---	--- x---
2003	--- x---	1	--- x---
2004	3	--- x---	1
2005	1	1	2
2006	--- x---	--- x---	2
2007	2	--- x---	2
2008	2	1	1
2009	--- x---	--- x---	--- x---
2010	--- x---	--- x---	--- x---
2011	--- x---	1	--- x---
2012	3	4	2
2013	2	1	1
2014	--- x---	1	--- x---

³³ Em geral, cada prova de cada nível possui 10 questões. No entanto, há anos que alguns níveis não chegam a ter 10 questões, por isso o número é aproximado.

2015	1	--- X---	--- X---
Total	24	11	11

Notamos, assim, que para os propósitos desta pesquisa, os níveis I e II são os que apresentam o maior número de perguntas relacionadas ao dia e a noite e às estações do ano. Antes de iniciarmos a análise das questões da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, é necessário que as apresentemos.

As questões que escolhemos para a análise foram divididas de acordo com os anos (séries) escolares que podem ser observados nos regulamentos da olimpíada que estão disponíveis na página da Internet da OBA.

Os níveis I e II foram agrupados, pois se tratam dos dois primeiros anos do ensino fundamental.

4.3.1. Nível I (1º e 3º anos) e Nível II (4º e 5º anos)

1999 – II OBA – Prova Nível I

Pergunta 4

Sabemos que você já estudou os movimentos da Terra, afinal se a Terra não se movesse não haveria o dia e a noite tal qual existe hoje e não haveria o ano (o que seria muito chato, pois não haveria aniversário). Assim sendo, gostaríamos que você nos explicasse:

(a) Por que existem o dia e a noite (não vale dizer que é noite porque o Sol foi dormir, que isso é bobagem, certo)? Se quiser pode fazer um desenho para gente entender melhor.

RESPOSTA: O dia e a noite existem porque a Terra gira sobre o eixo de rotação dela.

(b) Como é chamado esse movimento e quantas horas ele dura?

RESPOSTA: Chamamos de movimento de ROTAÇÃO e sua duração é de aproximadamente 24 horas.

(c) Um dos movimentos da Terra, que aliás é o mais demorado, é chamado de TRANSLAÇÃO (o nome é comprido, mas afinal esse movimento também é muito comprido). Esperamos que você não tenha faltado na escola justamente no dia em que o seu professor (ou sua professora) explicou este ponto, pois neste item queremos que você explique o que é esse movimento de translação. Talvez fosse bom você fazer uma bela figura pra gente entender bem a sua explicação, ok?

RESPOSTA: Translação é o nome dado ao movimento da Terra ao redor do Sol.

Observação: O formato da trajetória (ou órbita) da Terra ao redor do Sol é quase um círculo com o Sol estando um pouquinho só fora do centro do círculo. Quem desenhou

uma elipse bem achatada (similar a um ovo, por exemplo) vai perder metade dos pontos desta questão.

(d) Quantos dias dura esse movimento?

RESPOSTA: 365 dias (aproximadamente), ou 365,25 dias.

2000 – III OBA – Prova Nível I

Questão 6

Espero que você já tenha observado a sua sombra, porque para responder esta questão você precisa ter observado a sua sombra. Provavelmente você já observou que sua sombra é mais comprida ao amanhecer e ao entardecer, não é mesmo? Suponha que seja inverno e que você esteja no hemisfério sul (menos no polo) para responder ao item b) abaixo.

a) Para qual direção cardeal está voltada sua sombra ao amanhecer e ao entardecer?

b) Em qual hora do dia a sua sombra é a mais curta e para qual direção cardeal ela aponta nesta hora?

Respostas: **a)** No amanhecer ela está voltada para o oeste e no entardecer ela está voltada para o leste; **b)** Ela é mais curta ao meio dia (para ser exato, quando o Sol cruza o meridiano local mas vamos aceitar que a resposta esteja correta se for escrito que é ao meio dia) e aponta para o lado cardeal Sul.

Questão 7

Antigamente se pensava que a Terra era imóvel, que estava no centro do universo e que o Sol, os planetas e estrelas giravam ao redor dela. A esta forma de pensar se chamou de geocentrismo, isto é, a Terra no centro de tudo. Atualmente sabemos que isso não é verdade, pois a Terra e os planetas giram ao redor do Sol enquanto giram ao redor de si mesmos. A esta forma de explicar os movimentos dos planetas chamamos de heliocentrismo, isto é, o Sol no centro. O movimento que a Terra faz ao redor de si mesma chamamos de rotação e o movimento que ela faz ao redor do Sol chamamos de translação.

a) Qual dos dois movimentos acima é o responsável pelo surgimento do dia e da noite?

b) Quantos dias dura o movimento de translação e o movimento de rotação?

Respostas: **a)** Rotação; **b)** 365 dias e 1 dia respectivamente.

2000 – III OBA – Prova Nível II

Questão 1

Como você sabe, a Terra tem um único movimento que é o movimento que ela tem e pronto. Mas para melhor estudar este movimento os cientistas decompõem este movimento em vários, sendo que dois deles você já estudou, pelo menos é o que esperamos. Assim sendo, gostaríamos que você nos respondesse as duas perguntas abaixo:

a) Como você explica o fenômeno do aparecimento do dia e da noite?

b) À soma das horas com luz solar mais as horas em que ficamos sem a luz solar chamamos de dia. Quantas horas tem o dia?

Respostas: **a)** O fenômeno do dia e da noite existe porque a Terra gira em torno do eixo de rotação dela; **b)** Aproximadamente 24 horas.

Questão 2

Vamos supor que por alguma mágica qualquer a Terra parasse de girar em torno do próprio eixo dela. Neste caso, pense e responda:

- a) Como seria o dia e noite na Terra, isto é, quanto tempo duraria o dia e a noite?
- b) Tem gente que pensa que seria sempre dia de um lado da Terra e sempre noite do outro lado da Terra. Explique por que isso não seria verdade.

Respostas: **a)** O dia e a noite durariam 6 meses cada; **b)** Para que seja sempre dia de um mesmo lado da Terra, digamos o lado em que fica o Brasil, na verdade esse lado teria que estar sempre virado para o Sol, mas neste caso a Terra teria que estar girando sobre ela mesma, só que tão devagarinho que num ano ela daria somente uma volta sobre ela mesma.

Questão 10

Como já escrevemos acima, nosso planeta, a Terra, gira ao redor do Sol. Cada volta se completa em um ano terrestre, sobre um caminho, trajetória ou rota espacial chamada órbita. Durante todo esse tempo somos iluminados permanentemente pela potente luz solar. À medida que os dias passam, essa iluminação vai mudando de intensidade nas diferentes regiões da Terra. Essas diferentes iluminações, provocam diferenças no clima das regiões, as quais se fazem notar, principalmente, quatro vezes ao ano e que chamamos de Estações do Ano.

- a) Quais são os nomes dados a estas quatro estações do ano?
- b) Como escrevemos na questão 5, as estações do ano não têm muito pouco a ver com a maior ou menor distância da Terra ao Sol (afinal a Terra está quase sempre à mesma distância do Sol), então, qual é a explicação para ocorrerem as 4 estações do ano?

Respostas: **a)** Os nomes das quatro estações do ano são: Primavera, Verão, Outono e Inverno; **b)** O motivo das estações do ano, é a inclinação de 23,5 graus do eixo de rotação terrestre em relação à perpendicular ao plano da órbita da Terra ao redor do Sol em conjunto com o movimento de translação da Terra ao redor do Sol.

2001 – IV OBA – Prova Nível I

Questão 5

Você sabe que toda vez que faz aniversário é porque se passou mais um ano para você, certo? Isto significa que o planeta Terra deu mais uma volta ao redor do Sol desde o seu último aniversário. Muito bem, esperamos que você já tenha estudado a forma do movimento da Terra ao redor do Sol. Uma das figuras abaixo é a que melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

2001 – IV OBA – Prova Nível II

Questão 10

Depois de uma pergunta difícil, uma pergunta bem fácil:

- a) Explique o que são os movimentos de rotação e translação da Terra e qual é a duração de cada um.
- b) O lado da Lua que nunca vemos e que chamamos de lado escuro, afinal é sempre escuro mesmo ou não? Justifique a sua resposta.

Respostas:

a) Rotação é o movimento que a Terra faz em torno do próprio eixo e dura aproximadamente 24 horas. Translação é o movimento que a Terra faz em torno do Sol e dura aproximadamente 365 dias.

b) O lado escuro não é de fato escuro, pois, por exemplo, na Lua Nova aquele lado está sendo plenamente iluminado pelo Sol.

2002 – V OBA – Prova Nível I**Questão 3**

Quando você está num carro, ônibus ou trem, mesmo de olhos fechados e ouvidos tampados (para não ouvir o barulho do motor) você consegue perceber quando o carro, ônibus ou trem está em movimento e quando está parado, não é verdade? Até mesmo num avião dá para perceber isso. No mínimo, percebemos quando o veículo em que estamos acelera ou freia. Quando ele faz uma curva somos jogados na direção contrária também. Se uma janela estiver aberta, sentimos, o vento. Mas você já deve ter viajado de ônibus e sentido que, em determinados momentos, você pode caminhar pelo ônibus quase sem sentir o movimento dele. Acontece que estamos na Terra e ela está em movimento ao redor do Sol (chamamos esse movimento de translação). A Terra, além disso, também está girando sobre ela mesma (chamamos este movimento de rotação). Mas não conseguimos perceber que ela está se movendo! Por isso foi muito difícil descobrir que ela está em movimento. Aristarco de Samos foi um grego que viveu há muito tempo. Acredita-se que tenha nascido no ano 310 e morrido no ano 230 ANTES de Cristo. Este grego foi o primeiro homem a afirmar que a Terra estava em movimento, mas claro que quase ninguém acreditou nele.

a) Quando você está num carro em movimento e a janelinha está aberta você sente o vento o tempo todo. A Terra está sempre em movimento. Por que você acha que não existe vento devido ao movimento da Terra?

Resposta: A resposta correta é que tanto nós como o ar (atmosfera) andamos junto com a Terra. Dizer que o ar anda junto com a Terra também leva a questão inteira. Claro que poderá haver diferentes redações para esta resposta e que, obviamente, não conseguimos prever. Por isto, vale o bom senso do professor que estiver corrigindo a prova discernir se a redação contempla a resposta correta ou não.

b) Quando você gira sobre você mesmo, você fica tonto e pode até cair no chão, certo? A Terra está girando sem parar também. Por que não ficamos nem um pouquinho tontos com os giros que a Terra dá?

Resposta: Porque a Terra é imensa e gira bem devagarinho, levando um dia inteiro para dar apenas uma volta completa sobre si mesma.

Questão 8

Você já aprendeu que a Terra gira ao redor do Sol, não é mesmo? Esta pergunta é justamente sobre este movimento que chamamos de translação. As órbitas dos planetas não são circulares. A figura geométrica que descreve as órbitas dos planetas é chamada de elipse. Elipses podem ser bem achatadas, como um ovo ou até mais, ou podem ser bem próximas de um círculo. A órbita da Terra é uma elipse que é quase um círculo. As órbitas dos outros planetas também são elipses que são quase círculos perfeitos. Por isso mesmo foi muito difícil descobrir que eram elipses e não círculos. Por muitos anos se pensou que as órbitas eram círculos perfeitos. Uma forte evidência de que a órbita da Terra é quase um círculo é que vemos o Sol sempre do mesmo tamanho. Se a órbita da

Terra fosse uma elipse muito achatada, veríamos o Sol mudar de tamanho aparente no céu. Na figura abaixo desenhamos a órbita da Terra ao redor do Sol. Dentro da órbita desenhamos a posição do Sol em quatro lugares diferentes, mas claro que só um lugar é o lugar correto para colocarmos o Sol.

2004 – VII OBA – Prova Nível I

Questão 1

Devido ao giro da Terra sobre ela mesma (rotação), o Sol é que parece girar ao redor da Terra, não é mesmo? O Sol é o único astro com luz própria do sistema solar. Quando a luz dele é bloqueada temos as sombras.

Perguntas:

a) Qual é a cor da sua sombra?

Resposta: Preta, escura, não tem cor, ou algo assim.

b) Quando a sua sombra é maior, de manhã ou ao meio dia?

Resposta: De manhã.

Questão 8

Como você talvez já saiba a Terra gira ao redor do Sol num movimento chamado translação e para dar uma volta completa gasta um ano.

Perguntas:

a) Pois bem, dito isso, quantas voltas completas a Terra já deu ao redor do Sol desde o dia em que você nasceu? É fácil, mas você tem que pensar!

Resposta a): A Terra deu tantas voltas quanto é a idade do aluno. Aqui o(a) professor(a) precisa olhar a data de nascimento do aluno no cabeçalho da prova.

b) Quantas voltas ao redor do Sol a Terra terá dado desde o dia que você nasceu até o dia em que você completar 20 anos?

Resposta b): A Terra terá dado 20 voltas.

2004 – VII OBA – Prova Nível II

Questão 7

Como você talvez já saiba a Terra gira ao redor do Sol num movimento chamado translação e para dar uma volta completa ao redor do Sol gasta um ano e ao mesmo tempo ela gira sobre ela mesma (rotação) o que dá origem ao dia e à noite e faz com que pareça que é o Sol que está girando ao redor da Terra.

Perguntas:

a) Pois bem, dito isso, quantas voltas completas a Terra já deu ao redor do Sol desde o dia em que você nasceu? É fácil, mas você tem que pensar!

Resposta: A Terra deu um número de voltas igual à idade do aluno. Neste item o(a) professor(a) precisa conferir com a data de nascimento do aluno no cabeçalho da prova.

b) Por que as estrelas também parecem girar ao redor da Terra?

Resposta: Devido também ao movimento de rotação da Terra.

2005 – XVIII OBA – Prova Nível I

Questão 3

Quando você está viajando num ônibus, você é passageiro daquele ônibus e pode descer quando chegar ao seu destino.

Perguntas:

3a) Todos nós moramos num grande “ônibus”, chamado planeta Terra, que nos leva ao redor do Sol o tempo todo e do qual não podemos descer. Qual é a cor do planeta Terra quando visto do espaço?

O objetivo desta questão era mostrar que não temos nenhum controle sobre o movimento de translação da Terra, ou seja, que somos meros “passageiros” e também “prisioneiros” deste planeta. A cor do planeta Terra quando visto do espaço é a mesma que quando olhamos para o céu num dia sem nuvens, além disso, o primeiro astronauta, o russo Yuri Gagarin, em 1961, quando em órbita da Terra, exclamou: a Terra é azul!

2007 – X OBA – Prova Nível I

Questão 5

Você sabe que a Terra gira ao redor do Sol e quase sempre à mesma distância dele num movimento quase circular chamado elipse. Chamamos este movimento de translação.

Pergunta 5a) Além da translação a Terra gira sobre ela mesma, o que causa os dias e as noites. Por que não vemos o Sol durante a noite? Se quiser faça uma figura para explicar.

Pergunta 5b) Ao lado já desenhamos o Sol. Desenhe você, o caminho que a Terra faz ao redor do Sol.

2007 – X OBA – Prova Nível II

Questão 5

Você sabe que a Terra gira ao redor do Sol e quase sempre à mesma distância dele, num movimento quase, circular chamado elipse. Até chamamos este movimento de translação.

Pergunta 5a) Se a Terra está quase sempre à mesma distância do Sol, por que ao meio dia geralmente é a parte mais quente do dia?

Pergunta 5b) Ao lado já desenhamos o Sol. Desenhe você, o caminho que a Terra faz ao redor do Sol.

2008 – XI OBA – Prova Nível I

Questão 1

Você mora num planeta que gira ao redor de uma estrela. A força gravitacional que existe entre eles determina o movimento do planeta ao redor da estrela.

Pergunta 1a) Qual é o nome do planeta em que moramos?

Pergunta 1b) O planeta Terra gira em torno de qual estrela?

2008 – XI OBA – Prova Nível II

Questão 4

Claro que o tamanho da órbita da Terra é muito maior do que o da órbita da Lua, mas não estamos levando isso em consideração nesta questão.

Pergunta 4a) Escreva uma grande letra **T** sobre a figura que mais se aproxime do movimento de translação da Terra ao redor do Sol.

Pergunta 4b) Escreva uma grande letra **L** sobre a figura que mais se aproxime do movimento de translação da Lua ao redor da Terra (despreze o movimento de translação da Terra neste caso).

2012 – XV OBA – Prova Nível I

Questão 1

Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase abaixo.

- (ERRADO) Ao meio-dia, ou perto do meio-dia, um poste nunca tem sombra.
- (CERTO) Os dias e noites ocorrem porque a Terra gira sobre o seu eixo de rotação.
- (ERRADO) Os dias e noites ocorrem porque o Sol gira ao redor da Terra.
- (ERRADO) Nunca vemos a Lua durante o dia.

2012 – XV OBA – Prova Nível II

Questão 1)

Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase abaixo.

- (ERRADO) No inverno, de qualquer hemisfério, a Terra está bem mais longe do Sol.
- (ERRADO) No verão, de qualquer hemisfério, a Terra está bem mais perto do Sol.
- (ERRADO) O Sol gira ao redor da Terra, isso explica os dias e noites.
- (ERRADO) A Lua cheia brilha mais porque está mais perto da Terra.
- (ERRADO) Nunca vemos a Lua durante o dia.

Questão 2

Mais perguntas de certo ou errado. Cuidado para não escrever certo onde está tudo errado. Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase.

(ERRADO) No inverno a Terra está bem mais longe do Sol, logo ele parece bem menor.

(ERRADO) O Sol gira ao redor do próprio eixo de rotação, isso explica os dias e noites.

(ERRADO) No verão a Terra está bem mais perto do Sol, logo ele parece bem maior.

(ERRADO) Podemos ver a Lua cheia até durante o dia, pois ela brilha muito.

(ERRADO) Não vemos a Lua nova porque ela está na sombra da Terra.

2013 – XVI OBA – Prova Nível I

Questão 1

Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase abaixo.

(CERTO) No meio-dia verdadeiro ou solar, o Sol sempre está no lugar mais alto do céu.

(ERRADO) O planeta Terra está parado e tudo gira ao seu redor.

(CERTO) O planeta Terra gira ao redor do Sol.

(CERTO) A Lua gira ao redor da Terra.

2013 – XVI OBA – Prova Nível II

Questão 1) Perguntas sobre o Sol, a Terra e a Lua. Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase abaixo.

(ERRADO) No inverno a Terra está muito mais longe do Sol, por isso faz muito frio.

(ERRADO) No verão, de qualquer hemisfério, a Terra está muito mais perto do Sol.

(ERRADO) A Terra gira ao redor do Sol; isso explica os dias e as noites.

(CERTO) A Terra gira ao redor do seu eixo de rotação; isso explica os dias e as noites.

(ERRADO) A Lua tem luz própria, como o Sol.

2015 – XVIII OBA – Prova Nível II

Questão 7

Suponha que você tenha feito a seguinte experiência ao longo de um dia todo: Deixou um lápis, de pé, de ponta para cima, num piso plano, sob o Sol e observou a sombra do lápis.

Pergunta 7a) De manhã, bem cedo, por volta das 6 horas, para qual direção cardeal (Norte, Sul, Leste ou Oeste) apontava, aproximadamente, a sombra do lápis?

Resposta 7a): OESTE.....

Pergunta 7b) Qual era, aproximadamente, a hora em que a sombra do lápis ficou a menor do dia?

Resposta 7b):MEIO DIA (ou 12h).....

4.3.2. Questões Nível III

2001 – IV OBA – Prova Nível III

Questão 6

O Movimento dos Corpos Celestes.

Os astros (planetas, estrelas e galáxias) estão se movimentando no céu na direção de leste para oeste. Tal fenômeno é um reflexo direto da rotação da Terra, a qual está girando em torno do seu eixo no sentido de oeste para leste. Ao longo das 24 horas do dia, todos os astros descrevem no céu trajetórias circulares paralelas ao equador. Nos polos, todas as estrelas de um mesmo hemisfério permanecem 24 horas acima do horizonte. Diferentemente, no equador as estrelas permanecem 12 horas acima do horizonte e 12 horas abaixo dele. O Prof. José Renan de Medeiros, um dos líderes da Equipe Brasileira de Astronomia e que mora em Natal, cidade localizada no hemisfério sul, a aproximadamente 5 graus da linha do equador, num início de noite, olhou para o horizonte e viu um maravilhoso espetáculo: A constelação de Órion (aquela que possui as Três Marias) “emergindo” do oceano.

6.a – Para qual lado cardeal estava olhando o Prof. Renan?

6.b – Passadas 6 horas do momento em que o Prof. Renan viu Órion emergir do oceano, onde estava agora localizada esta constelação?

6.c – Seis meses após o referido evento (item 6.a), onde estará localizada a constelação de Órion em relação à cidade de Natal, ao anoitecer?

Respostas:

6.a) Para o Leste.

6.b) Cruzando a linha meridiana que passa sobre Natal.

6.c) Para o Oeste.

2003 – VI OBA – Prova Nível III

Questão 1

A Precessão dos Equinócios é um fenômeno astronômico sutil que compõe o movimento da Terra. Foi medida ainda na Antiguidade pelo astrônomo grego Hiparco de Nicéia, já no segundo século antes de Cristo. Este nome, que pode parecer estranho, designa uma pequena e uniforme variação da direção do eixo de rotação terrestre. É como se a Terra fosse um imenso pião, que roda velozmente em torno de seu próprio eixo mas que, por não ficar inteiramente na vertical com relação ao solo, tem este mesmo eixo de rotação a girar bem mais lentamente ao redor da perpendicular com relação ao solo. Devido a ele, a passagem do Sol de um hemisfério celeste ao outro durante o seu movimento aparente anual ocorre sempre em um ponto diferente com relação ao resto das estrelas. Ou seja, os dois pontos nos quais o Sol cruza o equador celeste (equinócios) em seu movimento anual sempre se deslocam de ano para ano (precessionam). Esta passagem é, aliás, uma definição de equinócio mais ao gosto dos astrônomos, por ser algo que eles podem medir no céu. Afinal, você sabe que os equinócios ocorrem em dias nos quais a duração do período diurno é igual à do noturno em ambos os hemisférios. Nestes dias também

começam o outono e a primavera (um em cada hemisfério, claro!) É fácil imaginar o contrário então: a precessão dos equinócios causa uma mudança contínua na posição das constelações zodiacais em relação ao equador celeste. Este movimento aparente das constelações tem a mesma duração do movimento do eixo da Terra, um longo ciclo de 26.000 anos. Suponha que, numa noite do ano 2003, de sua casa, você esteja vendo o nascer da constelação do Sagitário. As doze constelações zodiacais em ordem crescente de ascensão reta (o arco do equador celeste contado a partir do equinócio de março) são: Carneiro (Áries), Touro, Gêmeos, Caranguejo, Leão, Virgem, Balança (Libra), Escorpião, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixes. Olhando de sua casa para a mesma região do céu, porém, daqui a 13.000 anos (situação hipotética, claro!), que constelação zodiacal você poderia ver no lugar do Sagitário?

2005 – VIII OBA – Prova Nível III

Questão 3

Quando você está viajando num ônibus, você é passageiro daquele ônibus e pode descer quando chega ao seu destino. Quem dirige o ônibus é o motorista.

Perguntas:

3a) Todos nós moramos num grande “ônibus”, chamado planeta Terra, que nos leva ao redor do Sol o tempo todo e do qual não podemos descer e nele não há nenhum motorista! Como vê, estamos numa grande enrascada! Desenhe a trajetória, isto é, o caminho que este “ônibus”, digo, planeta Terra, faz ao redor do Sol ao longo de um ano, supondo que o Sol fique sempre parado. Não use perspectiva, ou seja, desenhe imaginando que está vendo o movimento da Terra, bem de cima do Sol, mas bem longe dele, claro.

2008 – XI OBA – Prova Nível III

Questão 5

Pergunta 5a) Enquanto a Terra dá uma volta ao redor Sol a Lua dá cerca de 13 voltas ao redor da Terra. Na figura abaixo, a linha circular representa a órbita da Terra ao redor do Sol e a outra linha representa a órbita da Lua, ao redor da Terra, mas enquanto esta gira ao redor do Sol, vista por um Astronauta que estivesse sobre o Sol, mas bem longe deste, claro, sobre seu eixo de rotação. Escreva **CERTO** sobre a figura que melhor representa a órbita da Lua vista pelo Astronauta e escreva **ERRADO** sobre aquela que estiver errada. Talvez você fique em dúvida sobre qual é a certa, mas você pode ter certeza sobre qual é a errada a partir da informação dada e do seu raciocínio. Observação: as figuras são esquemáticas, ou seja, não obedecem a escalas de distâncias.

Perguntas 5b a 5d) Caminhando pela Terra. No colégio você já deve ter se familiarizado com os quatro pontos cardeais: norte, sul, leste, oeste. Pense, em termos do planeta Terra, por que eles foram estabelecidos. Imagine agora que você esteja em um lugar qualquer da Terra, e saia caminhando em uma dada direção. Suponha que não haja montanhas ou oceanos no seu caminho, de forma que você sempre pode continuar andando na direção que escolheu.

Pergunta 5b) Se você seguisse andando sempre na direção sul, você poderia continuar andando indefinidamente ou ia acabar chegando num ponto a partir do qual não mais poderia caminhar nesta direção? Que ponto final seria este? Justifique sua resposta. Faça um desenho para ajudá-lo a achar a resposta.

Pergunta 5c) Se você seguisse andando sempre na direção oeste, você poderia continuar andando indefinidamente ou ia acabar chegando num ponto a partir do qual não mais poderia caminhar nesta direção? Que ponto final seria este? Justifique sua resposta. Faça um desenho para ajudá-lo a achar a resposta.

Pergunta 5d) Essa é um pouco mais difícil. Imagine que você deseja construir uma casa simples, quadrada, com quatro paredes e uma janela em cada parede. Em que lugar da Terra você poderia construir essa casa para que *todas as suas janelas fiquem voltadas para o norte*? Justifique sua resposta. Faça um desenho para ajudá-lo a achar a resposta.

2011 – XIV OBA – Prova Nível III

Questão

4

Ao lado está um esquema mostrando a Terra no seu movimento anual ao redor do Sol, em perspectiva, fora de escala, em 4 datas especiais, para 2010. Coloque a data em que ocorre cada um dos eventos da tabela abaixo. Pode haver mais de um evento para uma mesma data.

(21 / 12)	Sol a pino no Trópico de Capricórnio
(23 / 09)	Início da primavera no Hemisfério Sul
(20 / 03)	Início do outono no Hemisfério Sul
(21 / 06)	Solstício de verão no Hemisfério Norte

(20 / 03) Sol sobre a intersecção da Eclíptica com o Equador Celeste indo do Hemisfério Sul para o Norte

2012 – XV OBA – Prova Nível III

Questão 1

Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase.

(ERRADO) No inverno do hemisfério Norte ou Sul a Terra está passando muito longe do Sol.

(ERRADO) No verão do hemisfério Norte ou Sul a Terra está passando pertinho do Sol.

(ERRADO) O Sol gira ao redor da Terra, isso explica a alternância entre dia e noite.

(ERRADO) O Sol se põe todo dia no ponto cardeal Oeste.

(ERRADO) O Sol nasce todo dia no ponto cardeal Leste.

Questão 2

Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase.

Cuidado para não escrever certo onde está tudo errado.

(ERRADO) No verão de qualquer hemisfério a Terra está mais perto do Sol, logo ele parece maior.

(ERRADO) Ao meio-dia ou bem perto disso um poste nunca tem (ou faz) sombra.

(ERRADO) Não vemos a Lua nova porque ela está na sombra da Terra.

(ERRADO) Podemos ver a Lua cheia até durante o dia, pois ela brilha muito.

(ERRADO) No inverno de qualquer hemisfério a Terra passa longe do Sol e podemos vê-lo pequenininho no céu.

Questão 4

Ano Bissexto. Nosso calendário está baseado no **Ano Trópico**. Este é o tempo que o Sol, em seu movimento aparente anual, gasta entre ficar a pino no Trópico de Capricórnio, ir e ficar a pino ao Trópico de Câncer e voltar a ficar a pino no Trópico de Capricórnio. Quando o Sol está a pino no Trópico de Capricórnio ou de Câncer, dizemos que ali está ocorrendo o Solstício de Verão. Para ir de um Trópico para o outro, passa a pino pelo Equador Celeste e quando isso ocorre dizemos que está ocorrendo o Equinócio. É por isso que o chamamos de **Ano Trópico**, pois o Sol oscila entre os dois Trópicos. A duração deste Ano Trópico é de, aproximadamente, **365,25 dias**. Sua grande vantagem é que as estações do ano sempre começam, aproximadamente, nas mesmas datas, além de ser simples a observação dos Equinócios e dos Solstícios.

Questão 5

Você sabe que a Terra gira ao redor do Sol numa **órbita elíptica**. Chamamos esse movimento de translação. Para dar uma volta completa ao redor do Sol, a Terra gasta, aproximadamente, **365,26 dias**. Este tempo chamamos de **Ano Sideral**. Ele é medido em relação às estrelas fixas e é maior do que o **ano Trópico**.

Pergunta 5) Faça um X na figura abaixo que melhor representa a órbita da Terra ao redor do Sol. Não há efeito de perspectiva, isto é, você está olhando tudo de “cima”.

Observações: A órbita da Terra é uma elipse de baixíssima excentricidade ($e = 0,0167$), ou seja, muito próxima de um círculo. A segunda figura (da esquerda para a direita) já está exageradíssima em relação à realidade. Se a órbita fosse uma elipse de alta excentricidade veríamos o Sol variar de diâmetro durante o ano além de outros fenômenos. Todos os detalhes sobre a correta forma da órbita da Terra estão no artigo: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2?v4n2a06.pdf>

2013 – XVI OBA – Prova Nível III

Questão 2

Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase.

(CERTO) O Sol só pode ser visto a pino entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, mas não todo dia.

(ERRADO) O inverno e o verão dependem da Terra estar mais longe ou mais perto do Sol.

(CERTO) A região entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio chamamos de intertropical.

(CERTO) O eclipse lunar total é visto por todos que estão na parte noturna da Terra.

(ERRADO) O Sol não ilumina a Lua em sua fase nova.

2014 – XVII OBA – Prova Nível III

Questão 5

No seu movimento aparente anual, o Sol percorre a eclíptica entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, cruzando a linha do Equador nos dias de Equinócio. No mapa abaixo, adaptado do site www.mapasparacolorir.com.br, está representada uma planificação do mapa mundi, destacando os dois polos geográficos, o Equador e os quatro paralelos de latitude determinados pelo movimento anual do Sol (círculos polares e trópicos). Eles estão identificados com as letras A, B, C, D, E, F e G à direita do mapa.

(V) No planisfério acima, A e G são os polos geográficos NORTE e SUL, respectivamente.

(V) No solstício de dezembro (21 ou 22 de dezembro) o Sol está sobre o paralelo E.

(F) O Sol passa duas vezes por ano pelo zênite de um observador entre os paralelos B e F.

(F) Quando o Sol está sobre o paralelo C tem início o verão no hemisfério Sul.

4.3.3. Questões nível IV

2004 – VII OBA – Prova Nível I

Questão 3

Comentário: Você com certeza acertou a primeira questão porque sabe que as estações do Ano são devidas ao fato da Terra ter o seu eixo de rotação inclinado com relação à perpendicular ao plano de sua órbita e, assim, à medida em que a Terra se movimenta ao redor do Sol ela vai sendo iluminada diferentemente a cada dia. É por isto que a duração do tempo em que temos o Sol acima do horizonte varia de dia para dia. Por outro lado, imagine agora que você finque um pilar em um lugar que receba diretamente a luz do Sol ao longo do dia. O Sol nasce a leste. Logo, sua sombra estará apontando para o oeste. E ela será, naquele instante, a maior do dia, somente igual à de quando o Sol está se pondo a oeste e, portanto, a sombra do pilar aponta para o leste. Chamamos de hora solar verdadeira aquela que corresponde à exata posição do Sol. Meio dia solar verdadeiro, por exemplo, é quando o Sol está no ponto mais alto de sua trajetória ao longo do dia e, portanto, sobre o chamando meridiano do lugar, plano vertical norte-sul. No mapa ao lado temos o Brasil, algumas cidades, o equador e o Trópico de Capricórnio .

Pergunta a) Considere que é meio-dia solar verdadeiro em Brasília no primeiro dia de Inverno no Hemisfério Norte. No diagrama abaixo está desenhada a sombra do pilar em Brasília neste instante. Pelo que explicamos, você deve imaginar que ela está neste instante sobre a linha Norte-Sul. Ajudado pelo mapa ao lado **desenhe**, indicando claramente no diagrama abaixo como deve ser a sombra de um mesmo pilar, neste mesmo instante em Macapá (1), Maceió (2), Porto Alegre (3), e em Rio Branco (4) comparativamente à direção e tamanho da sombra do pilar de Brasília já indicada. Fique atento tanto ao tamanho quanto à direção e ao sentido da sombra.

2005 – VIII OBA – Prova Nível IV

Questão 2 - Você sabe que as estações do ano são devidas ao fato da Terra ter o seu eixo de rotação inclinado com relação à perpendicular ao plano de sua órbita e, assim, à medida em que a Terra se movimenta ao redor do Sol, ela vai sendo iluminada diferentemente a cada dia, o que significa dizer que o Sol irá se movimentar dia-a-dia para norte ou para sul, visto de um mesmo lugar. Isto significa dizer também que **o Sol, a cada dia, estará mais alto ou mais baixo no céu a uma dada mesma hora em um dado mesmo lugar e, em especial, ao meio-dia verdadeiro, que é quando ele se encontra mais alto no céu. Com isto, a luz do Sol incidirá mais próxima ou mais afastada da perpendicular daquele lugar, aquecendo-o, respectivamente, mais ou menos intensamente. É exatamente por isto que ocorrem as estações do ano.** Outra consequência da inclinação do eixo de rotação é que a duração do tempo em que temos o Sol acima do horizonte varia de dia para dia, ao longo do ano. Na verdade, o que é relevante aqui é o quão você está distante do equador ou próximo de um pólo, mas vamos deixar detalhes desta discussão para outra oportunidade. **Dados:** Chamamos de Zênite o ponto imaginário do céu que está exatamente acima de nossas cabeças, no lugar onde estamos, e dizemos que o Sol está a pino quando ele está exatamente no Zênite. Na verdade, quase nunca o Sol está a pino em um lugar, e em muitos lugares da Terra ele jamais irá estar. Para você entender bem o que foi discutido acima, vamos propor algumas reflexões.

Pergunta 2a) Vamos propor, inicialmente, uma situação que **não ocorre** na realidade. Imagine que o eixo de rotação da Terra seja exatamente perpendicular ao seu plano de translação ao redor do Sol. (Dica: faça uma figura!) **i)** Quantas vezes o Sol estará a pino, em um ano, visto de um mesmo ponto sobre o equador? **ii)** Quantas vezes o Sol estará a pino em qualquer outro ponto fora do equador? **iii)** Existiria modificação, ao longo do ano, da trajetória diurna do Sol numa dada região qualquer? **iv)** O que aconteceria com as estações do ano? Justifique. Observação: Talvez a figura do item b) desta questão ajude em alguma coisa.

Pergunta 2b) Comentário: De fato, o eixo de rotação da Terra não é perpendicular ao seu plano de translação. Como dissemos, isto faz com que existam as estações do ano. Claro que quando uma estação está começando em um hemisfério, a sua oposta está começando no outro. Ao longo do ano, existem quatro momentos importantes que delimitam estas estações, conhecidos como solstícios de inverno e de verão e equinócios de primavera e de outono. Nos equinócios, o eixo da Terra está perpendicular à linha Sol-Terra, de forma que um dado ponto sobre o equador recebe perpendicularmente os raios do Sol ao meio-dia. Se você acertou a questão anterior, você tem condições de perceber agora que a Terra, se tivesse seu eixo de rotação perpendicular ao plano de translação, estaria eternamente num equinócio. Você sabe também que o equador é o círculo imaginário que divide a Terra entre os Hemisférios Norte e Sul. Outros quatro círculos são igualmente relevantes: os trópicos, em cada um dos quais o Sol fica a pino, ao meio-dia verdadeiro, num dado solstício de verão, e os círculos polares, que delimitam as áreas nas quais o Sol fica 24 h sobre o horizonte, no solstício de verão, ou 24 h abaixo do horizonte e sequer nasce, no solstício de inverno. Veja a figura acima.

Nota: a elipse da figura acima é apenas um efeito de perspectiva, a órbita da Terra é quase circular.

Pergunta 2b) Imagine, agora, a Terra com o seu eixo de rotação inclinado de $23,5^\circ$ em relação à perpendicular ao plano da órbita. O Sol passa a pino (pelo Zênite) num lugar duas vezes num ano. Este ponto está situado em qual região? Isto é: **(a)** Entre os trópicos ou **(b)** fora da região entre os trópicos? Justifique a sua resposta.

Questão 3

Pergunta 3a) O Sol atinge o Zênite de um lugar num solstício. **i)** Em qual região este lugar se situa? Isto é: **(a)** Entre os trópicos ou **(b)** sobre um dado trópico? **ii)** Qual é a Estação do Ano neste hemisfério?

3a)

Resposta:

i) Item, (b) sobre qualquer um dos trópicos. O Sol só pode atingir o Zênite em um trópico por vez, nos solstícios. Neste caso, a estação que se inicia é o verão sobre o hemisfério no qual se situa o trópico. A resposta, portanto é o item, (b) sobre qualquer um dos trópicos. Se houvéssemos tipificado qual solstício, teríamos determinado o trópico, por exemplo, solstício de inverno no Hemisfério Sul – o Sol estaria necessariamente sobre o Trópico de Câncer.

ii) Verão. Como pode ser visto imediatamente da figura da questão, o verão se iniciaria no hemisfério daquele trópico sobre o qual o Sol está no Zênite.

Pergunta 3b) O Sol, no ponto diurno mais alto no céu de um determinado lugar, nunca atinge o Zênite. Em que região este lugar se encontra? Isto é: **(a)** Entre os Trópicos, **(b)** em qualquer lugar entre um trópico e o respectivo pólo ou **(c)** ele deve se situar necessariamente entre um círculo polar e o respectivo pólo. Justifique sua resposta.

3b)

Resposta:

Item (b): Em qualquer lugar entre um trópico e o respectivo pólo. Como esclarecemos nos itens anteriores, a região de ocorrência de Sol a pino é a intertropical. Fora desta região, o Sol nunca estará no Zênite. Portanto, o item correto é o (b) em qualquer lugar entre um trópico e o respectivo pólo.

Pergunta 3c) O ângulo entre o horizonte e a maior altura que o Sol atinge em um lugar é igual à inclinação do eixo de rotação da Terra com relação à perpendicular ao plano de translação. **i)** Que lugar da Terra é este? **ii)** Quando isto ocorre? Justifique sua resposta. (Se fizer uma figura pode ajudar muito!)

3c) Resposta:

i) A resposta aqui é: sobre qualquer um dos dois pólos.

O aluno deverá justificar por algum dos seguintes caminhos. Desenhando um esquema geométrico, conforme a figura ao lado (desenhada para o caso específico do solstício de verão do hemisfério sul), ou percebendo, da questão 2, referente à Terra com eixo de rotação perpendicular ao plano de sua órbita, na qual o Sol, nos pólos, estaria sempre apenas no horizonte. Qualquer desvio que o eixo da terra sofra com relação à perpendicular, seria o exato desvio angular possível do Sol elevar-se do horizonte.

ii) O Sol atinge a altura máxima, com relação ao horizonte, nos pólos, nos respectivos solstícios de verão, o que ocorrerá uma vez para cada pólo ao longo de um ano nos seus respectivos solstício de verão.

2006 – IX OBA – Prova Nível IV

Questão 1

Comentários: Em 2003, um evento astronômico que foi muito noticiado nos meios de comunicação, foi o fato de Marte, por estar mais perto da Terra, aparecer bem mais brilhante que usualmente. No instante de máximo brilho de Marte, o Sol, a Terra e Marte encontravam-se, nesta ordem, ao longo de uma mesma reta, ocasião esta chamada de oposição de Marte em relação à Terra. Para entender melhor o que acontece, pense que, como a Terra está mais perto do Sol do que Marte, ela percorre sua órbita mais rapidamente do que Marte. Assim, a Terra realiza seu movimento de translação em torno do Sol mais rapidamente do que Marte.

Por consequência, algumas vezes os dois planetas estão em lados opostos do Sol, muito distantes, e outras vezes a Terra se encontra com seu vizinho e passa relativamente perto dele. Lembre-se que as órbitas são quase circulares e como Marte está a uma distância do Sol que é pouco maior que uma vez e meia a da Terra ao Sol, o máximo que a Terra e Marte podem estar próximos é sempre em torno de 75 da metade da distância da Terra ao Sol, ou seja, cercade **75 10^6 km**. Na situação real de estarmos olhando para o céu, Marte surge no leste exatamente quando o Sol se põe no oeste, estando os dois afastados por um ângulo de 180 graus ou 12 horas e, portanto, exatamente opostos no céu, daí o nome **oposição**. Se Marte e a Terra seguissem órbitas perfeitamente circulares, em qualquer oposição os dois planetas estariam sempre à mesma distância um do outro. Só este fato já faria com que Marte aparecesse mais brilhante para nós do que em nosso céu cotidiano. Como se não bastasse, no citado evento de 2003, este alinhamento ocorreu com Marte estando muito próximo do seu **periélio**, isso é o ponto da órbita do planeta em que ele se encontra mais próximo do Sol, sendo portanto uma **oposição periélica**. Para se ter uma idéia da raridade de tal evento, mencionemos que as oposições de Marte acontecem a cada 26 meses. A cada 15 ou 17 anos, a oposição ocorre dentro de umas poucas semanas do periélio de Marte. Uma proximidade tal qual a de 2003 é tão rara que a última ocorrência de uma tal proximidade ocorreu há 73.000 anos!

Perguntas:

1a) Desenhe no espaço abaixo a posição dos planetas Terra e Marte, em suas respectivas órbitas em torno do Sol, numa situação qualquer de oposição.

1b) Qual Lei de Kepler você utilizaria para certificar-se de que a Terra possui um período orbital menor do que o de Marte? Por que?

1c) Comentários: Abaixo (à esquerda) apresentamos uma figura que mostra como estão dispostos em suas órbitas a Terra e Marte antes, durante e depois de uma situação de oposição e qual a trajetória aparente de Marte no céu, observado a partir da Terra. A última oposição de Marte ocorreu a 7/nov/2005 e a estação pós-oposição (uma das situações em que o planeta fica “parado” em relação às estrelas visto da Terra) em 11/dez/2005. Em 23/fev/2006 observou-se o alinhamento de Marte com Aldebaran (a estrela mais brilhante da constelação de Touro e portanto chamada alfa do Touro ou alfa Tauris) e Bellatrix (a terceira estrela mais brilhante da constelação de Orion e, portanto a gama de Orion ou gama Orionis), o que é

mostrado na figura abaixo e à direita.

Pergunta 1c): Para que lado Marte estava se deslocando no céu por ocasião do alinhamento – leste ou oeste? Justifique sua resposta.

Questão 3) Você sabe que as estações do ano são devidas à inclinação do eixo de rotação da Terra com relação à perpendicular ao plano da órbita terrestre. Esta inclinação é dada pelo ângulo θ na figura abaixo. Na medida em que a Terra se movimenta ao longo do ano, a incidência dos raios solares vai se modificando. Num ciclo anual completo, existem quatro momentos importantes que demarcam o início das estações do ano, conhecidos como **solstícios de inverno e verão** (quando estas estações se iniciam) e **equinócios de primavera e outono** (quando estas estações se iniciam). Nos equinócios os dias são iguais às noites e nos solstícios, os dias são os mais longos no hemisfério no qual o verão se inicia. Claro que quando uma estação está começando num hemisfério, a sua oposta está começando no outro. Nos equinócios, o eixo de rotação da Terra está perpendicular à linha Sol-Terra, de forma que um dado ponto sobre o equador recebe perpendicularmente os raios do Sol ao meio dia solar verdadeiro. Na figura acima está representado o solstício de verão no Hemisfério Sul, mostrando ainda que o Sol está a pino sobre o trópico de Capricórnio. Isto significa que, ali, naquele momento, os raios solares incidem perpendicularmente ao plano do horizonte ao meio dia verdadeiro.

Perguntas:

3a) i) Após o solstício de Verão do Hemisfério Sul, o que começa a acontecer com a duração do período diurno neste hemisfério? **ii)** E no Hemisfério Norte? **iii)** Esta variação irá durar até que evento?

3b) i) Em que região da Terra o Sol pode ser visto a pino ao longo do ano? **ii)** Nesta região, quantas vezes, em cada ponto da superfície da Terra, a partir do Solstício considerado na figura acima, e até o próximo Solstício de verão do Hemisfério Sul, poderá ele ser visto a pino? **iii)** O Sol pode incidir a pino em algum dia do ano entre um dos trópicos e o pólo do hemisfério correspondente? Por que?

3c) i) Em quais dias o Sol é visível no horizonte em ambos os pólos? **ii)** Por fim, solstício significa Sol parado. Você pode explicar o por quê?

2007 – X OBA – Prova Nível IV

Questão 3

Comentário: Você sabe que as estações do ano são devidas à inclinação do eixo de rotação da Terra com relação à perpendicular ao plano da órbita terrestre. Esta inclinação, dada pelo ângulo θ na figura abaixo, é de cerca de 23,5 graus. Na prova de 2006 da OBA, nós discutimos a respeito dos equinócios e solstícios. Vimos que, à medida que a Terra se movimenta ao redor do Sol, ao longo do ano, o ângulo de incidência dos raios solares na superfície da Terra, em um dado lugar, vai se modificando. Por exemplo, apenas no Solstício de Verão do Hemisfério Sul, o Sol fica a pino (ao meio dia solar local) no Trópico de Capricórnio. Vimos também que nos equinócios (instante em que se iniciam as estações Primavera e Outono) a parte diurna e a noturna do dia são iguais e o Sol fica a pino no Equador. Por outro lado, nos solstícios (instante em que se iniciam o Verão e o

Inverno) a duração do período diurno é a mais longa do ano no hemisfério no qual o Verão se inicia.

Considere a figura a cima, que representa a incidência dos raios solares sobre a Terra, em uma dada posição de sua órbita em torno do Sol. Repare que o eixo de rotação está inclinado de um ângulo θ (cerca de 23,5 graus) em relação à vertical ao plano de translação. Repare ainda que a metade mais escura (à esquerda) é a parte que não recebe luz do Sol e a metade à direita é a região iluminada. Todas as perguntas abaixo são referentes ao fenômeno representado nesta figura.

Pergunta 3a) Que evento astronômico (Solstício de Verão ou de Inverno ou Equinócio de Primavera ou de Outono), em relação a que hemisfério, está sendo representado pela figura? Quais as estações do ano que estão se iniciando no Hemisfério Sul e no Hemisfério Norte? Explique o porquê.

Pergunta 3b)

Qual a altura do Sol no Pólo Norte, isto é quantos graus ele se encontra acima do horizonte?

Pergunta 3c) Em que região da Terra o Sol fica a pino ao meio dia? Resposta 3c):

Pergunta 3d) O Sol é visível no Pólo Sul? Por que? Caso não seja, qual a região de não visibilidade?

Pergunta 3e) O que ocorreria com as estações do ano se o ângulo θ de inclinação do eixo de rotação da Terra fosse nulo, isto é se o eixo fosse perpendicular ao plano de translação?

Questão 7

Comentário: As estrelas descrevem trajetórias aparentes paralelas ao Equador Celeste, que é a interseção imaginária do plano do Equador Terrestre com o fundo de estrelas (esfera celeste). Conforme o lugar da Terra em que se está, suas trajetórias terão inclinações diferentes em relação ao horizonte, dependendo do quão perto ou distante se está do Equador (isto é de sua latitude, que é zero no Equador e 90 graus nos pólos). Como você sabe, as trajetórias das estrelas são devidas apenas à rotação da Terra, o que resulta em elas parecerem fixas umas em relação às outras. Já os planetas descrevem trajetórias no céu que variam ao longo do ano, isto é eles se movimentam em relação ao fundo de estrelas. Tal movimento dos planetas é devido à translação da Terra, bem como aos movimentos dos próprios planetas ao redor do Sol. Como todos os planetas têm órbitas aproximadamente no mesmo plano que a órbita da Terra, eles ficam confinados a uma dada região do céu, sendo esta região sempre próxima à Eclíptica, isto é ao caminho aparente do Sol, ao longo do ano, entre o fundo de estrelas. Com a Lua é semelhante, pois seu plano de translação em torno da Terra é inclinado de apenas 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, conhecido como plano da Eclíptica (ver figura, que está completamente fora de escala, inclusive o ângulo).

Pergunta 7a) As figuras abaixo mostram a posição de uma estrela (um círculo preto) em relação a um poste de rua num dado instante. A partir desse instante desenhe a trajetória aparente aproximada da estrela, orientando-a com uma seta em cada caso. Estão assinalados os pontos cardeais Leste (L) e Oeste (O) no horizonte e as latitudes dos lugares nas figuras.

Pergunta 7b) Em duas das figuras ao lado a Lua está projetada em constelações fora da faixa do zodíaco, onde, se você a vir ali, algo muito estranho terá acontecido com os movimentos celestes. Assinale com um x essas constelações (abaixo) sobre as quais a Lua não pode ser vista da Terra. Explique o porquê. (As constelações e a Lua estão fora de escalas relativas)

2008 – XI OBA – Prova Nível IV

Questão 3) O astrônomo grego Aristarco, de Samos, que viveu por volta de 310 a.C até 230 a.C, é famoso por ter proposto um sistema de mundo heliocêntrico. Num sistema heliocêntrico o Sol é o centro do Universo e, portanto, a Terra se move ao redor do Sol. Na época, o sistema mais aceito era o geocêntrico, em que a Terra não se move e ocupa o centro do Universo conhecido. Na época, os gregos não adotaram o Sistema Heliocêntrico. O Sistema Geocêntrico continuou sendo o mais aceito nos séculos seguintes, até pelo menos a queda do Império Romano do Ocidente, quando, então, até a esfericidade da Terra não era mais unanimemente aceita. O heliocentrismo só voltou a ser fortemente defendido após a reintrodução do geocentrismo (ocorrida na transição da Alta para a Baixa Idade Média), já durante o Renascimento, a partir do século XV, por pensadores famosos como Copérnico e Galileu. Houve muitos fatores que levaram os gregos a preferirem o geocentrismo. Um deles tem a ver com a paralaxe, discutida na primeira questão. Como vimos, um método utilizado para obter paralaxes é utilizando o tamanho da órbita terrestre. Por outro lado, é imaginável que se possa medir paralaxes também utilizando diferentes localidades na superfície da Terra.

Pergunta 3a) Em qual sistema, heliocêntrico ou geocêntrico, seria mais fácil observar as paralaxes? Por _____ quê?

Pergunta 3b) Pense na sua resposta da questão acima. **Pergunta:** Como você elaboraria um argumento relacionado à paralaxe que possa ter contribuído para que o Sistema Geocêntrico fosse preferido pelos gregos e mesmo por muitos da época de Galileu e Copérnico?

Observação: Na verdade, Aristarco tornou-se um defensor do heliocentrismo em virtude de outras importantes contribuições para a Astronomia, como a determinação dos tamanhos e distâncias relativos entre o Sol, a Terra e a Lua.

Pergunta 3c) Para a obtenção da distância relativa da Terra ao Sol, ele mediu no céu o ângulo entre a Lua e o Sol, exatamente numa noite em que um quarto da Lua era visto iluminado. A medida desse ângulo não era muito precisa, e o valor obtido foi de 87° . **Faça:** Um desenho da posição relativa do Sol, Terra e Lua, incluindo o ângulo medido por Aristarco. Desenhe os três corpos no mesmo plano, e o triângulo formado com os três corpos nos vértices.

Pergunta 3d) Quantas vezes o Sol estava mais distante do que a Lua para Aristarco, ou seja qual a razão entre a distância Terra-Sol e a distância Terra-Lua medida por ele? **Dica:** Note que, quando um quarto da Lua está iluminado, o ângulo entre a Terra e o Sol, medido na Lua, seria de 90° . Chame de **d** à distância Terra-Lua e **D** a distância Terra-Sol.

2009 – XII OBA – Prova Nível IV

2) Sol no Centro.

As observações que Galileu fez com a luneta marcam a passagem da visão geocêntrica (a Terra tida como centro do Universo), para a heliocêntrica (o Sol tido como centro do Universo). A visão geocêntrica era muito mais natural.

2a) Baseado em observações do cotidiano, cite dois motivos pelos quais o modelo geocêntrico é mais “natural”.

2b) As estrelas, como o Sol, nascem no lado Leste e se põe no lado Oeste. Pensando no céu como uma esfera, em que sentido essa esfera deveria girar para explicar os movimentos das estrelas: de Leste para Oeste ou de Oeste para Leste? Mas se é a Terra que gira, em que sentido ela deve girar?

Existiam também motivações culturais para colocar o Sol no centro do Universo, pelo seu claro destaque e importância para nós. Nicolau Copérnico (1473-1543) foi muito motivado por razões desse tipo, quando propôs seu modelo.

2c) Cite uma razão pela qual se deveria acreditar que o Sol deveria ser o centro do universo. (Não vale dar respostas envolvendo coisas que foram formuladas depois de Copérnico e por causa dele, como Leis de Kepler ou Gravitação de Newton. Argumente com motivos não tão ligados a teorias físicas). Além das motivações culturais, novas observações do céu trouxeram novas informações, fazendo a visão de mundo tender mais para o lado heliocêntrico.

2d) Vimos na prova do ano passado (se você não viu, dê uma olhada nas provas dos anos anteriores para se preparar para a prova do ano que vem) que os defensores do Geocentrismo argumentavam que, se a Terra se movimentasse ao redor do Sol, deveriam ser observadas mudanças nas posições das estrelas no céu ao longo do ano, fenômeno conhecido como paralaxe. Explique por que Galileu e os astrônomos de seu tempo não observaram estas mudanças. Uma observação importante de Galileu com sua luneta foi a das fases de Vênus. O modelo geocêntrico de Ptolomeu e o modelo heliocêntrico de Copérnico faziam previsões diferentes dessas fases, conforme pode ser visto nas figuras abaixo, esquerda e direita.

Repare que, na primeira figura, Vênus não orbita diretamente a Terra, num círculo, mas o faz num ponto que orbita a Terra. Esses círculos dentro de círculos eram usados para deixar o modelo matematicamente mais preciso. Na verdade, o modelo de Copérnico também usava esses sub-círculos (epíclis), mas não os indicamos aqui (você pode reparar, se quiser, que isso não mudaria as fases vistas no modelo de Copérnico).

2e) Galileu observou a existência de quatro fases em Vênus. Explique como tal fato contribuía a favor do sistema heliocêntrico.

2012 – XV OBA – Prova Nível IV

Questão 2

O Sol, visto da Terra, se desloca, aparentemente, pelas constelações zodiacais contidas na esfera celeste, sobre uma linha imaginária chamada eclíptica. A expansão do plano do equador terrestre até a esfera celeste define o equador celeste. Eclíptica e equador tem o mesmo centro, e estão inclinadas entre si de 23,5 graus, logo, se cruzam. Veja a ilustração abaixo.

Pergunta 2) Calcule quantos graus o Sol, visto da Terra, caminha sobre a eclíptica num dia. Dado: Período sideral do Sol: aproximadamente 365 dias. *Observação importante: A Lua se desloca ao redor da Terra, supondo esta imóvel, em apenas uma hora, de um ângulo igual à metade do valor obtido para o Sol.*

Resolução: O Sol gasta 365 dias para dar uma volta completa ao redor da Terra, logo ele percorre 360 graus. Para saber quantos graus por dia, basta dividir 360 graus por 365 dias:

Resposta 2a): O Sol percorre aproximadamente 1 grau por dia.

Questão 4

A rotação da Terra em torno do seu eixo e sua translação ao redor do Sol causam os fenômenos mais conhecidos de todos. A rotação gera a alternância entre períodos claros e escuros, com o nascer e o ocaso (pôr) do Sol. A translação com o eixo de rotação da Terra inclinado em relação à perpendicular ao plano da eclíptica, o qual é o plano da órbita da Terra, faz com que ele nasça e se ponha em posições constantemente diferentes no horizonte leste e oeste ao longo do ano.

2013 – XVI OBA – Prova Nível IV

Questão 2

O Sol, visto da Terra, se desloca, aparentemente, pelas constelações zodiacais contidas na esfera celeste, sobre uma linha imaginária chamada eclíptica. A expansão do plano do equador terrestre até a esfera celeste define o equador celeste. Eclíptica e Equador tem o mesmo centro, e estão inclinadas entre si de 23,5 graus, logo, se cruzam. Veja a ilustração abaixo.

Pergunta 2a) Quando o Sol está na intersecção da eclíptica com o Equador celeste (pontos B (20/03 em 2013) ou D (22/09 em 2013)) dizemos que está ocorrendo o Equinócio. Neste dia o Sol nasce exatamente no ponto cardinal leste para qualquer observador. De quantas horas é a duração da noite quando o Sol está nos Equinócios?

Comentários: Devido à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à perpendicular ao plano da órbita, somente nestas datas, Equinócios, a noite e a parte diurna do dia duram 12 horas cada.

Pergunta 2b) Quando o Sol está nos pontos A (21/12 em 2013) ou C (21/06 em 2013) dizemos que está ocorrendo o Solstício e o Sol está a pino nos Trópicos de Capricórnio e de Câncer, respectivamente. O Sol sempre passa pelos pontos A, B, C, D quase nas mesmas datas. Quando o Sol está no ponto A, Solstício de dezembro, qual estação do ano está se iniciando no hemisfério sul? Dica: O Sol nasce e se põe mais ao Sul e a noite é a mais curta do ano.

Resposta 2b):Verão

4.3.4. Análise final das questões da OBA

Observando as questões sobre os movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano dos Níveis I e II da Olimpíada de Astronomia e Astronáutica, é possível chegarmos aos seguintes resultados.

Tabela 19 - Resultado das questões dos Níveis I e II da OBA

Categoria	Nível I e Nível II
Referencial Terra	2
Referencial Sol	15
Referencial Sol/Terra	7
Total	24

Houve somente 2 questões, ou 8,33% das 24 questões, cujo teor tinha a visão de um observador na superfície da Terra. Das outras 22 questões, 15, ou 62,2%, estavam relacionadas ao referencial Sol. O restante das questões, 7, ou 31,8%, estavam relacionadas com perguntas que tinham ao mesmo tempo a visão do referencial Sol e referencial Terra.

Em relação às questões do Nível III, temos:

Tabela 20 - Resultados das questões do Nível III da OBA

Categoria	Nível III
Referencial Terra	2
Referencial Sol	3
Referencial Sol/Terra	6
Total	11

Observando a Tabela 20, notamos que, das 11 questões selecionadas, 6, ou seja, 54,5%, estão voltadas para perguntas que têm ao mesmo tempo

elementos da visão da Terra em movimento e do observador na superfície terrestre.

Das cinco perguntas restantes, 60%, ou 3 perguntas, estão relacionadas ao referencial Sol, e as outras 2 perguntas, 40%, estão relacionadas ao referencial Terra.

Sobre as questões do Nível IV, notamos:

Tabela 21 - Resultados das questões do Nível IV da OBA

Categoria	Nível IV
Referencial Terra	4
Referencial Sol	0
Referencial Sol/Terra	8
Total	12

Observando agora os resultados da Tabela 21, temos que, das 12 questões selecionadas, 8, ou 66,7%, se referem ao referencial Sol/Terra, enquanto que as outras 4 questões estão relacionadas ao referencial Terra, perfazendo 33,3%. Não houve questões que fossem consideradas pertencentes ao referencial Sol.

Observando agora a Tabela 19, vemos que os organizadores das questões da OBA tendem a fazer perguntas para os níveis I e II que estão mais relacionadas ao referencial Sol, ou seja, tanto o dia como a noite, como as estações do ano são explicadas pela visão de um observador no Sol (espaço). Aqui, consideramos as seguintes questões com este enfoque:

1. II OBA (1999) – Prova Nível I, questão 4;
2. III OBA (2000) – Prova Nível II, questão 1;
3. III OBA (2000) – Prova Nível II, questão 2;
4. III OBA (2000) – Prova Nível II, questão 10;
5. IV OBA (2001) – Prova Nível I, questão 5;
6. IV OBA (2001) – Prova Nível II, questão 10;
7. V OBA (2002) – Prova Nível I, questão 3;
8. V OBA (2002) – Prova Nível I, questão 8

9. VII OBA (2004) – Prova Nível I, questão 8
10. VIII OBA (2005) – Prova Nível II, questão 3
11. X OBA (2007) – Prova Nível I, questão 5
12. X OBA (2007) – Prova Nível II, questão 5
13. XI OBA (2008) – Prova Nível I, questão 1
14. XI OBA (2008) – Prova Nível II, questão 4
15. XVIII OBA (2013) – Prova Nível II, questão 1

As perguntas que consideramos tendo a visão do observador no Sol e na Terra são:

1. III OBA (2000) – Prova Nível I, questão 7;
2. VII OBA (2004) – Prova Nível I, questão 1;
3. VII OBA (2004) – Prova Nível II, questão 7;
4. XV OBA (2012) – Prova Nível I, questão 1;
5. XV OBA (2012) – Prova Nível II, questão 1;
6. XV OBA (2012) – Prova Nível II, questão 2;
7. XVI OBA (2013) – Prova Nível I, questão 1;

As questões que tinham o observador somente na superfície da Terra são:

1. III OBA (2000) – Prova Nível I, questão 6;
2. VIII OBA (2004) – Prova Nível I, questão 1;

Ao observarmos a Tabela 20, percebemos que os organizadores tendem a fazer questões para o nível III que estão mais voltadas para uma visão de um observador no Sol e na Terra, pois misturam essas características na pergunta. Foram consideradas as seguintes questões com este enfoque:

1. IV OBA (2001) – Prova Nível III, questão 6;
2. VI OBA (2003) – Prova Nível III, questão 1;
3. XI OBA (2008) – Prova Nível III, questão 5;

4. XV OBA (2012) – Prova Nível III, questão 1;
5. XV OBA (2012) – Prova Nível III, questão 2;
6. XVI OBA (2013) – Prova Nível III, questão 2;

As questões que possuem o referencial Sol são:

1. VIII OBA (2005) – Prova Nível III, questão 3;
2. XIV OBA (2011) – Prova Nível III, questão 4;
3. XV OBA (2012) – Prova Nível III, questão 5;

As questões que possuem o referencial Terra são:

1. XV OBA (2012) – Prova Nível III, questão 4;
2. XVII OBA (2014) – Prova Nível III, questão 5;

Observando agora a Tabela 21, notamos que as questões para o nível IV tendem igualmente para uma visão de um observador no Sol e na Terra, pois misturam essas características na pergunta. Foram consideradas as seguintes questões com este enfoque:

1. VII OBA (2004) – Prova Nível IV, questão 3;
2. VIII OBA (2005) – Prova Nível IV, questão 2;
3. IX OBA (2006) – Prova Nível IV, questão 1;
4. IX OBA (2006) – Prova Nível IV, questão 3;
5. X OBA (2007) – Prova Nível IV, questão 3;
6. XI OBA (2008) – Prova Nível IV, questão 3;
7. XII OBA (2009) – Prova Nível IV, questão 2;
8. XV OBA (2012) – Prova Nível IV, questão 4;

As perguntas que estão relacionadas à visão do observador na Terra são:

1. VIII OBA (2005) – Prova Nível IV, questão 3;

2. X OBA (2007) – Prova Nível IV, questão 7;
3. XV OBA (2012) – Prova Nível IV, questão 2;
4. XVI OBA (2013) – Prova Nível IV, questão 2;

De tudo posto, já é possível percebermos algumas questões importantes em relação às questões da OBA que foram selecionadas para este trabalho.

Primeiramente, que nas questões dos níveis I e II, portanto, para crianças do 1º ao 5º anos do Ensino Fundamental, os autores tendem a fazer perguntas relacionadas aos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano do ponto de vista da Terra tendo movimentos, ou seja, do ponto de vista de um observador no Sol (espaço). Das 24 perguntas, 15 foram com este tipo de visão.

Já nos níveis III e IV, observamos outra tendência. As perguntas pendem para uma visão em que os alunos têm que se imaginar na Terra e no espaço.

Antes de continuar, é importante que explicitemos o que queremos afirmar com questões de Referencial Terra, Referencial Sol e Referencial Sol/Terra.

Três exemplos de perguntas em que o aluno tem que se imaginar na Terra seriam:

Nível I – OBA 2000

Espero que você já tenha observado a sua sombra, porque para responder esta questão você precisa ter observado a sua sombra. Provavelmente você já observou que sua sombra é mais comprida ao amanhecer e ao entardecer, não é mesmo? Suponha que seja inverno e que você esteja no hemisfério sul (menos no polo) para responder ao item b) abaixo.

- a) Para qual direção cardinal está voltada sua sombra ao amanhecer e ao entardecer?
- b) Em qual hora do dia a sua sombra é a mais curta e para qual direção cardinal ela aponta nesta hora?

Respostas: **a)** No amanhecer ela está voltada para o oeste e no entardecer ela está voltada para o leste; **b)** Ela é mais curta ao meio dia (para ser exato, quando o Sol cruza o meridiano local mas vamos aceitar que a resposta esteja correta se for escrito que é ao meio dia) e aponta para o lado cardinal Sul.

Nível III – OBA 2012

Ano Bissexto. Nosso calendário está baseado no **Ano Trópico**. Este é o tempo que o Sol, em seu movimento aparente anual, gasta entre ficar a pino no Trópico de Capricórnio, ir e ficar a pino ao Trópico de Câncer e voltar a ficar a pino no Trópico de Capricórnio. Quando o Sol está a pino no Trópico de Capricórnio ou de Câncer, dizemos

que ali está ocorrendo o Solstício de Verão. Para ir de um Trópico para o outro, passa a pino pelo Equador Celeste e quando isso ocorre dizemos que está ocorrendo o Equinócio. É por isso que o chamamos de **Ano Trópico**, pois o Sol oscila entre os dois Trópicos. A duração deste Ano Trópico é de, aproximadamente, **365,25 dias**. Sua grande vantagem é que as estações do ano sempre começam, aproximadamente, nas mesmas datas, além de ser simples a observação dos Equinócios e dos Solstícios.

Nível IV – OBA 2007

Comentário: As estrelas descrevem trajetórias aparentes paralelas ao Equador Celeste, que é a interseção imaginária do plano do Equador Terrestre com o fundo de estrelas (esfera celeste). Conforme o lugar da Terra em que se está, suas trajetórias terão inclinações diferentes em relação ao horizonte, dependendo do quão perto ou distante se está do Equador (isto é de sua latitude, que é zero no Equador e 90 graus nos pólos). Como você sabe, as trajetórias das estrelas são devidas apenas à rotação da Terra, o que resulta em elas parecerem fixas umas em relação às outras. Já os planetas descrevem trajetórias no céu que variam ao longo do ano, isto é eles se movimentam em relação ao fundo de estrelas. Tal movimento dos planetas é devido à translação da Terra, bem como aos movimentos dos próprios planetas ao redor do Sol. Como todos os planetas têm órbitas aproximadamente no mesmo plano que a órbita da Terra, eles ficam confinados a uma dada região do céu, sendo esta região sempre próxima à Eclíptica, isto é ao caminho aparente do Sol, ao longo do ano, entre o fundo de estrelas. Com a Lua é semelhante, pois seu plano de translação em torno da Terra é inclinado de apenas 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, conhecido como plano da Eclíptica (ver figura, que está completamente fora de escala, inclusive o ângulo).

Por estas três questões apresentadas acima, vemos que o aluno, ao lê-las, toma como referencial a Terra. Ele é um observador contemplando a paisagem celeste tentando compreender os fenômenos.

Apresentamos a seguir, duas perguntas sobre Referencial Sol. Não apresentaremos uma questão de cada nível, pois não houve questões de referencial Sol para o nível IV.

Nível II – OBA 2000

Como já escrevemos acima, nosso planeta, a Terra, gira ao redor do Sol. Cada volta se completa em um ano terrestre, sobre um caminho, trajetória ou rota espacial chamada órbita. Durante todo esse tempo somos iluminados permanentemente pela potente luz solar. À medida que os dias passam, essa iluminação vai mudando de intensidade nas diferentes regiões da Terra. Essas diferentes iluminações, provocam diferenças no clima das regiões, as quais se fazem notar, principalmente, quatro vezes ao ano e que chamamos de Estações do Ano.

- a) Quais são os nomes dados a estas quatro estações do ano?
- b) Como escrevemos na questão 5, as estações do ano não têm muito pouco a ver com a

maior ou menor distância da Terra ao Sol (afinal a Terra está quase sempre à mesma distância do Sol), então, qual é a explicação para ocorrerem as 4 estações do ano?

Nível III – OBA 2005

Quando você está viajando num ônibus, você é passageiro daquele ônibus e pode descer quando chega ao seu destino. Quem dirige o ônibus é o motorista.

Perguntas:

3a) Todos nós moramos num grande “ônibus”, chamado planeta Terra, que nos leva ao redor do Sol o tempo todo e do qual não podemos descer e nele não há nenhum motorista! Como vê, estamos numa grande enrascada! Desenhe a trajetória, isto é, o caminho que este “ônibus”, digo, planeta Terra, faz ao redor do Sol ao longo de um ano, supondo que o Sol fique sempre parado. Não use perspectiva, ou seja, desenhe imaginando que está vendo o movimento da Terra, bem de cima do Sol, mas bem longe dele, claro.

Três perguntas em que os organizadores misturam a visão de um observador na Terra e no Sol são apresentadas a seguir:

Nível I – OBA 2004

Devido ao giro da Terra sobre ela mesma (rotação), o Sol é que parece girar ao redor da Terra, não é mesmo? O Sol é o único astro com luz própria do sistema solar. Quando a luz dele é bloqueada temos as sombras.

Perguntas:

a) Qual é a cor da sua sombra?

b) Quando a sua sombra é maior, de manhã ou ao meio dia?

Nível III – OBA 2003

A Precessão dos Equinócios é um fenômeno astronômico sutil que compõe o movimento da Terra. Foi medida ainda na Antiguidade pelo astrônomo grego Hiparco de Nicéia, já no segundo século antes de Cristo. Este nome, que pode parecer estranho, designa uma pequena e uniforme variação da direção do eixo de rotação terrestre. É como se a Terra fosse um imenso pião, que roda velozmente em torno de seu próprio eixo mas que, por não ficar inteiramente na vertical com relação ao solo, tem este mesmo eixo de rotação a girar bem mais lentamente ao redor da perpendicular com relação ao solo. Devido a ele, a passagem do Sol de um hemisfério celeste ao outro durante o seu movimento aparente anual ocorre sempre em um ponto diferente com relação ao resto das estrelas. Ou seja, os dois pontos nos quais o Sol cruza o equador celeste (equinócios) em seu movimento anual sempre se deslocam de ano para ano (precessionam). Esta passagem é, aliás, uma definição de equinócio mais ao gosto dos astrônomos, por ser algo que eles podem medir no céu. Afinal, você sabe que os equinócios ocorrem em dias nos quais a duração do período diurno é igual à do noturno em ambos os hemisférios. Nestes dias também começam o outono e a primavera (um em cada hemisfério, claro!) É fácil imaginar o contrário então: a precessão dos equinócios causa uma mudança contínua na posição

das constelações zodiacais em relação ao equador celeste. Este movimento aparente das constelações tem a mesma duração do movimento do eixo da Terra, um longo ciclo de 26.000 anos. Suponha que, numa noite do ano 2003, de sua casa, você esteja vendo o nascer da constelação do Sagitário. As doze constelações zodiacais em ordem crescente de ascensão reta (o arco do equador celeste contado a partir do equinócio de março) são: Carneiro (Áries), Touro, Gêmeos, Caranguejo, Leão, Virgem, Balança (Libra), Escorpião, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixes.

Olhando de sua casa para a mesma região do céu, porém, daqui a 13.000 anos (situação hipotética, claro!), que constelação zodiacal você poderia ver no lugar do Sagitário?

Nível IV – OBA 2005

Questão 2 - Você sabe que as estações do ano são devidas ao fato da Terra ter o seu eixo de rotação inclinado com relação à perpendicular ao plano de sua órbita e, assim, à medida em que a Terra se movimenta ao redor do Sol, ela vai sendo iluminada diferentemente a cada dia, o que significa dizer que o Sol irá se movimentar dia-a-dia para norte ou para sul, visto de um mesmo lugar. Isto significa dizer também que **o Sol, a cada dia, estará mais alto ou mais baixo no céu a uma dada mesma hora em um dado mesmo lugar e, em especial, ao meio-dia verdadeiro, que é quando ele se encontra mais alto no céu. Com isto, a luz do Sol incidirá mais próxima ou mais afastada da perpendicular daquele lugar, aquecendo-o, respectivamente, mais ou menos intensamente. É exatamente por isto que ocorrem as estações do ano.** Outra consequência da inclinação do eixo de rotação é que a duração do tempo em que temos o Sol acima do horizonte varia de dia para dia, ao longo do ano. Na verdade, o que é relevante aqui é o quão você está distante do equador ou próximo de um pólo, mas vamos deixar detalhes desta discussão para outra oportunidade. **Dados:** Chamamos de Zênite o ponto imaginário do céu que está exatamente acima de nossas cabeças, no lugar onde estamos, e dizemos que o Sol está a pino quando ele está exatamente no Zênite. Na verdade, quase nunca o Sol está a pino em um lugar, e em muitos lugares da Terra ele jamais irá estar. Para você entender bem o que foi discutido acima, vamos propor algumas reflexões.

Ao vermos as questões referentes aos níveis I, III e IV apresentadas acima, notamos que o aluno tem que ter a visão de um observador no Sol porque ele tem que imaginar a Terra se movendo no espaço e, ao mesmo tempo, tem que se imaginar na superfície terrestre contemplando a paisagem celeste para poder entender o que está acontecendo acima de sua cabeça.

De tudo exposto, notamos que os responsáveis pela Olimpíada de Astronomia e Astronáutica tendem a propor questões para os primeiros anos do Ensino Fundamental tendo por base a Terra possuindo movimentos. Poucas são as questões em que os autores trabalham a visão que as crianças captam da natureza.

Nos níveis I e II há 2 perguntas referentes a somente a visão de um observador na superfície na Terra. No nível III, igualmente 2 e 4 questões no nível IV. Os autores trabalham mais a visão de um observador na Terra para os alunos mais velhos do Ensino Médio.

No referencial Sol/Terra, mesmo que o aluno tenha que se imaginar na superfície da Terra, ele, ao mesmo tempo, tem que ter a visão da Terra no espaço. Algo que, talvez, seja até mais difícil, caso não tenha um apoio para relacionar, ao mesmo tempo, duas visões de mundo bem distintas. Notamos que nos níveis III e IV, há uma tendência para esse tipo de questão. Por que disto?

Ao observarmos os regulamentos das olimpíadas, notamos a existência de um tópico onde se lê os conteúdos que os alunos devem estudar para fazerem as provas. Tomando como exemplo o regulamento da olimpíada de 2015 (OBA, 2016 – *destaque nosso*), no ‘tópico 9 – dos conteúdos das provas’, há os seguintes escritos:

As provas serão compatíveis com os conteúdos abordados pela maioria dos livros didáticos do ensino fundamental e médio. A prova será constituída de 7 perguntas de Astronomia e 3 de Astronáutica. Os conteúdos das provas em cada um dos níveis serão:

a) Nível 1. Astronomia: Terra: forma, atmosfera, rotação, pólos, equador, pontos cardeais, dia e noite ... Sol: translação da Terra, ano, estações do ano ... Constelações e reconhecimento do céu.

b) Nível 2. Astronomia: Terra: origem, estrutura interna, forma, alterações na superfície, marés, atmosfera, rotação, pólos, equador, pontos cardeais, bússola, dia e noite, horas e fusos horários ... Sol: translação da Terra, eclíptica, ano, estações do ano ... Constelações e reconhecimento do céu.

c) Nível 3. Astronomia: Além dos conteúdos do nível 2: Terra: rotação, pontos cardeais, coordenadas geográficas, estações do ano, marés, solstício, equinócio, zonas térmicas, horário de verão. Sistema Solar: descrição, origem, Terra como planeta ... Constelações e reconhecimento do céu.

d) Nível 4. Além dos conteúdos do nível 3 ... Constelações e reconhecimento do céu...

Notamos, assim, que os autores das questões da OBA tendem a seguir aproximadamente o que está no livro didático de Ciências do Ensino Fundamental e Médio. Tal fato nos mostra, então, o motivo de se ter tantas perguntas com a visão de um observador no Sol (espaço).

Outro ponto que nos chama a atenção nas questões da prova da olimpíada é o fato dos organizadores das questões parecerem aceitar como única forma correta de apresentação dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano, a visão da Terra em movimento. Mesmo existindo questões em que há a necessidade de conhecimento da observação do céu e/ou de atividades práticas, notamos vários indícios desta afirmação.

Por exemplo, na prova do nível I, questão 1 de 2012, em que os alunos tinham que escrever certo ou errado, lemos (em vermelho é a resposta da OBA):

(ERRADO) O Sol gira ao redor da Terra, isso explica os dias e noites.

Na prova de 2013 para a questão 1 do nível I:

(ERRADO) O planeta Terra está parado e tudo gira ao seu redor.

(CERTO) O planeta Terra gira ao redor do Sol.

Na prova de 2013, questão 1 para o nível II

(CERTO) A Terra gira ao redor do seu eixo de rotação; isso explica os dias e as noites.

Diante do exposto, observamos que os autores das questões também não levam em consideração, assim como os autores dos livros didáticos, o que os PCN (Brasil, 1998) indicam como sendo de bom senso que é iniciar o estudo do dia e da noite e das estações do ano com aquilo que as crianças observam na natureza.

Quanto à observação celeste que poderia contribuir para mostrar que é possível se interpretar os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano em outras perspectivas, não é utilizada. Não que não haja perguntas relativas à observação do céu. Pelo contrário, pois observando os regulamentos das provas

da olimpíada na página da Internet, notamos que a observação do céu é algo que sempre faz parte das provas (OBA, 2016).

Lendo novamente o regulamento da olimpíada de 2015 (OBA, 2016), notamos o seguinte no tópico 10.

10. PERGUNTAS PRÁTICAS E/OU OBSERVACIONAIS. Poderá haver uma ou duas perguntas baseadas em atividades práticas e/ou observacionais. Para responder a estas perguntas o aluno precisará ter feito previamente uma atividade prática e/ou observacional que será divulgada com antecedência. Os alunos poderão fazer individualmente ou em grupos estas atividades práticas e/ou observacionais. Recomendamos, contudo, que os alunos sejam incentivados, orientados e ajudados no que for possível, para que desenvolvam as atividades práticas e/ou observacionais pedidas.

As atividades práticas são, assim, bastante estimuladas pelos organizadores da OBA. No entanto, pelas questões que possuem a parte de conhecimento do céu, é possível vermos que não é explorada a possibilidade de existir outras formas de se interpretar a realidade celeste e nem mesmo de se usar a observação do céu para criar possíveis modelos daquilo que se vê.

As poucas atividades de observação e prática que existem nos níveis I e II se destinam a observação da sombra do gnômon para fins de orientação. No caso dos níveis III e, principalmente IV, notamos que elas se destinam a conhecer questões técnicas, como por exemplo, das estações do ano, no que diz respeito ao Sol a pino em diferentes localizações. É importante lembrarmos que as questões da prova que possuem teor observacional, quase sempre estão relacionadas a visão da Terra em movimento.

Quanto à parte histórica, observamos que há poucas questões que a envolvem. No que diz respeito aos problemas que neste trabalho estuda, notamos que os conteúdos históricos, quando aparecem, são para relatar algum acontecimento ou mencionar algum personagem com o intuito de servir de base introdutória para determinado assunto. Não vemos a história sendo utilizada como uma ferramenta crítica para mostrar possíveis outras interpretações da realidade celeste. Pelo contrário, a história aparece, às vezes, para negar esse fato.

Um exemplo, seria a questão 7 da III OBA de 2000 nível I. Nessa questão se lê o seguinte:

Antigamente se pensava que a Terra era imóvel, que estava no centro do universo e que o Sol, os planetas e estrelas giravam ao redor dela. ***A esta forma de pensar se chamou de geocentrismo, isto é, a Terra no centro de tudo. Atualmente sabemos que isso não é verdade, pois a Terra e os planetas giram ao redor do Sol enquanto giram ao redor de si mesmos.*** A esta forma de explicar os movimentos dos planetas chamamos de heliocentrismo, isto é, o Sol no centro. O movimento que a Terra faz ao redor de si mesma chamamos de rotação e o movimento que ela faz ao redor do Sol chamamos de translação. *(destaque nosso)*

Diante de tudo o que foi exposto sobre as questões da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica que estão voltadas para os problemas deste trabalho, é possível tirarmos algumas conclusões.

É notória a importância que a OBA possui para a divulgação da Astronomia em território nacional. Igualmente se verifica que a OBA atinge uma gama enorme de alunos e professores de todo o ensino básico. Suas provas englobam temas diversos da ciência astronômica e de outras disciplinas, mostrando o caráter interdisciplinar que este evento nacional possui.

No entanto, diante dos fatos apresentados a respeito dos temas que aqui procuramos avaliar, consideramos que os organizadores da OBA poderiam reavaliar as questões formuladas com o intuito de se tentar obter um ensino mais abrangente e de acordo com os próprios princípios científicos que estão envolvidos neste trabalho.

Considerações Finais

Nossa pesquisa teve por objetivo geral a investigação dos conhecimentos de rotação e de translação da Terra trabalhados e priorizados no ensino de Astronomia da educação básica e como são trabalhados. Nossos objetivos específicos foram: investigar os conhecimentos dos professores da área de Física e de Ciências sobre a temática; investigar como os autores de livros didáticos apresentam esses movimentos; investigar como a temática é abordada em provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA); investigar até onde a observação do céu, a questão do referencial e dos dados históricos são levados em conta no ensino/aprendizagem/avaliação desses conceitos.

Para compormos o *corpus* da pesquisa, a construção dos dados se deu em três frentes: professores, materiais didáticos e Olimpíada de Astronomia. Primeiramente, avaliamos as informações obtidas de questionários aplicados a professores de Física e de Ciências que são os agentes que atuam diretamente com as crianças em sala de aula no ensino da Astronomia. Em segundo lugar, analisamos 08 livros didáticos de ciências do Ensino Fundamental catalogados no Programa Nacional do Livro Didático que estão entre as principais ferramentas utilizadas pelos professores para preparem suas aulas e para ensinarem Astronomia. Por fim, averiguamos 46 questões pertinentes a este trabalho da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica que hoje, no Brasil, se tornou um dos principais meios de difusão da ciência astronômica, pois tem como público alvo milhares de alunos da educação básica que realizam as provas anualmente.

Os resultados que obtivemos das três frentes de pesquisa mostraram um panorama não muito animador para com os temas que nos propusemos a analisar. Observamos que os professores, os autores de livros didáticos e os responsáveis pela OBA praticamente não levam em consideração os elementos que julgamos essenciais para um conhecimento efetivo dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

Verificamos a falta de informação sobre o referencial quando são mencionados os movimentos da Terra; observamos igualmente as poucas

informações históricas que poderiam contribuir para desmistificar concepções alternativas sobre os conceitos e as práticas dos temas da Astronomia aqui analisados; e, por fim, notamos a falta de atividades de observação do céu diurno e noturno com o objetivo de elaboração de modelos explicativos e alternativos dos dados observados na natureza.

Em relação aos professores, nos fica claro a partir dos dados obtidos nas questões 1 (índice global 0,18) e 2 (índice global -0,08) atitudes muito ingênuas para com os temas abordados nas proposições.

Os dados apontam que os professores possuem concepções equivocadas sobre os fenômenos e os conceitos astronômicos, como já evidenciados por Skamp (1998 *apud* MCKINNON E GEISSINGER, 2002) em pesquisa anterior. Este mesmo problema é verificado no trabalho de Bisch (1998), quando pondera que os professores possuem suas próprias concepções e seus próprios modelos sobre os astros, o céu e o universo. Bisch (1998, p.4) avalia ainda que

O conhecimento conceitual dos professores revelou-se feito de chavões verbais ou gráficos baseados no conhecimento científico, mas reinterpretados de acordo com o seu senso comum.

A comparação dos resultados obtidos nos dois estudos demonstrou que a natureza do conhecimento sobre Astronomia tanto de estudantes como de professores apresenta três traços marcantes: o realismo ingênuo, um conhecimento conceitual feito de chavões reinterpretados de acordo com o senso comum e uma representação qualitativa/topológica do espaço.

O apresentado acima nos mostra, assim, que os docentes possuem concepções alternativas, teorias ingênuas sobre questões básicas da Astronomia semelhantes a um estudante do ensino básico como levantado por Trumper (2006), fato que evidenciamos no trabalho.

O conhecimento dos professores quanto à história das interpretações sobre a realidade dos movimentos e dos fenômenos celestes que moldaram o pensamento cosmológico ao longo do tempo se mostra bastante deficitário. Eles não conhecem em detalhes as interpretações do céu dos Gregos, de Copérnico e de Kepler e os fenômenos que essas teorias conseguiam ou não explicar.

Os dados evidenciam que os professores também não conhecem as provas dos movimentos da Terra, algo que julgamos ser importante durante a apresentação deste tema na escola para que este não vire um ato de fé em nome da ciência como nas palavras de Caniato (1989). Afinal, como consideram Castro e Schiel (2009), com o que estamos de pleno acordo, os movimentos terrestres são concepções muito abstratas para serem trabalhadas com as crianças.

Sobre os livros didáticos, verificamos que os autores possuem uma visão quase unânime a respeito da apresentação dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano que é a Terra em movimento. Tal fato nos mostra que eles vão em sentido contrário ao que está nas orientações dos PCN (1998) que considera que no início da explicação sobre o dia e a noite e as estações do ano se deve levar em consideração aquilo que o aluno enxerga na natureza.

Sobre as observações do céu, constatamos que a grande maioria dos autores não as utiliza para criar modelos explicativos dos dados observados. A observação celeste surge no texto somente para se conhecer constelações e para a orientação, por exemplo.

Acreditamos, no entanto, que a prática da observação celeste é parte fundamental no processo de ensino dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Por este motivo que concordamos com Sebastà (2004, p.9) quando diz que “não se tem prestado muita atenção ao conhecimento observacional dos alunos e sua inter-relação com os modelos que estes propõem”. A análise realizada por Albanese et al. (1997 *apud* Sebastà, 2004, p.9) corrobora com os resultados deste trabalho quando considera que “o conhecimento das regularidades astronômicas é uma peça fundamental no processo de construção e validação dos modelos astronômicos, já que, como se pode justificar o modelo Sol-Terra se desconhecem-se as regularidades que devem ser explicitadas?”.

Quanto à história da Astronomia presente nos livros didáticos de ciências, mostramos que ela não auxilia os alunos a terem uma visão crítica e abrangente no sentido de apresentar outras perspectivas de interpretação da realidade observada ou de mostrar a tortuosa trajetória que levou à mudança de uma visão

geocêntrica para a heliocêntrica. Isso corrobora a visão de Martins (2016) quando diz que há aspectos problemáticos no uso da história da Astronomia no ensino. Martins ainda diz que “infelizmente, não se encontra uma boa descrição histórica em materiais disponíveis na Internet, em enciclopédias, em livros didáticos, em biografias populares ou em obras de divulgação” (MARTINS, 2016, p.18).

Este fato não é exclusivo no Brasil, pois em pesquisa recente sobre a evolução histórica do conhecimento do universo em livros texto de Ciências da Natureza do primeiro curso do Ensino Secundário Obrigatório do Estado Espanhol, Pérez Rodríguez et al. (2009, p.115) consideram que “em conjunto, dessas incorreções e omissões se deduz que os livros de texto em muitas ocasiões apresentam uma visão deformada e simplista da evolução histórica do conhecimento do universo”.

De modo geral, os professores de Física acabaram obtendo melhores resultados frente aos professores de Ciências. Este fato pode ser explicado pela proximidade entre a Física e a Astronomia, uma vez que a Astronomia engloba muitos conceitos de Física e a esta Ciência, por sua vez, utiliza muito dados de Astronomia como exemplo de fenômenos físicos.

De qualquer forma, a média geral nas duas questões do questionário é baixa e nos mostra um desconhecimento dos professores quanto a um saber mais detalhado da história e das características físicas dos modelos de explicação da realidade dos movimentos celestes propostos pelos Gregos, por Copérnico e por Kepler. Mostra-nos, também, certas dificuldades quanto a detalhes sobre os movimentos do Sol e como ensinar esses temas em sala de aula.

Quanto aos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental, notamos, pelas questões aqui levantadas, a existência de problemas que necessitam ser revistos.

Foram analisados os textos e as figuras da disciplina de Astronomia de 8 coleções de livros didáticos de Ciências do 6º ano do Ensino Fundamental II contidos no catálogo do Programa Nacional do Livro Didático.

Apesar de nosso foco de análise ter sido livros do Ensino Fundamental II, registramos a existência de temas de Astronomia em coleções de livros didáticos

de Ciências referentes ao Ensino Fundamental I e em livros didáticos de Física do Ensino Médio, principalmente do 1º ano.

Verificamos nos trabalhos de outros pesquisadores, a existência de temas da Astronomia diluídos em todos os anos iniciais do Ensino Fundamental I, inclusive questões que aqui são importantes, como os movimentos da Terra e os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. O mesmo verificamos em relação aos livros didáticos de Física para o Ensino Médio. Em uma pesquisa de mestrado, Simões (2008) observou que a Astronomia se faz presente nas coleções, principalmente no âmbito do tema gravitação.

Neste trabalho, buscamos nos textos e nas figuras das coleções de Ciências do Ensino Fundamental II elementos históricos, conceituais e visuais que indicassem diferentes interpretações para os fenômenos oriundos dos movimentos da Terra, ou seja, diferentes referenciais para a explicação para o dia e a noite e as estações do ano. Buscamos igualmente verificar se nos textos e nas figuras, assim como nas atividades práticas de observação do céu informações que levassem os alunos a criarem modelos explicativos para o que é notado no céu, para, depois, se apresentar outras formas de interpretação dos dados observados.

Quanto aos resultados das questões das provas da OBA, verificamos que os autores das questões têm por característica afirmar a concepção da Terra possuidora de movimentos como a informação correta. Todas as vezes que surgiu alguma afirmação (questão), em que se mencionava uma visão do observador na superfície da Terra, esta era encarada como um erro. Até mesmo quando aparece alguma questão histórica, esta é para mostrar o erro da visão topocêntrica/geocêntrica.

De tudo posto sobre os resultados que obtivemos com os professores, com os livros didáticos de Ciências e com as questões da OBA, é possível afirmarmos que os objetivos do trabalho foram atingidos.

Investigamos os conhecimentos de rotação e de translação da Terra trabalhados e priorizados na Educação Básica e como eles são tratados pelos autores de livros didáticos e quais os conhecimentos sobre esse assunto de

Astronomia apresentados pelos professores de Ciências e de Física e pelos autores das questões da OBA.

Concluimos que ainda há muito por fazer no ensino e na aprendizagem da Astronomia em relação ao tema que nos propusemos estudar que são os movimentos da Terra e os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

É possível aferirmos que tanto os professores, como os autores de livros didáticos e os responsáveis pelas provas da OBA não trabalham a visão topocêntrica/geocêntrica quando explicam os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Eles partem diretamente para o modelo que a Ciência considera como correto – que é a visão heliocêntrica.

Esses profissionais parecem não levar em conta, portanto, a primeira percepção de uma criança ou de qualquer pessoa, que é a visão topocêntrica/geocêntrica do mundo. Por este motivo que compartilhamos com Campos a importância que a visão topocêntrica tem para a criança, quando este diz que “para as crianças, a visão topocêntrica fornece uma base muito sólida para o posterior aprendizado de Astronomias mais abstratas, que tenham como sistema de referência a Terra (geocêntrica) ou o Sol (heliocêntrica) (CAMPOS, 1998, p.23).

Também observamos a falta de destaque para questões básicas do referencial. Ou seja, se levarmos em conta o referencial, tanto faz pensar do ponto de vista físico na Terra girando em torno do Sol como o Sol girando em torno da Terra. Por que, então, não iniciar o estudo dos dias e das noites e das estações do ano pela visão topocêntrica, que é muito mais intuitiva para as crianças?

Verificamos ainda que muitos professores têm uma noção sobre o referencial, principalmente os que lecionam Física. Mas isto não quer dizer que eles aplicam esse conhecimento no momento em que trabalham os movimentos da Terra e os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

Por outro lado, notamos que os autores de livros didáticos e os responsáveis pelas perguntas da OBA não levam em consideração esta questão.

Não é possível tecermos considerações sobre o fato de os profissionais não considerarem o referencial para explicar os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Essa é uma questão que talvez mereça um aprofundamento.

De qualquer forma, podemos antever que uma das razões para os autores de livros didáticos do Ensino Fundamental não explorarem a questão do referencial pode ser pela falta de familiaridade com esse conceito físico, já que a maioria é formada em Biologia, Ciências Biológicas ou Ciências Naturais.

Há ainda outra questão que mereceria um estudo futuro. Por que os autores de livros didáticos optam por não seguir as recomendações que estão nos Parâmetros Curriculares Nacionais? As orientações enfatizam que começar o estudo do dia e da noite a partir do movimento de rotação da Terra é deixar de lado o conhecimento que a criança traz de suas experiências diárias e da convivência com seus pares. Os autores dos PCN também consideram que os movimentos da Terra são conhecimentos muito abstratos às crianças.

E os autores responsáveis pelas provas da OBA? Por que será que eles não exploram a questão do referencial nas perguntas sobre o dia e a noite e as estações do ano? Não é possível também apontarmos razões para tanto, talvez estejam apenas seguindo as informações que estão no livro didático de Ciências.

É possível mudar essa situação? Se sim, como? Acreditamos que um possível caminho seria o professor e os autores de livros texto iniciarem o ensino da Astronomia privilegiando aquilo que o aluno observa na natureza, ou seja, iniciar o estudo dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano partindo do pressuposto de que a Terra está imóvel.

Em outras palavras, iniciar o estudo dos fenômenos astronômicos a partir de uma visão topocêntrica. Uma vez assimilada esta visão, mostrar ao aluno outras possibilidades de se explicar o mesmo fenômeno, ou seja, mostrar ao estudante a existência de outros possíveis referenciais.

Trabalharmos com mudanças de referenciais, é, portanto, um ponto chave que acreditamos ser um facilitador do ensino dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Apresentar a relatividade do movimento Terra-Sol é, em última instância, trabalhar com a observação do céu com o intuito de criarmos teorias, criarmos modelos explicativos daquilo que observamos.

Acreditamos, assim, que se o professor realizar um trabalho com os alunos considerando a relatividade do movimento Terra-Sol o resultado poderá ser bem mais satisfatório.

Em um primeiro momento, sugerimos que o professor trabalhe em sala de aula as informações que a criança capta da natureza. Poderá ele trabalhar com o senso comum, com o que a criança traz do mundo natural. O senso comum, neste caso, de forma mais específica, é a visão topocêntrica do universo.

Tendo o aluno assimilado os fenômenos celestes pela visão topocêntrica, o professor poderá iniciar um encadeamento de informações para se chegar à relatividade do movimento Terra-Sol. Neste momento, o professor deverá fazer com que o aluno perceba que os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano podem ser explicados/interpretados, tanto pela visão topocêntrica/geocêntrica, quanto pela visão heliocêntrica, ou seja, com a Terra em movimento.

Acreditamos que o mais importante, o mais lógico, o mais proveitoso e o mais significativo para uma criança do Ensino Fundamental seja saber que existe um ciclo anual provocado pelos movimentos que o Sol realiza em relação aos horizontes e às estrelas que ocasionam mudanças no clima, na temperatura, na insolação e no período de claridade que afetam diretamente os seres vivos no planeta. Em suma, que a causa destes fatores se deve, em última instância, aos movimentos do Sol que a criança pode observar sozinha e/ou com a ajuda de um mediador.

Este estudo dos movimentos do Sol pode ser realizado por meio de atividades utilizando o gnômon, algo semelhante a que Castro e Schiel (2009) realizaram.

Se assim for feito, a mediação do professor será fundamental em todo esse processo. Para que isso aconteça, o professor terá que ter ainda em mãos uma ferramenta que consideramos importante para o ensino de Ciências, que é a *História da Ciência*. A História da Ciência poderá formalizar e facilitar a compreensão dos conceitos que serão trabalhados no tema em questão. Dizemos isso, pois consideramos importante que o aluno entenda, ou pelo menos tenha uma boa noção, de todo o processo científico e cultural que levou o ser humano a

mudar seus referenciais para explicar os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano.

Além disso, para que o professor consiga atingir o objetivo de ensinar corretamente o tema proposto, terá que conhecer muito bem como ocorrem os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano na visão topocêntrica/geocêntrica. Em segundo lugar, e esse será, provavelmente, o grande desafio, o professor terá que mostrar mecanismos que façam com que o aluno compreenda a existência de referenciais distintos, ou seja, que entenda a relatividade do movimento Terra-Sol. O desafio, portanto, é fazer com que o aluno assimile que um determinado fenômeno celeste pode ser explicado em diferentes referenciais sem que isso deixe de ser científico.

Em última análise, o aluno tem que entender, ao final de todo esse processo, que os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano podem ser explicados/interpretados com a Terra imóvel ou com a Terra em movimento.

Iniciarmos o estudo dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano através de uma visão topocêntrica/geocêntrica, não é sinal de retorno para o passado no sentido de questionarmos o que é aceito hoje como correto pela Ciência. Pelo contrário, o que podemos chamar de resgate desta interpretação antiga dos movimentos e fenômenos celestes, ou em outras palavras, de um antigo modelo cosmológico, não é uma visão retrógrada, afinal concordamos com Kuhn (1995, p.21) quando diz que “teorias obsoletas não são acientíficas em princípio, simplesmente porque foram descartadas”.

Ao concordamos com Martins et al (1999, p.32) que “antes que uma estória acerca de determinado fenômeno possa ser contada na sala de aula, é preciso construir os recursos que serão utilizados nesse processo” acreditamos ser importante iniciar o ensino da Astronomia privilegiando a percepção primeira do aluno, ou seja, iniciar os estudos do dia e da noite e das estações do ano por aquilo que o aluno observa na natureza para este criar possíveis explicações dos dados observados em diferentes referenciais.

A interpretação dos movimentos e dos fenômenos celestes é algo possível e, acreditamos, deveria ser aproveitado no ensino da Astronomia na Educação Básica. Acreditamos ser muito mais fácil entender primeiramente aquilo que vemos, para então, procurarmos assimilar aquilo que não vemos.

Além do mais, o aprendizado por meio de uma visão topocêntrica/geocêntrica nos permite realizar algo que consideramos ser muito importante para o ensino de Astronomia e de Ciências. Trata-se de realizarmos atividades investigativas nas quais podemos mostrar para as crianças os rudimentos das metodologias utilizadas pela Ciência para a elaboração do conhecimento científico, para evidenciar como a Ciência trabalha. Ou, nas palavras de Chassot (2003, p.91), promover uma alfabetização científica, que é, segundo o autor, “saber ler a linguagem em que está escrita a natureza”.

Qual o significado dessas atividades de investigação? Ponte (2016, p.1) diz que “investigar não é mais do que procurar conhecer, procurar compreender, procurar encontrar soluções para os problemas com nos deparamos. Trata-se de uma capacidade de primeira importância para todos os cidadãos e que deveria permear todo o trabalho da escola, tanto dos professores como dos alunos”.

As atividades investigativas dos movimentos do Sol por meio do gnômon durante o dia e das mudanças da aparência estelar durante a noite com o passar dos meses podem mostrar aos alunos os ciclos diários e das estações que estão diretamente ligados à vida social do ser humano e de todos os seres vivos.

No entanto, nossa investigação mostrou que os movimentos da Terra e os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano são apresentados por meio de uma visão que tem por princípio a Terra possuidora de movimentos. Este fato pode ser observado nas três frentes desta pesquisa. Ou seja, professores, autores de livros didáticos e responsáveis pela OBA acreditam que somente a visão heliocêntrica é a verdadeira e a mais correta para se ensinar na Educação Básica.

Esta visão heliocêntrica, podemos assim dizer, acabou se constituindo em um dogma da Astronomia e da Ciência, pois parece que, depois que se mostrou teórica e observacionalmente que a Terra gira em torno do Sol, não há mais a possibilidade de existir outra explicação possível para os dados observados.

Barra (2012) diz que para o historiador da ciência Thomas Kuhn, o dogma faz parte da Ciência. Barra (2012, p.11) pondera ainda que, para Kuhn,

os dogmas são tão indispensáveis às ciências quanto são, por exemplo, os seus métodos de medir e de quantificar os acontecimentos no mundo, Isso significa que uma certa dose de dogmatismo – isto é, de crenças das quais não desejamos abrir mão com facilidade – é “uma característica funcional e um fato inerente ao desenvolvimento científico maduro”.

Kuhn mostra, então, que o dogma é, de certa forma, importante para a Ciência, pois é através desta visão dogmática que os cientistas firmam suas teorias para a criação de novas visões de mundo.

Mesmo que não vejamos a Terra se movimentar no espaço, este fato para a grande maioria das pessoas é uma verdade e deve ser encarado dessa maneira, mesmo no ensino para crianças pequenas que não possuem condições de entender abstrações desse tipo.

Kuhn (2012, p.25) nos diz que “a educação científica “semeia” o que a comunidade científica, com dificuldade, alcançou até aí – uma adesão profunda a uma maneira particular de ver o mundo e praticar a ciência”. Kuhn (2012, p.26) ainda analisa que

As coleções de “textos originais” jogam um papel limitado na educação científica. Igualmente, o estudante de ciências não é encorajado a ler os clássicos da história do seu campo, obras onde poderia encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizados que sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu.

Todavia, o ensino dos movimentos da Terra e dos fenômenos do dia e da noite e das estações do ano que aqui propomos vão contra esse dogma que acabou se tornando a explicação tradicional. Mesmo aceitando que o dogma na Ciência, como mostra Kuhn, é algo que faz bem para o desenvolvimento de novas teorias, no caso do ensino de Astronomia que aqui apresentamos, o dogmatismo é algo ruim, pois acaba nos limitando a um entendimento mais abrangente da

realidade observada. Entendimento que para crianças pequenas, consideramos importante.

Assinalamos que há questões que necessitariam ser mais bem investigadas em outros trabalhos que não estavam no foco desta pesquisa. Citamos como exemplo, o desenvolvimento, a aplicação e a posterior verificação dos resultados de atividades que teriam a finalidade de conduzir os alunos à percepção de que é possível se interpretar um fenômeno através de referenciais distintos. Ou seja, ao se mudar o referencial, podemos interpretar os fenômenos de várias maneiras distintas. O desenvolvimento dessas atividades poderia auxiliar professores e alunos no entendimento dos movimentos da Terra e dos fenômenos deles resultantes.

Para encerrarmos esse trabalho, sem a intenção de esgotar o tema, apresentamos uma citação de Martins (2016, p.18) que consideramos bastante pertinente para este momento:

[...] a ciência não é uma “verdade”, mas algo que se aceita em certa época porque parece bem fundamentado em observações, cálculos, argumentos, discussões. Quando ensinamos apenas os resultados da ciência, e não o processo científico que levou à gradual formação e aceitação das teorias, estamos apenas transmitindo um conjunto de crenças, e não um ensino científico. Quando fazemos isso, estamos *doutrinando* os estudantes e não transmitindo uma noção correta sobre o que é a astronomia como ciência.

Referências

(OBA), Olimpíada Brasileira de Astronomia. Olimpíada brasileira de astronomia e astronáutica. 2016. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

ALBANESE, A.; NEVES, M. C. Danhoni; VICENTINI, M.. Models in science and in educational: a critical review of research on student's ideas about the earth and its place in the universe. Science And Educational, [s.i.], n. 6, p.573-590, 1997.

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. O que é história da ciência. São Paulo: Editora Brasiliense, 2004. 78 p.

AMADO, J.. Manual de Investigação Qualitativa em Educação. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2014. 248 p.

AMARAL, Ivan Amoroso do; MEGID NETO, Jorge. Qualidade do livro didático de ciências: o que define e quem define?. Ciência & Ensino, [s.i.], n. 2, p.13-14, jun. 1997.

AMARAL, Patrícia; OLIVEIRA, Carlos Eduardo Quintanilha Vaz de. Astronomia nos livros didáticos de ciências: uma análise do PNLD de 2008. Revista Latino-americana de Educação em Astronomia – Relea, [s.i.], n. 12, p.31-55, 2011.

APEC, Ação e Pesquisa em Educação em Ciências. Construindo consciências: ciências naturais. 2. ed. São Paulo: Editora Scipione, 2006. 280 p.

AQUINO, Thomás de. Suma de Teología. Madrid, España: Biblioteca de Autores Cristianos, 2001. 992 p. Presenación Damián Byrne. Disponível em: <<http://biblioteca.campusdominicano.org/1.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

ARISTÓTELES. Metafísica: livro I e livro II. São Paulo: Editora Victor Civita, 1984. 323 p. Tradução de Vincenzo Cocco; Notas de Joaquim de Carvalho.

AZANHA, José Mário Pires. Parâmetros curriculares nacionais e autonomia da escola. 2016. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/harvard3/zemar.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2014.

BARRA, Eduardo Salles O. et al. A função do dogma na investigação científica de Thomas Kuhn. Curitiba: Ufpr - Schlá, 2012. 73 p. (Textos Filosóficos na Sala de Aula). Tradução de Jorge Dias de Deus. Disponível em: <http://www.filosofia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/traduzindo/kuhn_funcao_dogma_na_investigacao_cientifica.pdf>. Acesso em: 03 out. 2015.

BARRIO, Juan Bernardino Marques. A investigação educativa em astronomia. In: LONGHINI, Marcos Daniel. Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas: Editora Átomo, 2010. Cap. 8. p. 159-178.

BASSALO, José Maria Filardo. A importância do estudo da história da ciência.

Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência, [s.i.], n. 8, p.57-66, 1992.

BAXTER, John. Children's understanding of familiar astronomical events. International Journal Science Education, [s.i.], v. 11, p.502-513, 1989. Special Issue.

BAZARIAN, J. O problema da verdade: teoria do conhecimento. São Paulo: Editora Alfa-Omega Ltda., 1994. 224p.

BEN-DOV, Yoav. Convite à física. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda., 1996. 152 p. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges; Revisão técnica de Henrique Lins de Barros.

BENINCÁ, Elli. O senso comum pedagógico: práxis e resistência. 2002. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

BÍBLIA, Online. Velho Testamento: Josué 10:12. 2016. Disponível em: <<https://www.bibliaonline.com.br>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

BISCH, Sérgio Mascarello. Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores. 1998. 301 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BOCZKO, Roberto. Conceitos de astronomia. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. 429 p.

BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2000.

BRASIL; SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais. Brasília: [s.i.], 1998. 138 p. MEC. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

BRETONES, Paulo Sérgio. Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia. 2014. Disponível em: <<http://www.btdea.ufscar.br>>. Acesso em: 01 mar. 2015.

BRETONES, Paulo Sérgio. Disciplinas introdutórias de astronomia nos cursos superiores do Brasil. 1999. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Aplicada às Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

CALDAS, Pedro Rosa Vieira. Perspectiva e conhecimento. 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de História e Filosofia das Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

CAMPOS, Marcio. De pés no chão e olhos no céu. Globo Ciência. [s.i.], p. 23-25. fev. 1998.

CANALLE, João Batista Garcia. Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. 2016. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/>>. Acesso em: 28 maio 2016.

CANALLE, João Batista Garcia. O problema do ensino da órbita da Terra. Física na Escola, [s.i.], v. 4, n. 2, p.12-16, 2003.

CANALLE, João Batista Garcia. Olimpíada brasileira de astronomia e astronáutica. In: MATSUURA, Oscar T.. História da Astronomia no Brasil. 2013. ed. Recife: Companhia Editora de Pernambuco, 2013. p. 420-448. Disponível em: <<http://www.mast.br/HAB2013/>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

CANIATO, Rodolpho. A Terra em que vivemos. 4. ed. Campinas: Papirus, 1989. 87 p. (Projeto de Ciência Integrada: textos e atividades).

CANTO, Eduardo Leite do. Ciências naturais: aprendendo com o cotidiano. 3. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2009. 280 p.

CASTRO, Antonio Carlos de; SCHIEL, Dietrich. O céu e a Terra. In: SCHIEL, Dietrich; ORLANDI, Angelina Sofia. Ensino de Ciências por Investigação. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2009. p. 87-111. CDCC - USP. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/maomassa/livros_ensinodeciencias.html>. Acesso em: 11 abr. 2016.

CASTRO, E. S. B.; PAVANI, D. B.; ALVES, V. M.. A produção em ensino de astronomia nos últimos quinze anos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória - Es. Anais... . Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009. p. 1 - 10.

CHAROLA, Florencio. Elementos de Cosmografía. 7. ed. Buenos Aires: Kapelusz, 1959. 298 p.

CHIRAS, Andreas; VALANIDES, Nicos. Day/Night cycle: mental models of primary school children. Science Education International, [s.i.], v. 19, n. 1, p.65-83, mar. 2008.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 30, n. 3, p.549-566, 2004. Quadrimestral.

CINDRA, José Lourenço. Esboço da evolução histórica do princípio de relatividade. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.i.], v. 16, n. 1, p.26-32, 1994.

COELHO, Franciele Braz de Oliveira; BULEGON, Ana Marli. Análise do tema astronomia, nos livros didáticos indicados pelo PLND, dos anos iniciais do ensino fu. Vidya, Santa Maria, v. 33, n. 1, p.117-128, 2013. Semestral.

COPÉRNICO, Nicolau. Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. 2. ed. São Paulo: Nova Stella, 1990. 180 p. Introdução, Tradução e Notas Roberto de Andrade Martins.

CUNHA, Luísa Margarida Antunes da. Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa - Portugal, 2007.

DAVIS, Cláudia. Piaget ou Vygotsky: uma falsa questão. Lev Semenovich Vygotsky: uma educação dialética, São Paulo, n. 2, p.38-49, 2005. Coleção Memória da Pedagogia.

DELVAL, Juan et al. La representación: la Tierra como cuerpo cósmico. In: DELVAL, Juan et al. Lecturas de Psicología del Desarrollo. Madrid, España: Universidad Nacional de Educación A Distancia, 2014. Cap. 7. p. 173-202. Disponível em: <<http://www.e-uned.es/biblioteca/NzQ0/book/9788436268485.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2016.

DIAS, Wilton S.; PIASSI, Luis Paulo. Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano? Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.i.], v.29, n. 3, p.325-329, 2007.

EAGLETON, Terry. A ideia de cultura. 2. ed. São Paulo: Editora Unes, 2011. 208p.

EDITORIA, Saraiva. Jornadas.cie: ciências naturais. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2012. 240 p.

ELENA, Alberto. La revolución astronómica. Madrid, España: Ediciones Akal S. A., 1995. 39 p. (Historia de la Ciencia y de la Técnica).

ESA. Os pequenos livros de Gaia: história da astrometria. 2009. Disponível em: <http://www.rssd.esa.int/SA/GAIA/docs/Little_Books/Little_Books_Portuguese/Portuguese_history_of_astrometry.pdf>. Acesso em: 03 set. 2015.

ÉVORA, Fátima Regina Rodrigues. Discussão sobre a matéria celeste em Aristoteles. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, Campinas, v. 17, n. 2, p.359-373, 2007. Jul-dez.

FIGUEIREDO, Maria Teresinha; CONDEIXA, Maria Cecília Guedes. Ciências: atitude & conhecimento. São Paulo: Ftd, 2009. 208 p.

FORTIN, M. F.. Fundamentos e etapas do processo de investigação. Lourdes - Portugal: Lusodidática, 2009. 266 p.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. Ciências, natureza & cotidiano: o planeta Terra. 3. ed. São Paulo: Editora Ática, 2009. 227 p.

GOMES, Myrce da Costa. Newton Leibniz: a questão do espaço no século XVII. Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência, [s.i.], n. 11, p.89-96, 1994.

GOWDAK, Demétrio; MARTINS, Eduardo. Ciências naturais: novo pensar - meio ambiente. São Paulo: Ftd, 2012. 272 p.

GUIMARÃES, Simone Sendin Moreira; TOMAZELLO, Maria Guiomar Carneiro. Avaliação das idéias e atitudes relacionadas com sustentabilidade: metodologia e instrumentos. Ciência & Educação, [s.i.], v. 2, n. 10, p.173-183, 2004.

GUIMARÃES, Simone Sundin Moreira. Educação ambiental e sustentabilidade: as ideias dos alunos de um curso de biologia. 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação, Faculdade de Educação, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2003.

HALL, A. Rupert. A revolução na ciência 1500-1750. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1983. 494 p. (O Saber da Filosofia). Maria Teresa Louro Pérez.

HESSEN, Johannes. Teoria do conhecimento. 3. ed. São Paulo: Wmf Martins Fontes, 2012. 177 p. Tradução de João Vergílio G. Curter ; Revisão técnica de Sérgio S. da Cunha.

HORVATH, Jorge Ernesto. O ABCD da astronomia. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008. 232 p.

HOSOUME, Yassuko; LEITE, Cristina; CARLO, Sandra del. Ensino de astronomia no Brasil – 1850 A 1951: Um olhar pelo Colégio Pedro II. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p.189-204, 2010.

JAFELICE, Luiz Carlos. Nós e os céus: um enfoque antropológico para o ensino de astronomia. 2002. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/noseosceusumenfoqueantro.trabalho.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2011.

JUCÁ, Sandor César Silveira. A relevância dos softwares educativos na educação profissional. Ciência & Educação, [s.i.], v. 8, p.22-28, 2006.

KIKAS, Eve. The impact of teaching student's explanations of astronomical phenomena. Psychology Of Language And Communication, [s.i.], v. 1, n. 2, p.45-52, 1997.

KIRK, G. S.; RAVEN, J. E.. Os filósofos pré-socráticos. Lisboa - Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966. 510 p. Tradução de Carlos A. L. Fonseca; Beatriz R. Barbosa; Maria A. Pegado.

KOYRÉ, Alexandre. As etapas da cosmologia científica. In: KOYRÉ, Alexandre. Estudos de História do Pensamento Científico. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2011. p. 83-94. Márcio Ramalho.

_____. Galileu e a revolução científica do século XVII. In: KOYRÉ, Alexandre. Estudos de História do Pensamento Científico. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2011. Cap. 11. p. 197-213.

KUHN, Thomas. A estrutura das revoluções científicas. 3. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1995. 257 p. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira.

_____. A revolução copernicana. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2002. 312 p. Tradução de Maria Costa Fontes.

LANCIANO, N.. Ver y hablar como Tolomeu y pensar como Copérnico. Enseñanza de Las Ciencias: Historia de Las Ciencias y Enseñanza, [s.i.], v. 2, n. 7, p.173-182, 1989.

LANGUI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Educação em astronomia: repensando a formação de professores. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

LANGUI, Rodolfo. Idéias de senso comum em astronomia. 2016. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/langhi.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2016.

LEÃO, Flávia de Barros Ferreira; MEGID NETO, Jorge. Avaliações oficiais sobre o livro didáticos de ciências. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge. O Livro Didático de Ciências no Brasil. Campinas: Editora Komedi, 2006. Cap. 2. p. 33-80.

LEE, Paulo Sen. Ciências naturais e pseudociências em confronto: Uma forma prática de destacar a ciência como atividade crítica e diminuir a credulidade em estudantes do Ensino Médio. 2002. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LEITE, Cristina. A formação dos professores de ciências em astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade. 2006. 274 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LEITE, Cristina; HOSOUME, Yassuko. Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. Revista Latino-americana de Educação em Astronomia – Relea, [s.i.], n. 4, p.47-68, 2007. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea>>. Acesso em: 19 abr. 2012.

LEITE, Cristina; HOSOUME, Yassuko. Programa nacional do livro didático e a astronomia na educação fundamental. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 8., 2009, Barcelona. Anais... . Barcelona: Instituto Pedagógico de Caracas. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2009. p. 2152 - 2157.

LENOBLE, Robert. História da Ideia de Natureza. Lisboa - Portugal: Edições 70

S.a., 2002. 367 p. Tradução Teresa Louro Pérez.

LIU, Shu-chiu. From geocentric to heliocentric model of the universe, and the alternative perspectives. Asia-pacific Forum On Science Learning And Teaching, [s.i.], v. 6, n. 2, p.1-18, dez. 2005.

MANASSERO, María Antonia; VÁZQUEZ, Ángel. Instrumentos y métodos para a evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. Enseñanza de Las Ciencias, [s.i.], v. 1, n. 20, p.15-27, 2001.

MARÍAS, Julián. História da Filosofia. São Paulo: Martins Fontes, 2004. 589 p. Prólogo de Xavier Zubiri; Epílogo José Ortega y Gasset; Tradução Cláudia Berliner; Revisão Técnica Franklin Leopoldo e Silva.

MARQUES, Adilio Jorge; SILVA, Cláudio Elias da. Utilização da olimpíada brasileira de astronomia como introdução à física moderna no ensino médio. Física na Escola, [s.i.], v. 6, n. 2, p.34-35, 2005.

MARSHALL, Heather A.. Countering astronomy misconceptions in high school students. 2003. Disponível em: <https://www.utdallas.edu/scimathed/resources/SER/SCE5308_03/misconceptions_HM.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2010.

MARTINS, I; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, 1999

MARTINS, Roberto de Andrade. A astronomia pré-copernicana. In: COPÉRNICO, Nicolau. Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. Rio de Janeiro: Editora Coppe - Mast, 1990. Cap. 2. p. 27-76. Introdução, Tradução e Notas Roberto de Andrade Martins.

_____. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino. Estudos de Historia e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no Ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 18-30.

_____. O universo: teorias sobre sua origem e evolução. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. 228 p.

_____. História da Astronomia e Ensino. 2016. Disponível em: <<http://www.ghhc.usp.br/server/pdf/ram-VIII-EBEA.PDF>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

MCKINNON, David; GEISSINGER, Helen. Interactive astronomy in elementary school. Educational Technology & Society, [s.i.], v. 5, n. 1, p.124-128, 2002.

MORIN, Edgar. Ciência com consciência. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2008. 344 p. Tradução de Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória.

MOURA, Manoel Oriosvaldo; ARAUJO, Elaine Sampaio; RIBEIRO, Flavia Dias. A

atividade orientadora de ensino como unidade entre ensino e aprendizagem. In: MOURA, Manoel Oriosvaldo. A Atividade Pedagógica na Teoria Histórico-Cultural. Brasília: Liber Livro, 2010. Cap. 4. p. 81-109.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. **Oei- Revista Iberoamericana de Educación**, [s.i.], p.1-11, 2003.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. Do mundo fechado da astronomia à cosmologia do universo fechado do big bang: revisitando novos dogmas da ciência astronômica. In: SILVA, Cibelle Celestino. Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. Cap. 8. p. 139-166.

PARUELO, Jorge. Enseñanza de las ciencias y filosofía. Enseñanza de Las Ciencias: Historia y Epistemología de las Ciencias, [s.i.], v. 28, n. 2, p.329-355, 2003.

PEDUZZI, Luiz O. Q.. A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica. 2016. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/A relatividade einsteiniana - uma abordagem conce](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/A%20relatividade%20einsteiniana%20-%20uma%20abordagem%20conceitual.pdf). Acesso em: 12 jun. 2016.

PEDUZZI, Luiz O. Q.. Força e movimento de Thales a Galileu. Florianópolis: Univ. Fed. de Santa Catarina, 2008. 161 p.

PILLING, Diana Paula Andrade; DIAS, Penha Maria Cardoso. A hipótese heliocêntrica na antiguidade. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.i.], v. 29, n. 4, p.613-623, 2007.

PINTO, Alvaro Vieira. Ciência e Existência: problemas filosóficos da pesquisa científica. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 537 p.

PIRES, Antonio S. T.. Evolução das ideias da física. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 478 p.

POINCARÉ, Henri. O valor da ciência. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995. 173 p. Tradução de: Maria Helena Franco Martins; Revisão técnica de: Ildeu de Castro Moreira.

POLITO, Antony Marco Mota. Galileu, Descartes e uma breve história do princípio de inércia. Physicae Organum: Revista dos Estudantes de Física da Universidade de Brasília, Brasília, v. 1, p.1-23, 2015.

PONTE, João Pedro Mendes da. Investigar, ensinar e aprender. 2016. Disponível em: [http://www.ime.usp.br/~dpdias/2012/MAT1500-3-Ponte\(Profmat\).pdf](http://www.ime.usp.br/~dpdias/2012/MAT1500-3-Ponte(Profmat).pdf). Acesso em: 01 ago. 2016.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M.. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio de inércia. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.i.], v. 31, n. 4, p.1-10, 2009.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M.. Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.i.], v. 30, n. 1, p.1-8, 2008.

PUZZO, Deolinda; TREVISAN, Rute Helena; LATARE, Cleiton Joni Benetti. Astronomia: a investigação da ação pedagógica do professor. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas - Mg. Anais... . Jaboticatubas: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. p. 1 - 13. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/>>. Acesso em: 11 out. 2009.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. Física: parte 1. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1967. 705 p. Tradução de Euclides Cavallari e Bento Afini Jr..

RICARDO, Elio Carlos; ZYLBERSZTAJN, Arden. Os parâmetros curriculares nacionais na formação inicial dos professores de ciências da natureza e matemática no ensino médio. 2007. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol12/n3/v12_n3_a3.htm>. Acesso em: 03 abr. 2007.

RODRÍGUES, Uxío Pérez et al. Los errores de los libros de texto de primer curso de ESO sobre la evolución histórica del conocimiento del universo. Enseñanza de Las Ciencias: Investigación Didáctica, [s.i.], v. 1, n. 27, p.109-120, 2009.

ROMANATTO, Mauro Carlos. O livro didático: alcance e limites. In: ENCONTRO PAULISTA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2004, São Paulo. Anais... . São Paulo: Usp, 2004. p. 1 - 11. Disponível em: <http://miltonborba.org/CD/Interdisciplinaridade/Anais_VII_EPEM/anais.htm>. Acesso em: 03 jun. 2016.

RONAN, Colin A.. História ilustrada da ciência da universidade de Cambridge: I - das origens à Grécia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda., 1997. 136 p.

SEBASTIÀ, Bernat Martínez. La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra: análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de. Revista Latino-americana de Educação em Astronomia – Relea, [s.i.], n. 1, p.7-32, 2004. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea>>. Acesso em: 02 mar. 2013.

SIGANSKI, Bruna Prevedello et al. O livro didático e o ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba - Pr. Anais... . Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. p. 1 - 12. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/index.htm>>. Acesso em: 23 set. 2010.

SIGAUD, Geraldo Monteiro. Copernico e Kepler: como a Terra saiu do centro do universo. Cadernos Ihu Ideias, São Leopoldo - Rs, v. 49, n. 4, p.1-33, 2006.

SILVA, Ana Paula Pereira do Nascimento. A leitura de fontes antigas e a

formação de um corpo interdisciplinar de conhecimentos: um exemplo a partir do Almagesto de Ptolomeu. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SILVA, Francelle R. O.; FERNANDES, Francisco C. R.. A astronomia como instrumento contextualizador de conceitos matemáticos no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 1., 2011, Rio de Janeiro. Anais... . Rio de Janeiro: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2011. v. 1, p. 1 - 6.

SILVA, Geraldo José da. A epistemologia em uso: imagens de ciência em livros didáticos de química. 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SILVA, Luciano Fernandes da et al. O movimento no dia-a-dia. In: DEMONTTE, Aureluce et al. Cadernos de Formação: Ciências e Saúde: Pedagogia Cidadã. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica - Unesp, 2004. p. 45-53.

SIMAAN, Arkan; FONTAINE, Joëlle. A imagem do mundo: dos Babilônios a Newton. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. 351 p. Tradução de Dorothée de Bruchard.

SIMÕES, Cleonir Coelho. Elementos de astronomia nos livros didáticos de física. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências e Matemática, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOBREIRA, Paulo Henrique Azevedo. Estações do ano: Concepções espontâneas, alternativas, modelos mentais e o problema da representação em livros didáticos de geografia. In: LONGHINI, Marcos Daniel. Educação em Astronomia: Experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas: Átomo, 2010. Cap. 2. p. 37-57.

SOLÍS, Carlos. La revolución de la física en el siglo XVII. Madrid, España: Ediciones Akal S. A., 1991. 56 p. (Historia de la Ciencia y de la Técnica).

TOMAZELLO, Maria Guiomar C.; PASCHINI NETO, Michel. As estações do ano em livros didáticos de ciências do ensino fundamental. In: SIMPÓSIO DE PRÁTICAS EDUCATIVAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA, 5., 2010, Piracicaba. Anais.... Piracicaba: Unimep, 2010. p. 1 - 8.

TOSSATO, Claudemir Roque. *Mysterium Cosmographicum*: Os Antecedentes das Duas Primeiras Leis Keplerianas dos Movimentos Planetários. Cadernos Espinosanos, [s. l.], n. 5, p.35-63, 1999.

TRIVELLATO, José et al. Ciências, natureza & cotidiano: criatividade, pesquisa, conhecimento, 6 ano. São Paulo: Ftd, 2008. 240 p.

TRUMPER, Ricardo. Teaching future teachers basic astronomy concepts - Sun-Earth-Moon relative movements - at a time of reform in science education. Research In Science & Technological Educational, [s.i.], v. 24, n. 1, p.85-109, maio 2006.

USBERCO, João et al. Companhia das ciências. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2012. 256 p.

VASCONCELOS, Flávia; LEÃO, Marcelo. A utilização de vídeos didáticos na introdução de conceitos científicos em um museu de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. Anais... . Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. p. 1 - 10.

VASCONCELOS, Francelina Elena Oliveira; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. O estudo da astronomia e a motivação para o ensino de física na educação básica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2., 2012, São Paulo. Atas. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012. v. 1, p. 482 - 490.

VASCONCELOS, Simão Dias; SOUTO, Emanuel. O livro didático de ciências no ensino fundamental: proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. Ciência & Educação, [s.i.], v. 9, n. 1, p.93-104, 2003.

VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel et al. Consensos sobre a natureza da ciência: a ciência e a tecnologia na sociedade. Química Nova na Escola, [s.i.], n. 27, p.34-50, fev. 2008.

VEJA.COM. Pesquisa mostra que 1 em 4 americanos ignora que a Terra orbita o Sol. [Veja.com](http://veja.abril.com.br/ciencia/pesquisa-mostra-que-1-em-4-americanos-ignora-que-a-terra-orbita-o-s). [s.i.], 14 fev. 2014. Ciências, p. 1-1. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/ciencia/pesquisa-mostra-que-1-em-4-americanos-ignora-que-a-terra-orbita-o-s>>. Acesso em: 14 fev. 2014.

VIEIRA, Kelmara Mendes; DALMORO, Marlon. Dilemas na Construção de Escalas Tipo Likert: o Número de Itens e a Disposição Influenciam nos Resultados?. In: ENCONTRO DA ANPAD, 32., 2008, Rio de Janeiro. EnANPAD. Rio de Janeiro: Anpad, 2008. p. 1 - 16.

VOSNIADOU, Stella; BREWER, William F.. Mental models of the Earth: a study of conceptual change in childhood. Cognitive Psychology, [s.i.], n. 24, p.535-585, 1992.

WIEDEMER, Marcos Luiz. Princípios e fundamentos dos parâmetros curriculares nacionais. Cadernos do Cnlf, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p.117-122, 2013.

ZYLBERSZTAJN, Arden; ASSIS, André Koch Torres. Sobre a possível realidade das forças fictícias: uma visão relacional da mecânica. Acta Scientiarum, [s.i.], v. 4, n. 21, p.817-822, 1999.