

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
INSTITUTO FEDERAL SUDESTE DE MINAS GERAIS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALEXANDRE MIGUEL DA SILVA

A COMPREENSÃO DO UNIVERSO QUE NOS CERCA A PARTIR DO USO
DE PLANISFÉRIO EM SALA DE AULA.

Juiz de Fora
2018

ALEXANDRE MIGUEL DA SILVA

A COMPREENSÃO DO UNIVERSO QUE NOS CERCA A PARTIR DO USO
DE PLANISFÉRIO EM SALA DE AULA.

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como
parte dos requisitos necessários à obtenção do
título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Cláudio Henrique da Silva Teixeira

Juiz de Fora
2018

Alexandre Miguel da Silva

A COMPREENSÃO DO UNIVERSO QUE NOS CERCA A PARTIR DO USO
DE PLANISFÉRIO EM SALA DE AULA.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em ____/____/____, por:

Prof. Dr. Cláudio Henrique da Silva Teixeira.

Prof. Dr. José Roberto Tagliati

Prof. Dr. Tibério Borges Vale

Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes

Prof. Me. Fernando Otávio Coelho

Dedicatória

Dedico esta dissertação à minha mãe, Marlene Miguel da Silva, e
à minha esposa Marineia Aparecida Vicente.

AGRADECIMENTOS:

Agradeço primeiramente a Deus. Agradeço, em especial, a meu orientador Claudio Henrique Teixeira pelos seus conhecimentos passados a mim com paciência e dedicação. Tenho um agradecimento em particular a minha esposa Marinéia Aparecida Vicente que contribuiu com a sua paciência e apoio incondicional nos momentos difíceis que atravessei nesta caminhada. Agradeço aos professores da Universidade Federal de Juiz de Fora e do Instituto Federal de Minas Gerais pelo apoio nos momentos de dificuldades com as disciplinas. Agradeço aos alunos e a coordenação do Colégio de Aplicação João XXIII do 1º ano do Ensino Médio - turma de 2017, pela colaboração na aplicação do meu produto. Agradeço aos meus amigos técnicos de laboratório de física que contribuíram de forma direta e indireta para a conclusão de meus trabalhos e, por fim, agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecemos à FAPEMIG pelo apoio de taxa de bancada - Projeto MPR 00703-15.

RESUMO

A COMPREENSÃO DO UNIVERSO QUE NOS CERCA A PARTIR DO USO DE PLANISFÉRIO EM SALA DE AULA.

Alexandre Miguel da Silva

Orientador:

Cláudio Henrique da Silva Teixeira

O presente trabalho apresenta uma proposta de ensino de astronomia descrita numa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que consiste no uso dos conhecimentos astronômicos para explicar a Gravitação Universal. Abordamos neste trabalho a importância da Astronomia na vida cotidiana do aluno, tentando demonstrar sua utilização desde a antiguidade - nas primeiras cartas celestes para as grandes navegações e na previsão de plantio e colheita na agricultura - até os dias atuais, em que seu uso ainda é fundamental na localização e para melhor compreensão do mundo real que nos cerca. Percebemos grande dificuldade na aplicação da Astronomia na grade curricular da Educação Básica atual. Nesse sentido, apresentamos uma proposta de trabalho qualitativo que trata a Astronomia como ferramenta didática envolvida dentro de uma sequência de ensino que relata a ordem cronológica dos primeiros astrônomos culminando na quebra do paradigma do sistema geocêntrico, enfatizando a necessidade de se entender as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal de Newton. Para aplicação da sequência desenvolvemos um mapa estelar (Planisfério) que foi elaborado para facilitar as aulas de observação nas escolas de Ensino Básico. O produto educacional desenvolvido visa contemplar as escolas com dificuldades para manter um laboratório didático por meio de um material de baixo custo, cujos resultados da aplicação estão expostos neste trabalho. O objetivo desse material pedagógico é incentivar o professor a levar temas mais atraentes de astronomia para a sala de aula e, com isso, despertar o interesse dos alunos pela ciência, sem a necessidade de grandes investimentos financeiros e sem alterar o conteúdo programático da disciplina.

Palavras-chave: Ensino de astronomia, planisfério, gravitação universal, sequência didática.

Juiz de Fora
2018

ABSTRACT**UNDERSTANDING THE UNIVERSE AROUND US USING THE
PLANISPHERE IN CLASSROOM.**

Alexandre Miguel da Silva

Supervisor:

Cláudio Henrique da Silva Teixeira

The present work describes a teaching proposal described in a Potentially Meaningful Teaching Units (PMTUs), which consists in using astronomical knowledge to explain Universal Gravitation. We discuss in this work the importance of Astronomy in the daily life of the student, trying to demonstrate its usage since ancient times - using the first planisphere for the great navigations, and in the forecast of planting and harvesting in agriculture - until the present days, the planisphere is used for localization and a better understanding of the real world around us. We noticed the great difficulty of applying Astronomy in the curricular grade of Basic Education in the schools nowadays. Thus we bring a proposal of qualitative work that treats Astronomy as a didactic tool involved in a teaching sequence, which reports a chronological order of the first astronomers culminating in the breaking of the geocentric system paradigm, emphasizing the necessity of understanding Kepler's laws and Newton's law of universal gravitation. For the application of the sequence, we developed a stellar map (Planisphere) which was elaborated to facilitate the observation classes in the schools of Basic Education. The educational product developed aims to contemplate the schools with difficulties to maintain a didactic laboratory with the elaboration of a product of low cost, whose results of the application are exposed in this work. The objective of this teaching material is help the teacher to bring more attractive subjects for the classroom and to arouse students interest in science, without the need for large financial investments and without modifying the programmatic content of the discipline.

Keywords: Teaching astronomy, planisphere, universal gravitation, didactic sequence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa Estelar	26
Figura 2: PLANISFÉRIO	27
Figura 3: Hemisfério Celeste Sul (boreal) - face Sul do disco rígido	40
Figura 4: Linhas das constelações da face Sul	40
Figura 5 - Figuras das constelações da face Sul.....	41
Figura 6: Máscara da face Sul.....	41
Figura 7: Nova Astronomia Fundada em Causas.....	44
Figura 8: Representação da Primeira Lei de Kepler.....	45
Figura 9: Desenho de Raio Vetor de um Planeta	46
Figura 10: Varredura das Áreas de uma Órbita Elíptica.....	47
Figura 11: Questionário de Seleção	51
Figura 12: Imagem do Primeiro Encontro.....	52
Figura 13: Apresentação do céu estrelado.....	57
Figura 14: Órbita de um planeta.....	69
Figura 15: 1º questão do questionário sobre conhecimentos iniciais	74
Figura 16: Resposta da 1º questão da avaliação	74
Figura 17: 2º questão sobre os conhecimentos iniciais.....	75
Figura 18: Resposta da 2º questão da avaliação	75
Figura 19: 3º questão sobre os conhecimentos iniciais.....	76
Figura 20: Resposta a 3º questão da avaliação	76
Figura 21: 4º questão sobre os conhecimentos iniciais.....	77
Figura 22: Resposta da 4º questão da avaliação	77
Figura 23: 5º questão sobre os conhecimentos iniciais.....	78
Figura 24: Resposta da 5º questão da avaliação	78
Figura 25: 6º questão dos conhecimentos iniciais.....	78
Figura 26: Resposta da 6º questão da avaliação	79
Figura 27: Questões 7º e 8º dos conhecimentos iniciais.....	80
Figura 28: Resposta da 7º questão da avaliação	80
Figura 29: 9º questão dos conhecimentos iniciais.....	81
Figura 30: Resposta da 8º questão da avaliação	81
Figura 31: 10º questão sobre os conhecimentos iniciais.....	82
Figura 32: Resposta da 9º questão da avaliação	82

Figura 33: hemisfério celeste Sul (boreal) - (face Sul do disco rígido)	90
Figura 34: linhas das constelações da face Sul	91
Figura 35: figuras das constelações da face Sul	92
Figura 36: máscara da face Sul.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo da Constante de Kepler.....	48
--	----

SUMÁRIO

CAPITULO 1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVO GERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
CAPITULO 2. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
2.1 INCLUSÃO DA ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO.....	16
2.2 ASTRONOMIA NOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS.....	17
2.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO:	18
CAPITULO 3. REFERENCIAL TEÓRICO:	20
3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	20
3.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA	21
3.3 ENSINO DE ASTRONOMIA	23
CAPITULO 4. ESTRATÉGIA DE AÇÃO	25
4.1 PLANISFÉRIO CELESTE DE FACE SUL	25
4.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	29
4.3 SISTEMA GEOCÊNTRICO E HELIOCÊNTRICO	29
4.4 LEIS DE JOHANNES KEPLER:	32
4.5 TEORIA DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL:.....	34
4.6 PLANEJAMENTO DE ENCONTROS:.....	35
4.6.1 PLANEJAMENTO DO PRIMEIRO ENCONTRO – 2 aulas	36
4.6.2 PLANEJAMENTO DO SEGUNDO ENCONTRO – 2 AULAS.....	37
4.6.3 PLANEJAMENTO DO TERCEIRO ENCONTRO – 2 AULAS.....	39
4.6.4 PLANEJAMENTO DO QUARTO ENCONTRO – 4 AULAS	42
4.6.5 PLANEJAMENTO DO QUINTO ENCONTRO – 1 AULA.....	49
CAPITULO 5. COMENTÁRIOS E DISCUSSÕES	51
5.1 DISCUSSÕES DO PRIMEIRO ENCONTRO	52
5.2 DISCUSSÕES DO SEGUNDO ENCONTRO	59
5.3 DISCUSSÕES DO TERCEIRO ENCONTRO.....	63

5.4	DISCUSSÕES DO QUARTO ENCONTRO.	63	
5.5	DISCUSSÕES DO QUINTO ENCONTRO.	65	
5.6	DISCUSSÕES DO SEXTO ENCONTRO.	67	
5.7	DISCUSSÕES DO SÉTIMO ENCONTRO.	70	
CAPITULO 6. RESULTADOS.....		74	
6.1	PRIMEIRA QUESTÃO	74	
6.2	SEGUNDA QUESTÃO	75	
6.3	TERCEIRA QUESTÃO.....	75	
6.4	QUARTA QUESTÃO	76	
6.5	QUINTA QUESTÃO	77	
6.6	SEXTA QUESTÃO	78	
6.7	SÉTIMA QUESTÃO.....	79	
6.8	OITAVA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO E NONA DO QUESTIONÁRIO	80	
6.9	NONA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO E DÉCIMA DO QUESTIONÁRIO	81	
CAPITULO 7. CONCLUSÃO.....		83	
CAPITULO 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		85	
<i>APÊNDICE A. FIGURAS PARA CONSTRUÇÃO DE UM PLANISFÉRIO CELESTE COM</i>			
	<i>DIREÇÃO 20° SUL</i>	<i>89</i>	
<i>APÊNDICE B. SEQUÊNCIA DIDÁTICA:.....</i>			<i>94</i>
	<i>A COMPREENSÃO DO UNIVERSO QUE NOS CERCA A PARTIR DO USO DE</i>		
	<i>PLANISFÉRIO EM SALA DE AULA.....</i>	<i>94</i>	

CAPITULO 1. INTRODUÇÃO

A Astronomia influencia a história e a cultura por meio de suas aplicações práticas e implicações filosóficas e religiosas sobre a explicação do universo. Considerada uma ciência versátil, também atrai inúmeros interessados em seus temas pela interdisciplinaridade com outras áreas tal como a História, a Física, a Geografia, a Arte, entre outras (NETO, 2017).

Diante de tal complexidade compreendemos que o ensino de Astronomia deveria estar presente de modo consistente na estrutura curricular do Ensino Fundamental e do Ensino Médio no Brasil, realidade ainda distante da maior parte das salas de aula. Os temas são descritos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), mas diversos estudos indicam que há despreparo por parte dos professores ao ensinar Astronomia em suas aulas. Entre as razões está o fato dos profissionais não possuírem conhecimento ou formação sólida na disciplina (LANGHI e NARDI, 2005; LEITE, 2007; IACHEL, 2009; BRETONES, 2012). Neste cenário, muitos docentes incorrem em um erro conceitual ao ensinar conteúdo de Astronomia, gerando concepções alternativas por vezes não condizentes com a ciência, o que confunde ainda mais os estudantes. Na tentativa de auxiliar os docentes em suas carências, algumas pesquisas na área de Educação em Astronomia buscaram elaborar propostas didáticas para este variado conteúdo da Educação Básica (NETO, 2017).

Cientes desse panorama, nesta dissertação abordamos as vantagens da inserção da Astronomia no Ensino Básico. No desenvolvimento das pesquisas e experiências relatadas neste trabalho, o principal fator observado foi a carência de atividades experimentais relacionadas a este conteúdo nas escolas da rede pública de ensino da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Partimos do pressuposto que a Astronomia não precisa ser abordada como um novo conjunto de conteúdo a ser ensinado, já que a abordagem que a compreende como um conjunto de dois produtos que auxiliam o professor de Física nos conteúdos relativos à Gravitação Universal é mais produtiva.

1.1 OBJETIVO GERAL

O uso de outras ferramentas de ensino além do livro didático permite uma maior interação do aluno com o conhecimento. Desta forma, foi proposto aqui a utilização de um planisfério celeste criado a partir de um *software* que reproduz o céu estrelado exatamente da forma que é visto da Terra. Este produto dará suporte a uma sequência didática que abordará o tema de forma adequada. O estudo tem como objetivo permitir que o aluno correlacionasse o mundo natural e o céu estrelado a partir de observações astronômicas, possibilitando a compreensão do ambiente que o cerca. Nosso objetivo foi a inserção da Astronomia como proposta curricular integrada diretamente ao currículo do primeiro ano do Ensino Médio no tópico “Gravitação Universal”, incluindo neste fim um instrumento de ensino orientado para a prática da observação do espaço celeste.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Construção de uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) que se reflete diretamente em conhecimentos de Astronomia, envolvendo neste fim a cronologia dos trabalhos dos astrônomos de estudos clássicos no conteúdo de gravitação universal;
2. Construção de um planisfério celeste voltado apenas para o hemisfério Austral, visando facilitar o aprendizado dos alunos sobre o movimento da esfera celeste, a física envolvida no processo e a compreensão do mundo que nos cerca.

CAPITULO 2. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Como motivação e justificativa da minha pesquisa, apresento alguns tópicos para importância do ensino de Astronomia na Educação Básica e na formação inicial e continuada de professores.

O ensino de Astronomia contribui para uma visão de conhecimento científico enquanto processo de construção histórica e filosófica, no qual representa um exemplo claro de que a ciência e a tecnologia não estão distantes da sociedade; desperta a curiosidade e a motivação nos alunos e nas pessoas em geral; potencializa um trabalho docente voltado para a elaboração e aplicação autônoma de atividades práticas contextualizadas, muitas destas sob a necessidade obrigatória de uma abordagem de execução tridimensional que contribua para a compreensão de determinados fenômenos celestes; implica em atividades de observação sistemática do céu a olho nu e com telescópios (alguns construídos pelos alunos e professores, desmistificando sua complexidade); conduz o habitante pensante do planeta Terra a reestruturações mentais que superam o intelectualismo e o conhecimento por ele mesmo, pois a compreensão das dimensões do universo em que vivemos proporciona o desenvolvimento de aspectos exclusivos da mente humana, tais como fascínio, admiração, curiosidade, contemplação e motivação; é altamente interdisciplinar; sua educação e popularização podem contribuir para o desenvolvimento da alfabetização científica, da cultura, da desmistificação, do tratamento pedagógico de concepções alternativas, da criticidade sobre notícias midiáticas sensacionalistas e de erros conceituais em livros didáticos; fornece subsídios para o desenvolvimento de um trabalho docente satisfatoriamente em conformidade com as sugestões dos documentos oficiais para a educação básica nacional, a partir da sua inserção na formação inicial e continuada de professores; possui potenciais de ensino e divulgação, ainda nacionalmente pouco explorados, nos âmbitos das comunidades de astrônomos profissionais e semiprofissionais (amadores colaboradores com profissionais), bem como de estabelecimentos específicos onde estes atuam (LANGHI, 2014.).

A importância dos estudos astronômicos remonta ao seu histórico milenar e, a fim de demonstrar o diálogo entre a Astronomia, a Filosofia e a História, elaboramos um breve relato dos principais eventos dentre deste campo de estudo referentes a agricultura e as grandes navegações.

Na agricultura, a Astronomia é utilizada desde a origem das primeiras sociedades agropastoris, que precisavam monitorar o comportamento do clima e a passagem do tempo. Hoje, pesquisadores utilizam a biodinâmica como meio de cultivo baseado em técnicas de agricultura orientadas pela observação do calendário astronômico, fundamental no plantio de alimentos orgânicos.

Dentre as diferentes correntes do cultivo orgânico, existe a chamada agricultura biodinâmica, que baseia-se no calendário astronômico agrícola. De acordo com esse calendário, existem períodos que são favoráveis a produção dos diferentes órgãos da planta (raiz, folha, flor e fruto) e um período que é desfavorável as práticas agrícolas (HOZANO, 2016, p.1).

A Astronomia nasce como estudo sistematizado a partir do desejo do homem em observar os céus e compreender o movimento e o posicionamento periódicos observados. Ela foi fundamental em saltos históricos como as grandes navegações dos séculos XVI e XVII, em que o homem utilizava a Estrela Polar do Norte para se localizar nas rotas quando navegava em mares do hemisfério Norte, mas que perdia a referência espacial quando navegava em direção aos mares do hemisfério Sul, por não visualizar a Estrela Polar como referência.

Com as grandes navegações, os europeus tiveram acesso a uma parte do céu até então desconhecida das latitudes boreais e passaram a estudar atentamente essas novas estrelas na busca de um marco celeste que lhes indicasse a latitude em que se encontravam. Até então bastava procurar a Polar (estrela próxima ao polo celeste cuja altura acima do horizonte fornecia a latitude local), mas quando esta mergulhava no oceano perdia-se um marco celeste decisivo para a navegação, ficando clara a necessidade de encontrar uma estrela que desempenhasse em latitudes austrais o mesmo papel que a Polar no hemisfério norte (SILVA, 2013, p.1).

Foi necessário encontrar uma Estrela Polar Sul. Os navegantes encontraram em suas observações das estrelas austrais numa constelação que se destacava em relação as outras, a qual foi nomeada Cruzeiro do Sul, como

relatado na carta de Vespúcio, em sua terceira viagem, escrita a Lorenzo de Médici – agora no fim de 1521, na primeira expedição a serviço de D. Manuel.

O polo antártico não tem a Ursa Maior nem Menor, tal como se pode ver no nosso polo ártico, nem é tocado por estrelas que resplandecem, mas [...] seguem outras seis estrelas luzentes que superam em esplendor todas as outras que se encontram na oitava esfera... (MOURÃO, 1995, p.159).

Nos dias atuais a localização de nossas posições exatas sobre o planeta, quer seja em terra ou no mar, é determinada por um par de coordenadas que são a latitude e a longitude. Estas são determinadas por vias astronômicas. A latitude sempre foi determinada por via puramente astronômica. A determinação da longitude mostrou a necessidade da criação do cronometro de precisão a ser aferido pelos movimentos do Sol. Modernamente, as coordenadas podem ser determinadas pelo sistema GPS (Global Positioning System), no entanto, usa as mesmas coordenadas criadas pela Astronomia. (CANIATO, 2005).

Como em tempos atuais podemos também citar o uso da Astronomia em satélites em que até em 1957 a terra tinha apenas a lua como seu único satélite. Hoje orbitam ao redor de nosso planeta milhares de objetos, em orbitas em diferentes tamanhos e inclinações. Esses satélites utilizados para comunicações, localizações e até mesmo em observações foram colocados em orbitas com o conhecimento da Gravitação Universal descoberta por Isaac Newton em 1687e acrescida de um imenso arsenal tecnológico que tornou isso possível em 1957. (CANIATO, 2005).

2.1 INCLUSÃO DA ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO

Como podemos observar, a Astronomia é utilizada desde a antiguidade, passando pelo advento das navegações dos séculos XVI e XVII e ainda hoje movimenta o mundo social e acadêmico através da biodinâmica de técnicas de agricultura. Voltando este olhar para a educação de base brasileira, atualmente no Ensino Médio os professores de Física encontram grande dificuldade em lecionar os conteúdos de Astronomia devido as falhas encontradas em livros didáticos, concepções errôneas de professores de

Ciências e falta de recursos didáticos para elaboração de experimentos em sala de aula (BUCCIARELLI, 2001; LEITE, 2002; BOCZKO, 2003). Na vivência de trabalho nas escolas públicas, refletimos que, dessas dificuldades, os alunos deixam o Ensino Médio sem ter aprendido pelo menos os primeiros conceitos de Astronomia.

[...] “constata-se que grande parte dos alunos da rede pública de ensino deixam o ciclo básico de estudos sem conhecimento de assuntos de Astronomia que são pertinentes à sua formação. A Solução poderia ser a inclusão de uma nova disciplina curricular de Astronomia” (DIAS, 2008, p. 55).

Acreditamos na importância do nosso trabalho quando propormos a inserção de princípios básicos de Astronomia para os alunos do primeiro ano do Ensino Médio através de dois produtos de ensino de Física, elaborados durante o curso no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Estes produtos foram acoplados de forma didática e consideramos que sua eficiência se encontra na facilidade em que o professor irá administrá-los nas aulas. Com a proposta de trabalho dos dois produtos elaborados, descritos nesta dissertação, acreditamos colaborar para minimizar os problemas que foram mencionados até contribuir para uma possível criação de uma disciplina curricular exclusiva para o ensino de Astronomia nas escolas. Esta alternativa nos parece bastante pertinente, mas infelizmente dentro da realidade das escolas no Brasil não se mostra uma alternativa viável para a questão no atual quadro curricular do país.

2.2 ASTRONOMIA NOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS

Segundo o Ministério da Educação (MEC), os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) são diretrizes elaboradas por especialistas e educadores de todo o país, que compõem elementos voltados para auxiliar as equipes escolares na execução das atividades pertinentes a educação. Eles servem de estímulo e apoio à reflexão sobre a prática diária, ao planejamento de aulas e, sobretudo, ao desenvolvimento do currículo da escola e contribui para a atualização profissional de educadores (BRASIL, 2018).

Quando consideramos o PCN+ (BRASIL, 2002), versão do documento dos Parâmetros que abordam os assuntos de interesse da subárea Ciências da

Natureza, Matemática e suas tecnologias, vemos, mais especificamente no capítulo destinado a Física, os temas Universo, Terra e vida nas abordagens consideradas necessárias à formação dos alunos brasileiros. Já na sua primeira unidade temática relatada, o documento traz componentes de Astronomia como uma das competências a ser trabalhada no Ensino Médio, conforme o excerto abaixo:

1. Terra e sistema Solar

- Conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da Lua, eclipses etc.);
- Compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites (BRASIL, 2002, p. 79).

Tomando como referência esta unidade temática proposta pelo PCN+, elaboramos dois produtos educacionais descritos nesta dissertação, cujo foco abrange o tema “Gravitação Universal”, conforme diretrizes para lecioná-lo no primeiro ano do Ensino Médio.

2.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO:

Esta dissertação está orientada na elaboração de uma sequência didática com ênfase na construção de um planisfério diferenciado que o professor de Ensino Médio poderá utilizar com os alunos em suas aulas, preferencialmente noturnas. As partes para a montagem desse planisfério estão descritas no apêndice A. Já a construção desse planisfério e a elaboração da sequência didática estão descritas ao longo desta dissertação.

No Capítulo 3 é apresentado o referencial teórico cujo embasamento teórico-didático serviu como base para a elaboração, aplicação e análise de nosso produto educacional.

No Capítulo 4 descrevemos de forma clara e completa como elaboramos nossa sequência didática, relatando detalhadamente os quatro encontros mais a avaliação da aplicação. Esses encontros foram divididos de modo a articular o produto e a sequência. Assim, no primeiro encontro absorvemos o máximo dos conhecimentos iniciais dos alunos para que ainda no segundo pudessemos trabalhar a partir desses conhecimentos iniciais. Foi

utilizado para tal um programa que simula um planetário, através do qual introduzimos os primeiros conhecimentos para os alunos.

No terceiro encontro colocamos em prática a utilização do nosso produto educacional (Planisfério), ocasião na qual os alunos o utilizaram para fazer as observações de estrelas e constelações. Nesse encontro foi possível para o professor levantar sugestões de observação de algumas estrelas.

No quarto encontro introduzimos os conceitos de Física referentes às Leis de Kepler e à gravitação de Newton por meio de uma abordagem cronológica e histórica a partir da quebra do paradigma do sistema geocêntrico culminando nas Leis de Kepler e nas Leis da Gravitação segundo Isaac Newton. É importante enfatizar que os quatro encontros se mostraram insuficientes, sendo necessário mais três encontros, incluindo a avaliação final.

Na última parte deste trabalho, temos o Capítulo 5 no qual relatamos com detalhes os comentários e discussões de cada encontro e o Capítulo 6 em que reservamos o espaço para nossa discussão dos resultados obtidos, seguindo uma apresentação comentada das principais questões encontradas, distribuídas num total de nove tópicos. Por fim, o Capítulo 7 trouxe a conclusão geral desta dissertação, na qual elaboramos nossas considerações finais e ponderações.

Ao fim da dissertação encontra-se tanto a bibliografia utilizada para sua elaboração, quanto o apêndice A (com as figuras para construção do Planisfério) e o apêndice B (plano de aula para sequência didática).

CAPITULO 3. REFERENCIAL TEÓRICO:

3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para construir uma casa precisamos de uma base que dê sustentabilidade para sua construção, assim como precisamos de um referencial teórico sólido no desenvolvimento de uma pesquisa para unir a fenomenologia da teoria com sua face empírica para desenvolver a melhor utilização de nosso produto educacional. Deste modo, nos baseamos em David Ausubel e seus trabalhos com a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Na década de 1960, David Ausubel propôs a Teoria da Aprendizagem Significativa, na qual o autor enfatiza a aprendizagem de significados (conceitos) como aquela mais relevante para seres humanos. Ele ressalta que a maior parte da aprendizagem acontece de forma receptiva e, desse modo, a humanidade têm-se valido para transmitir as informações ao longo das gerações. (AUSUBEL, 2003).

Uma de suas contribuições é marcar claramente a distinção entre aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. A aprendizagem mecânica ou memorística se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é muito menor, daí ele ser tão utilizado quando os alunos se preparam para exames escolares, principalmente naqueles exames que exigem respostas literais às suas perguntas e não exigindo do aluno a capacidade de articulação entre os tópicos do conteúdo em questão. Apesar de custar menos esforço, a aprendizagem memorística é volátil e apresenta grau de retenção baixíssimo na aprendizagem de médio e longo prazo (PELIZZARI, 2002).

Ausubel sugere o uso da aprendizagem mecânica quando não existir na estrutura cognitiva do aprendiz ideias-âncora (subsunçor) que facilitem a conexão entre esta e a nova informação, ou seja, quando não existirem ideias prévias que possibilitem a ancoragem. Em dada circunstância, as pessoas se deparam com a tarefa de aprender uma sequência de determinados conteúdos sem ter tido a oportunidade de algum conhecimento prévio. Ausubel sugere que o conhecimento inicial seja memorizado e, a partir desse conhecimento

absorvido, seja paulatinamente estruturado o conhecimento sobre o tópico considerado. A alternativa elaborada para essa situação propõe a utilização de organizadores prévios que são pontes cognitivas entre o que aprendente já sabe o que pretende saber. Os organizadores são construídos com elevado grau de abstração e inclusão, de modo que possam se apoiar nos pilares fundamentais da estrutura cognitiva do aprendente e facilitar a apreensão de conhecimentos mais específicos com os quais ele está se deparando. (AUSUBEL, 2003).

Em nossa pesquisa começamos utilizando em larga escala a Teoria da Aprendizagem Significativa pelos subsunçores, que descarta justamente a ideia da aprendizagem mecânica. A escolha dessa técnica no primeiro encontro nos levou a uma nova etapa de aprendizagem significativa, dando prosseguimento ao desenvolvimento de uma unidade de ensino potencialmente significativa, no nosso próximo tópico.

3.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Uma vez iniciados os trabalhos para utilização do produto educacional desenvolvido para esta pesquisa, percebemos que perguntas simples como “Como explicar para seu aluno que é a Terra que se movimenta e não o Sol?” não possui explicação de fácil compreensão, ainda que a resposta teórica para a mesma esteja estampada nos livros didáticos a partir do Ensino Fundamental. Essa questão exigiu uma longa pesquisa por um modelo empírico aplicável em uma sala do Ensino Básico, até que a descoberta da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) se demonstrou uma alternativa com bom potencial de adaptação.

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, conhecida como UEPS, é uma teoria idealizada por Marco Antônio Moreira baseada nos conhecimentos de David Ausubel. Moreira explica de forma clara e em poucas palavras como é uma UEPS.

Sabemos que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-litera e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento

prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade (MOREIRA, 2005, p. 4).

Sabemos que o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem. Em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos (MOREIRA, 2005). Deste modo, ainda no primeiro encontro com os alunos, fizemos uma apresentação do céu acompanhada de um questionário com 10 perguntas para compreender parte do conhecimento prévio dos presentes. Na aprendizagem significativa o aprendiz não é um receptor passivo, uma vez que faz uso dos significados que já internalizou de maneira substantiva e não arbitrária na captação dos significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo em que o aprendiz progressivamente diferencia sua estrutura cognitiva, ele também faz a reconciliação integradora para identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento para produzir um novo conhecimento (MOREIRA, 2005).

Outro aspecto fundamental da aprendizagem significativa é a necessidade da pré-disposição do aprendiz para aprender. O aluno tem que manifestar disposição para relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal os significados que capta dos materiais educativos potencialmente significativos do currículo à sua estrutura cognitiva (GOWIN, 1981). Consideramos que a Astronomia desperta no aluno tal pré-disposição, razão pela qual a escolhemos para explicar a Gravitação Universal. Com o intuito de ajudar o aluno no processo de aprendizado significativo, ensinamos as técnicas de observação do céu noturno e a forma de trabalhar com duas ferramentas constituintes desta dissertação, que são o planisfério e o programa *Stellarium*.

Em nossa aplicação procuramos expor para o aluno a ordem cronológica das descobertas em Astronomia até que as mesmas culminem em uma das maiores quebras de paradigma que é a passagem do sistema geocêntrico para o sistema heliocêntrico. Envolvermos nesse processo as teorias das Leis de Kepler e das Leis da Gravitação, de Isaac Newton. Toda teoria foi inserida em uma sequência didática que resultou em nossa UEPS.

É proposta a construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem

significativa. Partindo das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, de que o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim, essa sequência é proposta como sendo uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) (MOREIRA, 2011, p. 1).

3.3 ENSINO DE ASTRONOMIA

A Astronomia é considerada a ciência mais antiga, conhecimento presente desde as primeiras organizações humanas. Mesmo diante de tal relevância histórica e biológica, é notório que o ensino de Astronomia é incipiente no Brasil, embora seus temas relacionados estejam presentes nos livros didáticos a partir do sexto ano do Ensino Fundamental e nos conteúdos de disciplinas como Geografia e Física do Ensino Médio. Uma das razões que se observa para o atraso nos métodos de ensino da Astronomia no país é a ausência de disciplina específica nos cursos de formação de professores e de formação continuada (DAMASCENO, 2016).

Existência de lacunas na formação inicial de professores da educação básica (especialmente dos anos iniciais do Ensino Fundamental) relativos a conteúdos e metodologias de ensino de Astronomia; Cursos de curta duração, normalmente denominados de “formação continuada”, que não promovem, satisfatoriamente, uma mudança efetiva na prática docente para a educação em Astronomia; Carência de material bibliográfico de linguagem acessível e de fonte segura de informações sobre Astronomia para professores e público em geral; [...] Espetacularização excessiva da mídia e sensacionalismos exagerados sobre temas e fenômenos de Astronomia; [...] Persistência de erros conceituais em livros didáticos e outros manuais didáticos, apesar de diversas revisões em seus textos; Quantidade reduzida de pesquisas sobre Educação em Astronomia; [...] (NETO, 2017, p. 3).

Devido ao cenário exposto acima, é natural que o professor recorra aos livros didáticos para preparar alguma atividade relacionada ao ensino de Astronomia. Por sua vez, o profissional encontra a carência de conteúdos abordados ou simplesmente falta o tema nos livros consultados, sendo este um referencial com pouco conteúdo (DAMASCENO, 2016).

O desafio de ensinar Astronomia pode ser atenuado na realização de atividades de formação continuada dos docentes voltadas para a tridimensionalidade espacial embutidas nas aulas de observação, o que permitiria ao docente superar a visão bidimensional do material de apoio tirada

dos livros, absolutamente diferente da observação dos astros no céu. Nos PCN há a orientação para que não se ignore o que os alunos sempre observam no céu estrelado. Assim, deve-se partir o ensino de Astronomia das ideias geocêntricas, pois este é o ponto de vista do observador que está localizado na superfície do planeta Terra. Desta perspectiva, sugere-se que sejam feitas observações e sistematizações, provocando a explicação das ideias intuitivas dos alunos. Surge, então, um novo problema originado pela falta de observação noturna dado a poluição luminosa que ocorre nas grandes cidades ou a mudanças no estilo de vida da civilização (BRETONES, 2012).

Os fatores acima demonstram que as instituições formais envolvidas nos projetos de ensino e aprendizado de Astronomia na Educação Básica, sobretudo no Ensino Médio, ainda não conseguem atuar de modo efetivo na promoção deste conteúdo. Mesmo nos documentos elaborados por órgãos e instituições oficiais, seja o Ministério da Educação, as Secretarias de Educação, as comissões para elaboração do PCN+, entre outros, deixam que a administração de tal conteúdo fique a cargo de professores. Dos profissionais espera-se que estejam comprometidos com a formação continuada individual para lidar com elementos de Astronomia que possam estar presentes nas aulas de Ciências ou de Física.

Diante desse panorama do ensino de Astronomia na Educação Básica brasileira, o objetivo desta dissertação foi apresentar uma proposta que supere os obstáculos encontrados no ensino dessa importante ciência milenar. Propomos, então, um produto educacional de fácil utilização, pelo qual o professor do Ensino Médio será capaz de desvendar para seus alunos parte do céu por meio de uma aula prática de observação guiada por uma sequência didática norteadora, elaborada para alcançar a aprendizagem significativa do aluno.

CAPITULO 4. ESTRATÉGIA DE AÇÃO

Por meio de um método experimental, discutiremos intervenções que utilizem a observação dos corpos celestes na Astronomia como estímulo para atrair o aluno para a disciplina de Física. Os componentes históricos e filosóficos desta ciência propiciam uma abordagem cronológica dos principais pensadores da área e suas teorias, impactando em uma liberação do potencial cognitivo do aluno. Além do livro didático, foram utilizadas outras ferramentas de ensino para permitir maior interação do aluno com o conhecimento do conteúdo. Uma dessas ferramentas, o planisfério celeste, foi elaborado por nós a partir de um *software* que reproduz o céu estrelado exatamente da forma como é visto. Este produto dará suporte a uma sequência didática da UEPS que abordará o tema de forma adequada utilizando conceitos da gravitação. O objetivo deste estudo é permitir que o aluno correlacione o mundo natural e o céu estrelado a partir de observações astronômicas, fundamental na compreensão do mundo que nos cerca. A finalidade dessa proposta é inserir a Astronomia como proposta curricular de ensino direto a partir de práticas experimentais de observação para o primeiro ano do Ensino Médio.

4.1 PLANISFÉRIO CELESTE DE FACE SUL

O *software* Stellarium¹ é um programa gratuito disponível na internet que simula fielmente em três dimensões o céu estrelado de qualquer região da Terra, a qualquer hora do dia, em qualquer data desejada. Ele permite apresentar as constelações relevantes para várias culturas, além das figuras que as representam, os planetas e outros corpos celestes tal como encontrados nas observações astronômicas. A criação apresentada neste documento é um mapa impresso de alta resolução e precisão, adaptado a partir deste programa para a visualização a olho nu do céu estrelado em

¹ Disponível em: <http://www.stellarium.org>.

regiões situadas sobre a latitude de 20° Sul da Terra, com boa aproximação para regiões entre 10° e 30° Sul.

Este planisfério (mapa celeste) difere da grande maioria dos planisférios celestes impressos por permitir a representação do céu em uma parte - no nosso caso a metade Sul do céu do observador - diferenciando-se, portanto, dos planisférios convencionais que representam todo o céu observado em apenas uma janela cujo contorno é a linha do horizonte em 360° de visibilidade. A vantagem deste planisfério celeste de única face é a fidedignidade, diferente dos planisférios convencionais onde as projeções das constelações próximas ao horizonte da parte anterior do observador carregam consigo deformações. Assim, ao usar um planisfério convencional projetado para o hemisfério Sul terrestre, o observador deve se voltar para o Sul, devendo, portanto, virar sua cabeça para trás para localizar as constelações da metade Norte do céu, uma posição desconfortável. Diante das dificuldades apresentadas, utilizamos o *software* citado para elaborar um planisfério que permita ao observador do céu eliminar tal desconforto e os erros de projeções das constelações, dividindo o céu em uma única parte Sul do observador.

Figura 1: Mapa Estelar



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Quem deseja visualizar o céu do Sul deverá se voltar para tal direção para localizar as estrelas que se situam nesta metade do céu, à sua frente, do horizonte até o zênite (ponto mais alto da esfera celeste) diretamente sobre sua cabeça e de leste a oeste. Para permitir maior conforto para o usuário este planisfério de dupla face configura-se da seguinte forma: os discos rígidos (do fundo) representam as estrelas do hemisfério austral (Sul) e da esfera celeste; seus bordos são demarcados pelos dias e meses do ano e apresentam em vermelho os nomes de algumas das estrelas mais brilhantes. Os discos impressos em folha transparente e que se sobrepõe aos do fundo estrelado foram criados como “máscaras” que delimitam a metade do céu visualizada à frente do usuário. Em seus bordos estão os círculos das horas do dia e que devem coincidir com o dia do mês em que se deseja verificar a configuração do céu em determinada data e hora.

Figura 2: PLANISFÉRIO



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

As particularidades apresentadas neste material permitem inicialmente a localização das estrelas sem considerar as constelações usuais dos planisférios, comuns à cultura greco-romana. Isto significa que o usuário poderá reconhecer as estrelas no céu e identificar algumas pelo nome sem se

preocupar inicialmente com as “formas” ou “figuras” que elas formam, pois as linhas e os nomes das constelações são grafados em azul e estão impressas em duas outras transparências que podem ser inseridas entre os discos e as máscaras, bastando retirar o parafuso central. As imagens das linhas coincidem exatamente com as respectivas estrelas quando os traços vermelhos nos bordos das transparências das constelações se sobrepõem aos traços vermelhos da carta rígida (situadas entre os meses de dezembro e janeiro). As outras duas transparências têm o mesmo princípio de acoplamento que as anteriores e são uma complementação do trabalho, através das quais se pode visualizar as “figuras” que representam as constelações conforme nomenclatura baseada na cultura greco-romana, conforme adotado pela UAI (União Astronômica Internacional). Algumas dessas representações foram coloridas pelo designer gráfico deste projeto, sendo, portanto, uma inovação deste trabalho.

Este material é o primeiro planisfério impresso de única face criado a partir de um *software* astronômico para fins didáticos, totalmente interativo e manuseado pelo próprio usuário, o que o diferencia do *software* disponível na internet. É mais acessível por dispensar a utilização de computadores ou projeção digital para a apreciação real do céu estrelado e pode ser utilizado por entusiastas da Astronomia ou por professores da área, conforme o objetivo desejado. Vale destacar que esta apresentação foi feita para latitudes de 20° Sul, mas pode ser adequada para as mais variadas latitudes terrestres, por exemplo, para 40° norte, representando o céu observado nas diferentes localidades do planeta. Esta produção é uma particularidade da ideia geral. Frisamos também que usuários situados em qualquer região entre 10° de latitude Sul e 30° Sul são bem atendidos e que os deslocamentos reais do céu não diferem muito para regiões dentro desta faixa. Os nomes das estrelas e das constelações podem ser inseridos pelo usuário conforme necessidade de adequação e localidade da publicação.

4.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática dessa UEPS será composta por 5 encontros e cada encontro pode ter mais de uma aula. Os alunos que participaram desse encontro foram selecionados a partir de um questionário utilizado para avaliar o desejo de cada aluno pela Astronomia e áreas afins. Os encontros foram realizados no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora, razão pela qual a seleção foi necessária, haja vista que o grande número de alunos matriculados no primeiro ano do Colégio de Aplicação João XXIII não seriam comportados no local. Foi necessário direcionar aos responsáveis pelos alunos um pedido formal de autorização informando o local dos encontros.

Seguida a apresentação das ferramentas (planisfério e Stellarium), os alunos tiveram contato com aulas expositivas com uso de recurso multimídia para apresentação das descobertas dos conceitos relacionados à “Gravitação Universal” em ordem cronológica, começando com a discussão sobre o sistema geocêntrico e concluindo na teoria da Gravitação Universal de Newton.

4.3 SISTEMA GEOCÊNTRICO E HELIOCÊNTRICO

Desde a época de Aristóteles, o movimento circular dos corpos celestes foi encarado como natural. Os antigos acreditavam que as estrelas, os planetas e a Lua moviam-se em círculos divinos e tais movimentos circulares não precisavam de explicação (WEWITT, 2011). A crença de que a Terra era o centro do universo estava alicerçada na teoria do sistema das esferas homocêntricas, criada pelo matemático Eudócio de Cnido, como relata Polito (2016):

Na época em que viveu Nicolau Copérnico (1473 — 1543), a Astronomia encontrava-se alicerçada em, basicamente, dois fundamentos, ambos questionáveis. O primeiro era o sistema das esferas homocêntricas, criado pelo matemático platônico Eudócio de Cnido (c. 400 — 350 a.C.). Esse sistema foi assimilado pela cosmologia aristotélica — na qual as esferas (agora cristalinas) adquiriram realidade física. O segundo era o sistema matemático-astronômico que vinha se desenvolvendo desde a Antiguidade e que atingiu o seu ápice com Cláudio Ptolomeu (c. 85 — 170 d.C.). Suas diferenças advinham de razões epistêmicas, as quais dividiam seus defensores em dois grupos: os "físicos" — que interpretavam a cosmologia aristotélica como uma descrição verdadeira do mundo — e os "matemáticos" — para os quais a Astronomia era apenas um

sistema de cálculo. Apesar disso, foram referidos conjuntamente por meio do termo sistema aristotélico-ptolemaico, pois compartilhavam os mesmos compromissos cosmológicos e ontológicos: a centralidade e imobilidade da Terra; a ideia de universo fechado e limitado pela esfera das estrelas fixas e a ideia de que a física celeste era fundada na composição de movimentos circulares uniformes. (POLITO, 2016, p. 42).

Propulsor e defensor do sistema geocêntrico, Ptolomeu observava tais movimentos e descrevia o modelo de organização do universo.

O modelo das esferas celestes continua uma contradição séria com a experiência: o brilho aparente dos planetas varia no decurso de suas órbitas, particularmente quando retrogridem, sugerindo que eles se aproximam e se afastam da Terra, o que seria incompatível com estarem se deslocando sobre uma esfera a distância fixa da Terra. Os próprios astrônomos gregos propuseram um outro modelo que sofria deste defeito. Ele foi proposto originalmente pelo grande astrônomo grego Hiparco de Rodes, no século II a. c e depois elaborado por Cláudio Ptolomeu de Alexandria (século II a. D.). O modelo permanece fiel ao programa platônico, empregando somente em figuras “perfeitas” –círculos- e movimentos uniformes. O modelo geocêntrico de Ptolomeu permitiu reproduzir com muito boa aproximação mesmo os aspectos mais complicados observados no movimento dos planetas (NUSSENZVEIG, 2013, p. 234).

Ptolomeu descreveu toda a teoria do sistema geocêntrico em sua principal obra, *Almagesto*, que se tornou o principal texto sobre Astronomia. Ela foi tomada como referência do próprio sistema até Kepler fornecer os argumentos que consolidaram definitivamente a teoria heliocêntrica formulada por Copérnico (PORTUGAL, 2017). Contudo, mesmo com as boas explicações do movimento dos corpos celestes usando como referência o Antigo Testamento da Sagrada Escritura, que também descreve a Terra como centro do universo, Ptolomeu tinha grandes dificuldades de explicar movimento retrogrado em termos de movimento circulares uniformes (NUSSENZVEIG, 2013).

As explorações dos grandes navegadores exigiam dados mais precisos e mostravam que havia erros na geografia de Ptolomeu. Erros acumulados durante séculos demandaram uma reforma do calendário, tornando necessário aperfeiçoar os conhecimentos de Astronomia (NUSSENZVEIG, 2013). É justamente nessa época que Nikolaus Koppernik (1473-1543), ou simplesmente Copérnico, desenvolve a explicação heliocêntrica, tal qual Aristarco de Samos, motivo de escândalo na época do Renascimento e

Reforma - período turbulento e de grandes inovações em diversos campos, durante o qual autoridades foram questionadas. O sistema heliocêntrico foi a quebra do paradigma do geocentrismo (que perdurou da antiguidade até o século XVI).

Já o sistema ptolemaico, embora acurado, era excessivamente complicado. Em vista disso, Copérnico propôs, novamente, um sistema heliocêntrico para o universo, na sua obra *Sobre a Revolução das Esferas Celestes* (1543). Do sistema antigo, ele manteve as esferas cristalinas e os movimentos circulares uniformes. A mais importante vantagem apresentada pelo novo sistema era uma explicação muito mais natural e simples do movimento retrógrado dos planetas, que passou a ser visto como um efeito aparente, associado à projeção do movimento tangencial do planeta, perpendicularmente à linha de visada de um observador na superfície da Terra. Outros sucessos do novo sistema consistiram em explicações mais naturais da variação anual do brilho dos planetas, do problema de sua ordenação no sistema Solar e do motivo pelo qual Vênus e Mercúrio sempre apareciam muito próximos um do outro. O sistema aristotélico-ptolemaico explicava muitos desses fenômenos de maneira completamente ad hoc — por definição, recorrendo a recursos arbitrários que visavam apenas sua preservação por meio do acréscimo de novas hipóteses que restauravam a compatibilidade com os dados observacionais. Entre esses recursos, estavam os deferentes excêntricos, os epiciclos e os pontos equantes (POLITO, 2016, p. 42).

Apesar da grande obra de Copérnico, *Revolução das Esferas Celestes*, ainda havia resistência por parte da Igreja Católica em aceitar as ideias provenientes da quebra de paradigma que se referia ao Sol como centro do universo. A perseguição religiosa foi tão intensa que até Martinho Lutero manifestou sua desaprovação, afirmando que “*O louco vai virar toda a ciência da Astronomia de cabeça para baixo. Mas como declara o Livro Sagrado, foi ao Sol e não à Terra que Josué mandou parar*” (RONAN, 1987, p. 69).

Como a obra *A Revolução das Esferas Celestes* (1543) de Copérnico era deficiente na parte matemática, o paradigma do sistema geocêntrico foi completamente quebrado somente após os trabalhos dos astrônomos Galileu Galilei e Johannes Kepler.

Provavelmente, o heliocentrismo não teria prosperado não fosse pelas atitudes de dois personagens centrais da Revolução Científica: Johannes Kepler (1571 — 1630) e Galileu Galilei (1564 — 1642). Eles trilharam caminhos muito distintos, a começar pelo modo como consideravam o problema da demonstração da verdade do novo sistema. Para Galileu, o problema era a compatibilização do movimento da Terra com o movimento dos corpos sobre sua superfície. Para Kepler, o problema era mostrar que a harmonia e a simplicidade matemática do universo se revelavam pela concepção de que o Sol era o seu centro e sua fonte de poder e de vida. Apesar

dessas diferenças, ambos compartilhavam duas crenças fundamentais: a primeira, de que a matemática era a única chave para a descoberta dos mistérios da natureza (POLITO, 2016, p. 48).

Galileu foi o primeiro astrônomo a utilizar a luneta para observar os corpos celestes e suas observações influenciaram diretamente na quebra do sistema geocêntrico. A luneta é um instrumento constituído de um tubo com duas lentes que proporcionava aumento de três vezes do objeto (aumento considerado baixo para o estudo de Astronomia). Galileu, utilizando de seus conhecimentos, conseguiu ampliar esse aumento em 10 vezes na primeira tentativa e, logo após, conseguiu um aumento de 30 vezes, aumento que permitiu realizar as primeiras observações dos corpos celestes (RONAN, 1987). Algumas dessas observações resultaram na descoberta dos anéis de Saturno e das fases de Vênus, que foram ferramentas cruciais na quebra do paradigma do sistema geocêntrico. Essas descobertas estão descritas no livro *Sidereus Nuncius*, publicado por Galileu em 1610.

Em 1610, Galileu publicou o seu *Mensageiro Sideral*, resultado das espetaculares descobertas realizadas com a luneta, pela primeira vez empregada com finalidade científica. Esse fato representou uma pequena revolução epistemológica, pois, até então, o uso de qualquer tipo de instrumento ótico era considerado pouco confiável. A ampliação da capacidade observacional proporcionada pela luneta — e também pelo microscópio, inventado pouco depois — era um sinal dos novos tempos. De fato, a Revolução Científica inaugurou uma aliança definitiva entre ciência e tecnologia. Dentre as descobertas de Galileu, destacaram-se as fases do planeta Vênus. Esse novo fenômeno era evidência significativa a favor de Copérnico, pois o sistema geocêntrico tinha dificuldades em acomodá-lo. Em contraposição, as tão aguardadas paralaxes estelares ainda não podiam ser observadas, de modo que as objeções ao sistema heliocêntrico permaneciam. Para além dessas dificuldades, Galileu estava convencido da realidade do sistema heliocêntrico. O acúmulo de evidências contrárias ao sistema ptolemaico e a incapacidade da física aristotélica de resolvê-los levaram-no a dar o passo que nenhum grande pensador até então havia ousado: rejeitar a ambos, ampla e integralmente (POLITO, 2016, p. 48).

4.4 LEIS DE JOHANNES KEPLER:

A obra de Copérnico trouxe novo impulso a Astronomia de observação. As primeiras observações feitas a partir das descobertas do astrônomo italiano foram realizadas no final do século XVI, pelo dinamarquês Tycho Brahe (1546 - 1601). Graças ao apoio do rei Frederico II, Brahe conseguiu montar em

Uraniborg um grande observatório, projeto de grandeza comparável ao acelerador de partículas nos dias de hoje. Uma das grandes curiosidades era que todas as observações eram feitas a olho nu, sem telescópios, utilizando instrumentos de grandes proporções cuidadosamente calibrados para auxiliar seu dom de observações. Brahe dedicou sua vida a observação dos corpos celestes, conseguindo precisão, pelo menos, duas vezes maior do que as melhores observações da antiguidade (NUSSENZVEIG, 2013).

Tycho Brahe forneceu a Kepler seus dados astronômicos lentamente. Kepler só teve acesso a sua obra após a morte de Brahe.

Tycho Brahe morreu depois de apenas um ano de colaboração, deixando a Kepler o legado de suas observações. Após quatro anos de árduo trabalho, Kepler conseguiu mostrar que, corrigindo a teoria de Copérnico no sentido de dar ao Sol a posição central, obtinha-se melhor acordo com a experiência (NUSSENZVEIG, 2013, p. 240).

Com sua teoria e as observações de Tycho Brahe, Kepler refutou o sistema geocêntrico. Polito (2016) relata a quebra do paradigma do sistema geocêntrico por Kepler no livro *A Construção da Estrutura Conceitual da Física Clássica*.

Quem forneceu a Kepler os dados astronômicos corretos foi o astrônomo Tycho Brahe (1546 — 1601). O imediato abandono de Kepler de suas primeiras elucubrações era um claro sinal dos novos tempos. Ele não sustentaria um sistema que não refletisse as órbitas observadas, por mais comprometido que estivesse com vínculos de ordem metafísica. De qualquer modo, o Sol tinha que desempenhar um papel central no seu esquema do universo (POLITO, 2016, p. 45).

Kepler deduziu primeiro a Lei das Áreas, conhecida como 2ª lei de Kepler, expressa pelo postulado: “O raio vetor que liga um planeta ao Sol descreve áreas iguais em tempos iguais” (NUSSENZVEIG, 2013, p. 241, grifo nosso).

A dedução da primeira e da segunda lei foi publicada na obra *Astronomia Nova*, de 1609. 10 anos depois, Kepler conseguiu chegar à formulação da terceira lei, conhecida como lei dos períodos (NUSSENZVEIG, 2013).

À obra em que apareceram as duas primeiras leis do movimento planetário Kepler deu o nome de *Nova Astronomia, Fundada em Causas* (1609). Essa obra apresenta o relato de sua incessante busca pela descrição matemática mais simples e objetiva das órbitas planetárias e o seu compromisso com as acuradas observações de Brahe (POLITO, 2016, p. 46).

A Primeira Lei de Kepler, conhecida como Lei das Órbitas, é postulada como *“As órbitas descritas pelos planetas em redor do Sol são elipses com o Sol num de seus focos”* (NUSSENZVEIG, 2013, p. 240).

A Primeira Lei de Kepler demorou a ser encontrada, pois somente após concluir sua segunda lei que o problema geométrico das órbitas foi retomado. Após tentativas infrutíferas, Kepler viu a possibilidade de ajustá-las por elipses.

Kepler, percebeu que a forma elíptica permitia que o comprimento do raio-vetor variasse segundo uma função senoidal. Essa uniformidade sugeria uma ação puramente física, o que veio ao encontro de suas expectativas. Ele chegou, assim, à sua primeira lei dos movimentos planetários (POLITO, 2016, p. 47).

Kepler, desde a sua juventude, procurou correlacionar as órbitas planetárias por meio de alguma regularidade ligando os raios médios das órbitas, bem como seus períodos de revolução. Foi só perto do fim de sua vida, em 1618, que o pesquisador descobriu a regularidade que buscava, expressando-a em sua terceira lei, conhecida como Lei dos Períodos, a saber *“Os quadrados dos períodos de revolução de dois planetas quaisquer estão entre si como os cubos de suas distâncias médias ao Sol”* (NUSSENZVEIG, 2013, p. 241, grifo nosso). Kepler publicou sua 3ª lei em 1619, no prefácio do livro *Harmonia dos Mundos*.

O encantamento do círculo havia sido definitivamente quebrado. No lugar de sua perfeição e imutabilidade, novos padrões de harmonia universal e de uniformidade haviam sido criados. Até o final de sua vida, Kepler continuaria por buscá-los. Sua terceira lei dos movimentos planetários foi fruto desse projeto (KEPLER, 1619, apud POLITO, 2016, p. 47).

4.5 TEORIA DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL:

Isaac Newton nasceu no Natal de 1642. Filho póstumo de um fazendeiro, teve que custear seus estudos trabalhando e graças à ajuda de um tio conseguiu entrar em Cambridge, em 1661. Quando se bacharelou em 1665, Isaac Barrow, seu professor de matemática, encorajou-o a permanecer em Cambridge (NUSSENZVEIG, 2013).

A Teoria da Gravitação Universal, descrita por Newton, foi uma hipótese cosmológica arrojada que representou o ápice do processo de

mecanização do mundo celeste em termos físicos e matemáticos sólidos e, principalmente, unificados com a física do mundo terrestre. Ela veio a público em 1685, a partir de uma série de investigações envolvendo vários cientistas, entre eles Robert Hooke, Christopher Wren, John Wallis e Edmund Halley. Todos acreditavam, tal como Kepler, que uma força central era exercida pelo Sol e deveria decair com a distância ao centro. Alcançar uma explicação dinâmica para as leis de Kepler, porém em termos matemáticos exatos, tinha-se tornado o principal problema para esses astrônomos e matemáticos. Contudo, já em 1666, Newton havia se dedicado, com sucesso, à Solução matemática do problema. Foi essencial ter resolvido novamente o problema de quantificar a "força centrífuga" nos movimentos circulares (POLITO, 2016). Com a teoria considerando a força centrípeta com a terceira lei de Kepler, Newton percebeu que a força atrativa central de movimentos circulares varia inversamente com o quadrado da distância. Mostrou também que ela é proporcional à massa do planeta em questão, postulados matematicamente expressos a seguir (NUSSENZVEIG, 2013):

$$\vec{F} = -G \frac{mM}{R^2} \hat{r} \quad \text{EQUAÇÃO 1}$$

4.6 PLANEJAMENTO DE ENCONTROS:

Planejamos nossa sequência didática na medida de 5 encontros, podendo conter mais de uma aula a cada encontro. No primeiro encontro buscamos absorver os conhecimentos iniciais dos alunos; no segundo encontro foi apresentado o simulador de um planetário, explicando alguns conceitos de corpos celestes; no terceiro encontro houve a aula de observação com o uso do produto desenvolvido em nossa pesquisa, o Planetário; no quarto encontro abordamos a parte física através da ordem cronológica dos primeiros astrônomos, introduzindo a física em nossa pesquisa; no fim, o último encontro foi reservado para uma avaliação feita individualmente a cada aluno.

4.6.1 PLANEJAMENTO DO PRIMEIRO ENCONTRO – 2 AULAS

O número de aulas para esse encontro foi de 2 aulas. O objetivo era levantar o conhecimento prévio dos alunos sobre o céu que se vê, como eles entendem o céu noturno e diurno e qual a relação que eles fazem entre essas observações cotidianas e os conhecimentos que possuíam até aquele momento. Antes de começarmos as aulas, apresentamos o Centro de Ciências, considerado um dos maiores observatórios do Brasil, referência na educação interdisciplinar. Os alunos foram levados para área externa e, logo após a apresentação do céu, propusemos um questionário para ser discutido em grupos de até 4 alunos, visando a externalização do conhecimento prévio dos alunos. O objetivo não era chegar a uma resposta final, mas apenas estimular a discussão e curiosidade do aluno de forma dirigida para que se apropriassem do conhecimento dos colegas e questionem o próprio conhecimento. No final dessa mesma aula, os alunos foram encaminhados para a sala de um anfiteatro, onde foram entregues individualmente um segundo questionário com as perguntas listadas abaixo para serem respondidas e entregues na mesma aula.

- Questões:

1. O que você vê no céu?
2. Como localizar os pontos cardeais usando o céu estrelado?
3. Como você entende do movimento das estrelas?
4. Como você entende do movimento dos planetas?
5. Como será o céu visto de outros lugares da Terra? É o mesmo daqui?
6. Ao se observar os corpos no céu quais os corpos celestes que você vê?
Você diferencia os corpos celestes?
7. Por que existem as fases lunares? Como você entende as fases da Lua?
8. Outros planetas podem ter fases também?
9. O céu gira ou é a Terra? Como você vê?
10. O que você já viu que não aparece agora? Por quê?

4.6.2 PLANEJAMENTO DO SEGUNDO ENCONTRO – 2 AULAS

Este encontro foi realizado em aproximadamente duas aulas, sendo a primeira aula destinada a introduzir o tema “Astronomia” a partir da apresentação do céu estrelado, tendo como auxílio recursos multimídia e o *software Stellarium*. A intenção era familiarizar o aluno com esta área de conhecimento e relacionar o céu que se vê no mundo natural com os conhecimentos teóricos presentes no *Stellarium*. Mostramos aos alunos uma introdução básica sobre o modo de uso desse programa, relacionado com as barras de tarefas na lateral esquerda e na parte inferior. No programa também foi possível falar sobre constelações, mais especificamente em relação ao nome delas, mostrando aos alunos que a nomenclatura das constelações deriva da cultura de cada local. Também ressaltamos que ao olhar para o céu sem auxílio de um telescópio há proximidade grande entre as estrelas e os planetas pois devido o brilho de um planeta ser bem semelhante de uma estrela a que se referem à observação a olho nu.

Depois da primeira demonstração, utilizamos a ferramenta mais importante do *software*. Ela permite ao aluno “controlar” o tempo, podendo adiantar, parar ou até mesmo retroceder, para que se possa observar o Sol no decorrer do tempo e as mudanças sutis de sua trajetória. É possível verificar também que os planetas no decorrer do tempo não estarão na mesma constelação, fundamento importante para explicar a ordem cronológica das descobertas por mostrar que os estudiosos daquela época, às vezes, precisavam esperar meses ou anos para mostrar suas teorias. Citamos que Johannes Kepler necessitou das observações do astrônomo Tycho Brahe para descrever suas leis. O recurso de adiantar o tempo no *software Stellarium* foi usado para identificar as fases da Lua.

Na segunda aula, introduzimos algumas definições com relação direta aos corpos celestes, com destaque para introdução ao vocabulário científico; apresentamos um modelo de planisfério celeste como representação do céu e estudo do movimento da esfera celeste, utilizando para as atividades os recursos multimídia. Fizemos uma breve abordagem sobre as distâncias no universo, em que introduzimos noções de grandeza para medidas de distâncias astronômicas. Demos ênfase à definição do ano-luz e de Unidades

Astronômicas (UA), citadas, como exemplo, em referência à Terceira Lei de Kepler.

A relevância dos conceitos envolvidos nas UA está em mostrar aos alunos que a mesma medida de distância que trabalhamos na Terra não é a medida trabalhada para o universo devido às grandes distâncias. A unidade conhecida como ano-luz é uma unidade de distância (não de tempo) que equivale à distância percorrida pela luz no vácuo no tempo de um ano, na razão de aproximadamente 300.000km por segundo, o que corresponde a cerca de 9 trilhões e 500 bilhões de quilômetros (MOURÃO, 1995). Ela é citada dentro dessa aula, iniciada com a apresentação da velocidade da luz e, em seguida, das distâncias da Lua (1 segundo-luz) e do Sol (8 minutos-luz). A partir dessa definição a ideia do ano-luz é elaborada por nós, assinalando que a estrela mais próxima da Terra é a Alfa Centauro, a 4 anos-luz de distância.

Alguns objetos celestes visíveis no céu são definidos a partir de bibliografia indicada. Apresentamos algumas figuras para ilustrar tais objetos e mostramos *in loco*, quando possível, os mesmos objetos no céu verdadeiro. O *software Stellarium* e as notas no plano de aula (listadas abaixo) como representação em projeção multimídia do céu observado pelos estudantes foram utilizadas como recursos didáticos.

- Notas sobre os corpos celestes:

Estrelas – a estrela é diferenciada dos outros corpos por produzir intensas reações químicas de fusão atômica que geram energia e emitem luz cintilante (MOURÃO, 1995).

Planetas – de acordo com a União Astronômica Internacional, em Assembleia Geral de 24 de agosto de 2006, aprovou a resolução segundo a qual um planeta é um corpo celeste em órbita ao redor do Sol, com forma determinada pelo equilíbrio hidrostático (arredondada) resultante da superação das forças de coesão dos materiais constituintes pela força de gravidade. Pode ser considerado um objeto de dimensão predominante entre os objetos que se encontram em órbitas vizinhas (MOURÃO, 1995).

Satélites – satélite é um objeto que gira em torno de um determinado planeta dentro de uma trajetória elíptica conhecida como órbita (MOURÃO, 1995).

Asteroides – o termo "asteroide" deriva do grego *astér*, estrela, e *oide*, sufixo que denota semelhança. Um asteroide não tem forma definida e é composto de rocha e metal que giram, em sua grande maioria, em órbitas em torno do Sol (MOURÃO, 1995).

Cometas – Cometas são rochosos, com a superfície recoberta de gelo e poeira. Ao se aproximarem do sol, o gelo se evapora e forma a cauda. Nem sempre são visíveis a olho nu. O cometa possui uma trajetória elíptica excêntrica (muito longa) ao redor do Sol (MOURÃO, 1995).

Nebulosas – são gigantescas massas de gás interestelar (basicamente hidrogênio) que dão origem às estrelas a partir de sua concentração gravitacional (MOURÃO, 1995).

No final desse encontro voltaremos às perguntas de número 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 para que a turma responda em conjunto.

4.6.3 PLANEJAMENTO DO TERCEIRO ENCONTRO – 2 AULAS

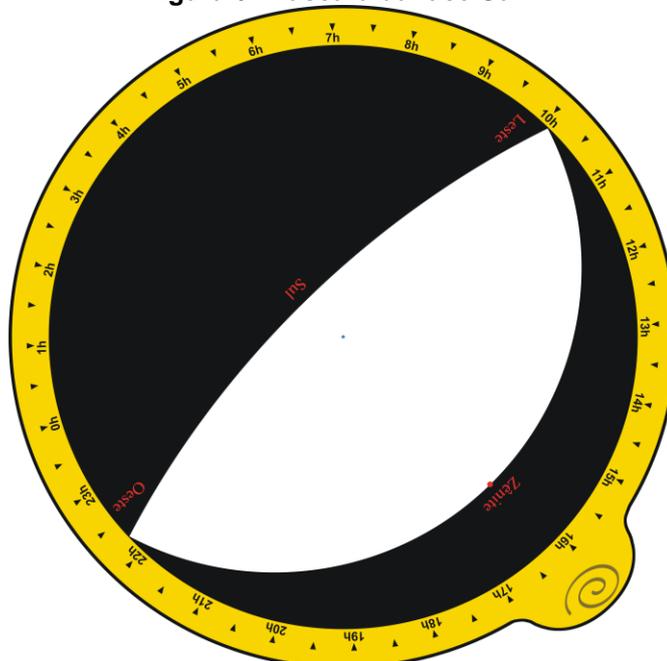
As duas aulas desse encontro foram reservadas para a montagem do planisfério individual. As partes foram disponibilizadas pelo professor que se ocupou de explicar o posicionamento do planisfério, explicação necessária por ser um produto diferenciado já que contém somente uma direção Sul 20°, objetivando facilitar na observação do céu. As peças se encontram em melhor resolução no apêndice A e a dinâmica de uso está no apêndice B.

Figura 5: Figuras das constelações da face Sul



Fonte: Cedido por Dr. Cláudio Henrique da Silva Teixeira.

Figura 6: Máscara da face Sul.



Fonte: Cedido por Dr. Cláudio Henrique da Silva Teixeira

Já na 2ª aula os alunos foram levados até o observatório no Centro de Ciências onde complementaram suas observações em uma situação real, utilizando os planisférios montados por eles para se localizarem no céu e fazer as observações das estrelas mais luminosas e das constelações. Devido à orientação do planisfério que se encontra na direção Sul, os alunos tiveram que localizar primeiro o Cruzeiro de Sul como forma de se orientar no céu. No final desse encontro voltaremos às perguntas de número 2, 3, 5, 9 do questionário para que a turma responda em conjunto.

4.6.4 PLANEJAMENTO DO QUARTO ENCONTRO – 4 AULAS

Este encontro foi realizado em 4 aulas, nos quais os conceitos foram repassados através de aulas expositivas, obedecendo a cronologia das descobertas referentes a Gravitação Universal. Na primeira aula, inicialmente discutiu-se os sistemas geocêntrico e heliocêntrico, oferecendo bases para as primeiras definições das Leis de Kepler. A primeira aula retomou a pergunta feita no primeiro encontro, remetendo a aquilo que os alunos observaram e não sobre o que eles sabiam sobre a relação de rotação entre a Terra e o Sol. Consideremos que essa pergunta não é tão simples de ser respondida, haja visto que mesmo Ptolomeu destacou, a partir de suas observações, que a Terra estaria em posição de destaque como centro do universo.

Por dezesseis séculos o *Almagesto* foi a principal fonte de informação astronômica e do geocentrismo.

Segundo Ptolomeu, os planetas, o Sol e a Lua giravam em torno da Terra na seguinte ordem: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. Com a ajuda da trigonometria, Ptolomeu estudou o movimento desses astros, mas propôs uma explicação muito simplista para o problema do movimento aparente dos planetas: em determinados pontos de suas órbitas eles parecem deter-se, inverter seu movimento, deter-se novamente, finalmente mover-se na direção primitiva. Esses fenômenos devem-se, na realidade, ao fato de a Terra e os planetas moverem-se com velocidades diferentes em órbitas aproximadamente concêntricas e circulares. Ptolomeu, porém, para procurar explicar esse fenômeno aparentemente tão estranho, elaborou um sistema bastante complicado, embora geometricamente plausível (PORTUGAL, 2017, p. 1).

Antes de Ptolomeu e o *Almagesto*, predominava a visão aristotélica de mundo que também refletiam um sistema geocêntrico.

A visão de mundo aristotélica. A cosmovisão criada por Aristóteles (c. 384 – 322 a.C.) imperou por quase dois milênios e consistiu no primeiro sistema completo de física, fornecendo explicações profundas e coerentes do universo de sua época (POLITO, 2016, p. 33).

Mesmo a Copérnico faltava a comprovação matemática de sua dedução por observação do modelo heliocêntrico do universo

Depois de longas investigações convenci-me, por fim, de que o Sol é uma estrela fixa rodeada de planetas que giram em volta dela e de que ela é o centro e a chama. Que, além dos planetas principais, há outros de segunda ordem que circulam primeiro como satélites em redor dos planetas principais e com estes em redor do Sol. (...) não duvido de que os matemáticos sejam da minha opinião, se quiserem dar-se ao trabalho de tomar conhecimento, não superficialmente, mas duma maneira profunda, das demonstrações que darei nesta obra. Se alguns homens ligeiros e ignorantes quiserem cometer contra mim o abuso de invocar alguns passos da Escritura (Sagrada), a que torçam o sentido, desprezarei os seus ataques: as verdades matemáticas não devem ser julgadas senão por matemáticos (COPÉRNICO, 1543, pag 1).

Somente após as ideias de Copérnico e Galileu, atuantes entre os séculos XVI E XVII, que a astronomia deu um incrível salto de desenvolvimento técnico e teórico com a invenção do telescópio refrator, conhecido como luneta. Após essa invenção a Astronomia pôde evoluir até a teoria da Gravitação Universal e superar definitivamente a visão geocêntrica.

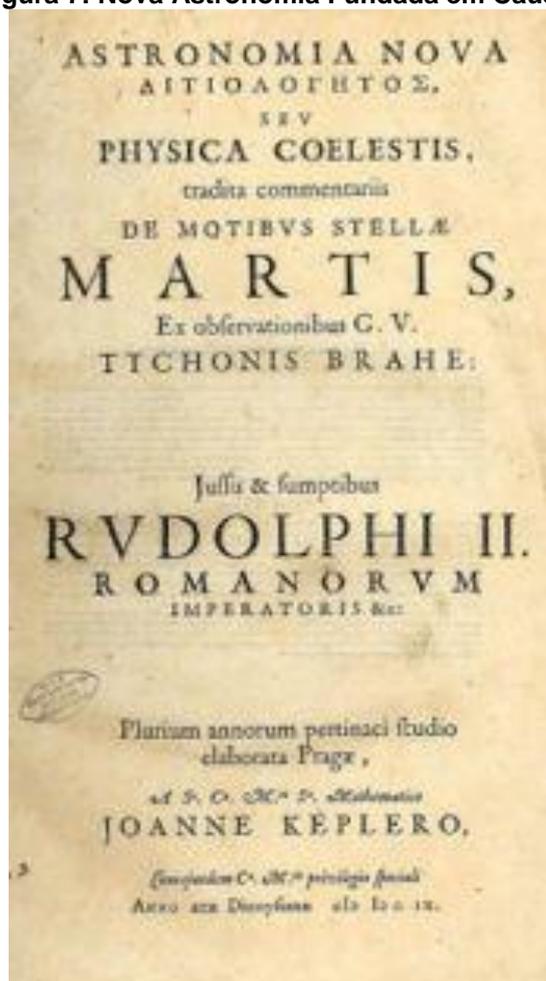
Galileu aperfeiçoou o instrumento em uma de suas viagens à Veneza. O cientista já era conhecedor de uma luneta batizada de "trompa holandesa", um instrumento constituído de um tubo com duas lentes que permitia o aumento em três vezes do objeto (SCHWARTZ, 1992).

ABORDAGEM DA PRIMEIRA LEI DE KEPLER

Johannes Kepler era matemático e astrônomo. Foi importantíssimo para o declínio do sistema geocêntrico ao demonstrar que a harmonia e a simplicidade matemática do universo se revelavam pela concepção de que o Sol era o seu centro e sua fonte de poder e de vida (POLITO, 2016). Em um artigo publicado pela Universidade Federal de Viçosa é relatado que, em 1596, Kepler publicou *Mysterium Cosmographicum*, em que expôs argumentos favoráveis às hipóteses heliocêntricas (BORTOLOSSI, 2017). Para as

deduções de suas três leis, Kepler necessitava das anotações de observação do astrônomo Tycho Brahe, obtidas após a morte deste (RONAN, 1987). À obra em que apareceram as duas primeiras leis do movimento planetário, Kepler deu o nome de *Nova Astronomia Fundada em Causas* (1609). Essa obra apresenta o relato de sua incessante busca pela descrição matemática mais simples e objetiva das órbitas planetárias e o seu compromisso com as acuradas observações de Tycho Brahe (POLITO, 2016).

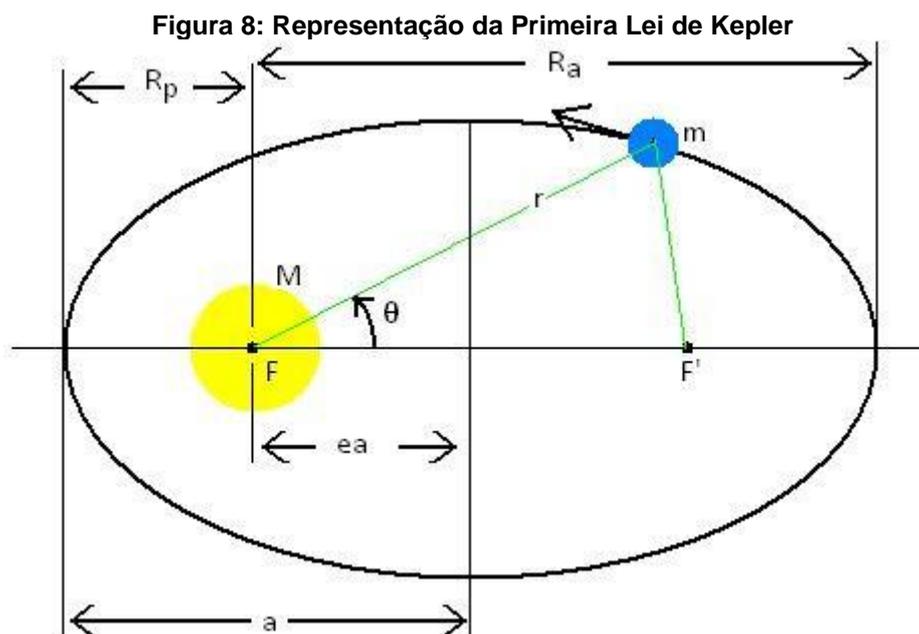
Figura 7: Nova Astronomia Fundada em Causas



Fonte: Filho, 2017.

A Primeira Lei de Kepler pode ser citada como “Lei das Órbitas Elípticas” expressa que a órbita de cada planeta é uma elipse, com o Sol em um dos focos. Como consequência de a órbita ser elíptica, a distância do Sol ao planeta varia ao longo de sua órbita (FILHO, 2017). A Primeira Lei é uma consequência de cálculos e observações referentes à sua Segunda Lei,

Retornando ao problema das órbitas, após muitas tentativas infrutíferas, Kepler se deparou com a possibilidade de ajustá-las por elipses. Ao fazê-lo, percebeu que a forma elíptica permitia que o comprimento do raio-vetor variasse segundo uma função senoidal. Essa uniformidade sugeria uma ação puramente física, o que veio ao encontro de suas expectativas. Ele chegou, assim, à sua primeira lei dos movimentos planetários. O encantamento do círculo havia sido definitivamente quebrado. No lugar de sua perfeição e imutabilidade, novos padrões de harmonia universal e de uniformidade haviam sido criados (POLITO, 2016, p. 47).



Fonte: RODRIGUES, 2015.

Note que a distância R_p representa a distância mínima do planeta ao Sol. Esta é a distância do periélio, ou seja, no caso da Terra, cuja massa é representada por m , a distância em que ela está mais próxima do Sol, cuja massa aqui é representada por M . A distância R_a representa o raio maior, ou seja, do afélio, como exemplo do que ocorre no planeta Terra, que é a distância máxima possível de ser alcançada por estes corpos. Este tipo de movimento acontece com os corpos orbitando em torno do centro de massa. Como a massa do Sol é muito maior que a massa da Terra, o centro de massa deste sistema fica localizado dentro do próprio Sol. É a posição do foco F . O foco F' é um ponto localizado simetricamente ao foco F , no lado oposto da elipse. Este é também conhecido como "foco vazio" (HALLIDAY, 2011).

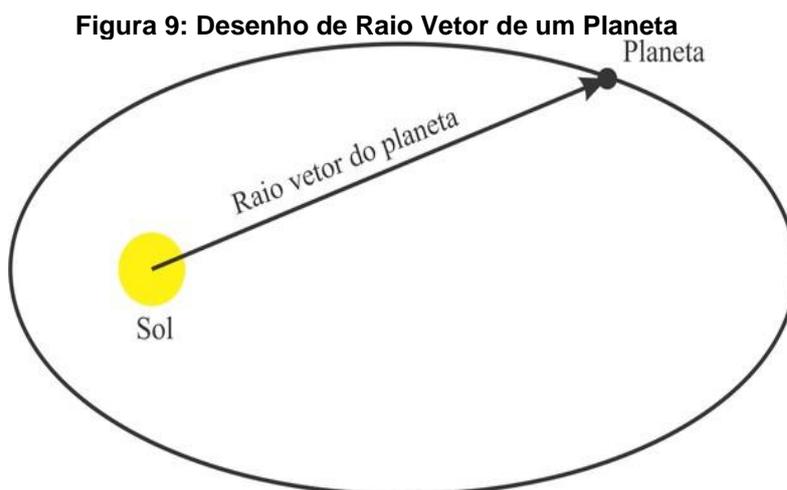
ABORDAGEM DA SEGUNDA LEI DE KEPLER

Originalmente, Kepler concentrou nas variações de velocidade e distância dos planetas, abordagem que representou a primeira tentativa de uniformizar as leis que regem os fenômenos terrestres e celestes para estabelecer a dinâmica celeste.

A originalidade de Kepler estava, primeiro, em se concentrar nas variações das distâncias e das velocidades dos planetas, ao longo de suas órbitas, e, principalmente, em se concentrar no formato geométrico da órbita em si (POLITO, 2016, p. 47).

O ajuste do formato geométrico que Kepler executou possibilitou a retomada ao problema geométrico das órbitas, ocasionando o ajuste de uma elipse, sendo a Primeira Lei de Kepler uma consequência da segunda lei (POLITO, 2016).

Para melhor compreensão da Segunda Lei de Kepler precisamos inicialmente definir o que é um raio vetor de um planeta. Se considerarmos nosso Sistema Solar, o nosso raio planeta tem origem no Sol e fim no centro do planeta em questão (SOUZA, 2017).

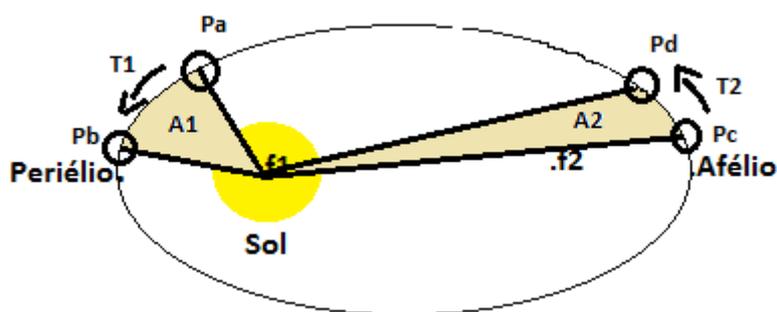


Fonte: Souza, 2017.

Definido o raio vetor de um planeta, apresentaremos a Segunda Lei de Kepler segundo a qual o raio vetor varre áreas iguais em tempos iguais dentro da elipse.

O vetor de posição de um corpo em relação ao astro diretor varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais. Esta lei é uma consequência da conservação do momento angular do astro dirigido que se encontra sob a ação de uma força central que aponta sempre para o centro do astro diretor. Como a área varrida por unidade de tempo é constante e o corpo não está sempre a mesma distância do astro diretor, a sua velocidade varia, sendo máxima quando a distância entre os dois corpos é mínima, e mínima quando a distância é máxima (ARAUJO, 2010, p. 1).

Figura 10: Varredura das Áreas de uma Órbita Elíptica



Fonte: <http://seusaber.com.br/fisica/leis-de-kepler-resumo-mecanica-celeste.html>.

Na imagem podemos conferir que o tempo gasto para um planeta ir do ponto A(Pa) até o ponto B(Pb)(T1) é igual ao tempo gasto para este percorrer o ponto C(Pc) ao ponto D(Pd)(T2), com isso A1 é igual a A2, em resumo tempo que:

- Tempo de Pa até Pb(T1) é igual ao Tempo de Pc até Pd(T2), ou seja, $T1=T2$;
- A área de A1 é igual A2, ou seja, $A1 = A2$;

Lembrando que de Pa à Pb, o planeta encontra-se com uma velocidade maior, uma vez que está mais próximo do Sol, e de Pc a Pd a sua velocidade de órbita é mais baixa, uma vez que se encontra mais afastado do Sol.

A equação que define a Segunda Lei de Kepler:

$$A_1 = A_2 \leftrightarrow \Delta t_1 = \Delta t_2$$

EQUAÇÃO (1)

A razão entre a área varrida pelo raio-vetor e o tempo, é denominada de velocidade areal. Cada planeta tem sua velocidade areal bem definida, sendo constante para determinado planeta ou satélite.

ABORDAGEM DA TERCEIRA LEI DE KEPLER

A Terceira Lei de Kepler se refere a uma constante **K**, denominada “Constante de Kepler”. Ela é igual para todos os planetas dentro do nosso Sistema Solar. A constante K é definida como a razão entre o cubo médio do raio da órbita de um planeta (R^3) pelo quadrado do período de revolução ou translação (T^2) em torno do Sol (ARAUJO, 2010).

$$\frac{T^2}{R^3} = k \quad \text{EQUAÇÃO (2)}$$

Tabela 1 - Cálculo da Constante de Kepler

Planeta	Período (anos)	Distância média ao Sol (UA)	Constante de Kepler	Erro relativo (%)
Mercúrio	0,24085	0,387	1,001	0,08
Vênus	0,61520	0,723	1,001	0,1
Terra	1,00000	1,000	1,000	-
Marte	1,88071	1,524	0,999	0,07
Júpiter	11,85654	5,203	0,9981	0,2
Saturno	29,44750	9,537	0,9997	0,03
Úrano	84,01697	19,191	0,9987	0,1
Neptuno	164,79124	30,069	0,9989	0,1

†Tabela 1: Cálculo da constante de Kepler para órbitas em torno do Sol. O erro é relativo a $K = 1 \text{ ano}^2 \text{UA}^{-3}$ para a Terra.

Fonte: Araújo, 2010

Sobre a unidade astronômica (UA), 1UA equivale a aproximadamente 150000000 km que é justamente a distância da Terra até o Sol, onde que se período for medido em anos a constante K terá valor de 1. Aqui pedimos aos alunos para calcular os períodos das órbitas de Marte, Júpiter e Saturno. Por fim, voltamos à discussão de número 3 do início da UEPS.

GRAVITAÇÃO UNIVERSAL DE ISAAC NEWTON

Faltava explicar como se dava o movimento dos planetas e, mais importante, como representar matematicamente a equação que descrevia tal força. Isaac Newton quantificou a força centrífuga nos movimentos circulares a partir da Terceira Lei de Kepler para demonstrar que essa força central de atração dos corpos celestes reduzia com a distância dos quadrados, e não somente com a distância como previa Kepler.

A solução matemática do problema. Essencial foi ele ter resolvido novamente o problema de quantificar a “força centrífuga” nos movimentos circulares. Voltando-se para a mecânica celeste, Newton utilizou a terceira lei de Kepler para mostrar que as “tendências centrífugas” dos planetas eram compatíveis com a lei de decaimento com o inverso do quadrado da distância (POLITO, 2016, p. 71).

Em 1679, Robert Hooke não estava satisfeito com a teoria de Newton e desafiou o mesmo a demonstrar a ação da gravidade terrestre pela composição de um movimento tangencial com uma força de atração central, seguindo a lei do decaimento com o quadrado da distância.

A correspondência com Hooke instigou Newton a demonstrar matematicamente que uma trajetória elíptica realmente implicava uma lei do inverso do quadrado, o que o levou a abandonar a abordagem por forças centrífugas (POLITO, 2016, p. 71).

Em 1687 Newton publica os princípios da gravitação universal onde concluiu que para a atração universal ser correta, deve existir uma força atrativa entre pares de objetos em qualquer região do universo. Esta força deve ser proporcional a suas massas e inversamente proporcional ao quadrado de suas distâncias. A constante de proporcionalidade G depende das unidades das massas e da distância (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

Como atividade final sobre o assunto, solicitamos aos alunos como exercício a explicação da influência da Lei da Gravitação Universal na Primeira Lei de Kepler, para no fim da aula retomar a questão 9 do primeiro encontro.

4.6.5 PLANEJAMENTO DO QUINTO ENCONTRO – 1 AULA

Foi realizada uma aula na qual os alunos responderam individualmente as mesmas perguntas feitas no tópico de conhecimento prévio do aluno,

organizadas de modo diferente para compararmos as respostas obtidas na primeira etapa com as respostas da avaliação final. As perguntas estão listadas abaixo e as respostas dos alunos no Capítulo 5.

1. Qual a sua nova visão do céu?
2. Como localizar os pontos cardeais à noite usando o céu estrelado?
3. Qual é o instrumento que você utiliza para localizar, no tempo desejado, a posição de uma estrela?
4. Os planetas têm o mesmo movimento das estrelas?
5. O céu dos EUA é o mesmo do Brasil?
6. Você consegue diferenciar a olho nu a Estrela Antares da constelação de Escorpião do planeta Júpiter? Qual seria essa diferença?
7. Quando Galileu utilizou o telescópio para as primeiras observações astronômicas ele identificou as fases de Vênus. Quando você observou Júpiter através do telescópio conseguiu identificar suas fases? Justifique.
8. Quais os fatores que levaram a quebra do conceito geocêntrico?
9. Algumas estrelas que você vê hoje podem já estar mortas. Como você explica esse fato?

CAPITULO 5. COMENTÁRIOS E DISCUSSÕES

Foram selecionados 14 alunos dos primeiros anos do Colégio de Aplicação João XXIII a partir de um questionário composto de três questões:

Figura 11: Questionário de Seleção

Por qual área abaixo você mais se interessa?

- a) Ciências (biologia, geografia, engenharia, física, astronomia, ...) uniquamente
- b) História (arqueologia, política, ...) política
- c) Matemática (geometria, cálculo, álgebra, ...) cálculo
- d) Línguas (literatura, língua estrangeira, ...) língua estrangeira
- e) Outras _____

Você gostaria que este assunto de seu interesse fosse abordado em sala de aula? Porquê?

Gostaria, para saber mais sobre o que eu provavelmente vou fazer no futuro.

Você se comprometeria a participar de um conjunto de dez aulas propostas para este fim específico, em horário e local apropriado, fora do colégio?

Sem dúvida nenhuma participaria, pois essas aulas ajudariam futuramente.

- Gosto dessa área de estudos pois me interessa mais também pela matemática.

Fonte: Acervo Pessoal.

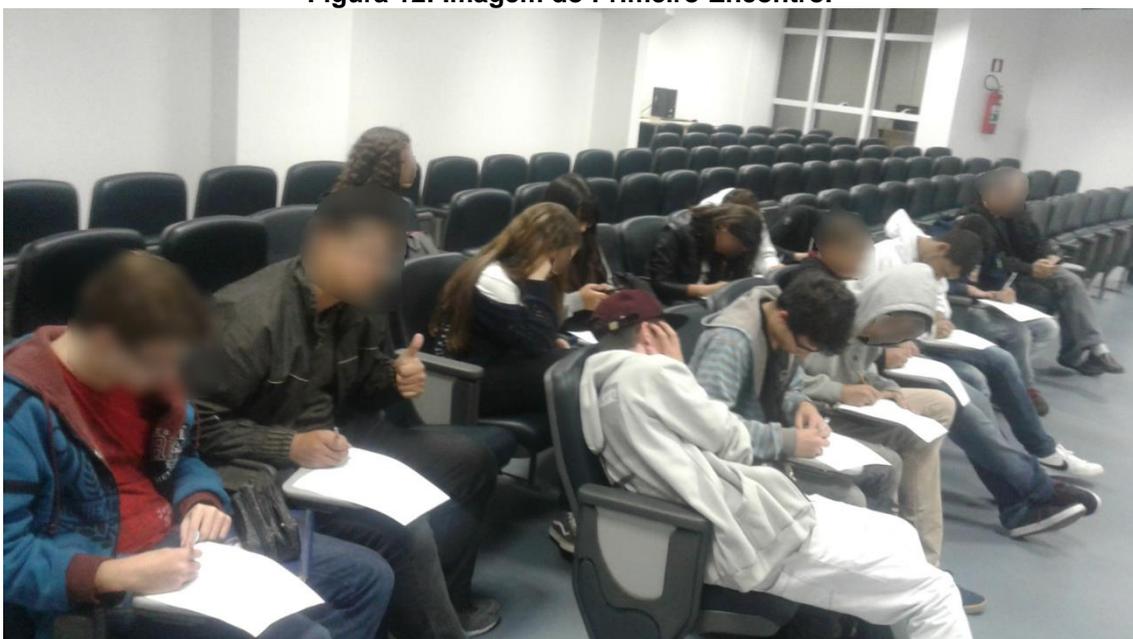
Apesar dos encontros seguirem a sequência didática, com previsão de quatro encontros, foram necessários mais encontros devido ao interesse pelos novos conhecimentos por parte dos alunos.

5.1 DISCUSSÕES DO PRIMEIRO ENCONTRO

O primeiro encontro foi realizado no dia 07 de agosto de 2017, no qual os alunos foram recepcionados pelo coordenador do trabalho e pelo orientador dessa dissertação na entrada do Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora. Direcionados ao anfiteatro 2, os alunos foram apresentados ao curso de Astronomia com enfoque sobre a Gravitação Universal.

Logo após a apresentação, realizamos o primeiro comentário, que se referia à Estrela Dalva, sem revelar que a referida estrela é o planeta Vênus. Um dos alunos comentou sobre a viagem pelas estrelas, considerando precisar de um tempo muito longo para essa viagem.

Figura 12: Imagem do Primeiro Encontro.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Terminada a primeira apresentação, os alunos foram encaminhados onde se localiza o observatório do centro de ciências para que conhecessem os telescópios e contemplassem o céu estrelado. Antes da primeira fala do professor, um aluno questionou sobre como encontrar a Estrela Dalva. Como

resposta, foi dito que naquele horário a Estrela Dalva estava entre as várias estrelas que se apresentavam no céu, não sendo visível.

Na sequência, o professor pergunta a turma “O que vocês estão vendo no céu estrelado?”.

As respostas dos alunos foram:

A1²: “O céu está preto”.

A2 “Um lado está mais claro que o outro”.

A3 “O céu na zona rural contém mais estrelas que na zona urbana”.

A4 “A fumaça injetada pelas fábricas na cidade dificulta a visualização de mais estrelas”.

Continuando o questionamento o docente pergunta: “Os pontos brilhantes no céu são realmente estrelas?”. Como resposta os alunos não conseguem diferenciar as estrelas de outros corpos celestes.

Professor: “Vocês conseguem ver os pontos mais brilhantes no céu?”.

Respostas dos alunos foi “Sim”, unanimemente.

Professor: “Existe diferença desses pontos mais brilhantes para os menos brilhantes, ou seja, eles podem não ser estrelas?”.

A: “não existe, todas são estrelas, as mais brilhantes são pelo fato de estarem mais perto”.

Como complemento, o docente aponta para direção da Estrela Antares, da constelação de Escorpião, e pergunta “Essa estrela é a mais brilhante?”.

Logo os alunos responderam que a estrela mais brilhante está abaixo na direção Oeste. percebemos que a “estrela” que os alunos se referiram era Júpiter. Enfatizamos que essa informação ainda não havia sido passada para os alunos.

Aproveitamos a oportunidade para perguntar, com relação de brilho desses dois corpos celestes, qual provavelmente está mais próximo à Terra. Após vários comentários dos alunos, uns falavam que as mais brilhantes estão realmente mais próximas e outros discordando. O professor afirma então que “O fato de ela ser mais brilhante não significa estar mais próxima”.

² Para preservar a identidade dos participantes, designamos as falas dos alunos pela letra “A”. Caso mais de uma resposta seja obtida para a questão expressa pelo *Professor*, a identificação seguirá numeração sequencial (A1, A2, A3, ...) estabelecida aleatoriamente.

Sem revelar a identidade dos dois corpos celestes e sem responder qual é o mais próximo, voltamos a atenção dos alunos para Lua.

Professor: “Vocês conseguem apontar em qual direção o Sol se põe?”.

A grande maioria de alunos apontam para a direção Oeste. Logo após essa reflexão, os alunos perceberam que a Lua poderia seguir trajetória parecida com a do Sol.

Professor: “Qual a fase da Lua que vocês veem no céu?”, pergunta que recebeu “Lua cheia” como resposta de todos os alunos.

Professor: “Onde está a Lua vai estar nesse mesmo horário do dia seguinte?”

Os alunos não conseguiram dizer a localização, mas todos estavam convencidos de que a Lua não estaria na mesma posição. Aproveitando a oportunidade, o professor fez uma breve explanação relatando que, ao passar dos dias, a Lua estará em posições diferentes no mesmo horário. Menciona também que a mudança de fase lunar ocorre de acordo com posição da lua em relação ao Sol. Nessa parte, o professor comenta cada fase da Lua, sem explicar como se processa a fase lunar³.

Professor: “Além da Lua, algum corpo celeste a mais muda de posição no céu?”.

A: “A posição das estrelas não é a mesma no verão e no inverno”.

Isso mostra que apesar dos alunos saberem que as estrelas mudam de posição, eles desconhecem sua trajetória. Então, se segue o seguinte comentário:

Professor: “Então as estrelas mudam de posição lentamente em concordância com o passar dos dias e essa mudança é melhor vista quando se considera um intervalo de um mês para o outro”.

Professor: “Qual das constelações que vocês conhecem?”.

A maioria dos alunos responderam que conseguem reconhecer as Três Marias.

Professor: “Vocês conseguem ver as Três Marias em todas épocas do ano?”

³ Conteúdo do currículo do 2º ano do Ensino Médio, no tópico Óptica Geométrica.

A: “Não.”

Este questionamento revela um comportamento interessante no qual os alunos tentam encontrar o Cinturão de Orion no céu, o que gera dúvida já que uma parte dos alunos acreditou estar vendo o Cinturão de Orion e a outra parte achava que não.

Professor: “Para que serve todo esse conhecimento do céu?”.

A: “O Cruzeiro do Sul servia para guiar os antigos navegantes”.

Aproveitando que se mencionou o nome da constelação do Cruzeiro do Sul, o professor questionou se alguém conseguiu encontrá-la no céu. Logo percebeu-se que todos os alunos não conseguiram identificar essa constelação ou qualquer outra. O professor mostrou o local onde se encontrava o Cruzeiro do Sul sem se aprofundar, já que a constelação é tópico do uso do planisfério no terceiro encontro.

Professor: “Será que teria outra função o estudo desses astros?”.

Um dos alunos respondeu que um dos fatos da impossibilidade da Terra ser plana é o movimento das estrelas, já que “se a Terra fosse plana as estrelas não moveriam”.

Com a resposta obtida o professor afirmou que os estudos de Astronomia eram de extrema importância na agricultura, pois através desse estudo o agricultor conseguia determinar a melhor época do ano para determinado tipo de planta.

Professor: “Sobre a questão do inverno e verão, como será que se processam essas estações do ano?”.

Alguns dos alunos responderam que o verão é devido ao planeta Terra estar mais próxima ao Sol e no inverno o planeta está mais afastado do Sol. observasse claramente nesse trecho um clássico erro dos alunos sendo corrigidos no próximo encontro.

Foi pedido para os alunos observarem a estrela mais brilhante da constelação do Cruzeiro do Sul e então se perguntou qual seria sua trajetória.

A1: “A estrela mais brilhante dessa constelação e não só ela, mas as outras também teriam a mesma trajetória da Lua, nascendo no Leste e se pondo no Oeste”.

A2: “O que está movendo é a Terra enquanto às estrelas e a Lua estão paradas”.

Um aluno definiu uma estrela como um “palito”, como se tivesse profundidade, onde se consegue observar apenas a “ponta” de uma estrela.

Foi esclarecido para os alunos que o céu é diferente dependendo da latitude hemisfério que o observador se encontra, mas as fases da Lua serão as mesmas no mesmo horário e dia que o observador olhar para o céu. O professor ainda ressaltou que uma experiência nesse sentido foi feita pelo orientador deste projeto junto a astrônomos de regiões e hemisférios diferentes. Ainda assim os alunos não se convenceram dessa informação, pois eles acreditam que o céu é o mesmo que se vê, independente do local da observação.

Perguntamos aos alunos o que eles já viram no céu e que não se vê hoje. Eles responderam em sincronia:

Alunos: “Faltam muitas estrelas”.

O professor informa que essa dificuldade de observar as estrelas não se deve apenas a poluição luminosa, mas também se deve a Lua Cheia, fator que atrapalha consideravelmente a observação do céu noturno.

Até esse ponto não foi explicado nada para os alunos sobre Gravitação Universal e as Leis de Kepler, temas principais dessa UEPS. Os alunos apresentaram um pouco de conhecimento sobre o tema, mas a experiência mostrou que a observação dos corpos celestes pode ser contraditória em relação ao conhecimento que eles tinham, reforçando a importância da UEPS

Figura 13: Apresentação do céu estrelado

Fonte: Acervo pessoal.

Ao término da apresentação do céu os alunos responderam ao questionário, conforme mencionado anteriormente. Todos estavam cientes que o questionário não estava vinculado a nota.

Abaixo segue um compêndio das respostas:

1. O que você vê no céu?
 - Muitos alunos responderam que conseguiam ver as estrelas e a Lua;
 - Um aluno demonstrou não saber o conceito de corpo celeste;
 - Metade da turma relatou saber que é possível ver os planetas.

2. Como localizar os pontos cardeais usando o céu estrelado?
 - A maioria coloca como orientação a Lua nascendo no Leste e se pondo no Oeste;
 - Dois alunos colocaram como orientação a constelação do Cruzeiro do Sul.

3. Como você entende o movimento das estrelas?
 - A maioria dos alunos responderam que as estrelas estão paradas;
 - Um aluno tentou comentar que as estrelas têm suas próprias órbitas;

- Boa parte dos alunos responderam que a Terra está em movimento e as estrelas estão paradas.
4. Como você entende os movimentos dos planetas?
 - A maioria respondeu que o movimento dos planetas se dá ao redor do Sol;
 - Um aluno relatou que nunca pensou sobre o assunto.
 5. Como será o céu visto de outros lugares da Terra? É o mesmo daqui?
 - As respostas variaram sobre a posição das estrelas depender do clima de cada região, das estações do ano ou mesmo de que no céu a única coisa que muda de posição é a Lua.
 6. Ao se observar os corpos no céu quais os corpos celestes que você vê? Você consegue diferenciar esses corpos celestes?
 - Muitos alunos colocaram que conseguem observar a constelação do Cruzeiro do Sul. A resposta é duvidosa, pois o Cruzeiro do Sul acabou de ser apresentado a eles e a maioria mostrou não ter o mínimo de conhecimento de observação do céu que os cerca, inclusive não sabendo qual é a definição de corpo celeste.
 7. Por que existe fases lunares? Como você entende as fases da Lua?
 - As respostas abrangeram as possibilidades da fase lunar depender das estações do ano, da inclinação do Sol, que estavam relacionadas com a condição de medida temporal, que estavam atreladas ao próprio movimento da Terra, enquanto outros não souberam responder.
 8. Outros planetas poderiam ter fases também?
 - Em relação a esta questão os alunos não conseguiram mostrar uma resposta satisfatória. A maioria respondeu apenas “sim” ou “não”, demonstrando que desconheciam o conceito de fase de um planeta.
 9. O céu gira ou é a Terra? Como você vê?

- Devido aos conhecimentos absorvidos dentro dos próprios livros didáticos e dos professores, a maioria dos alunos responderam que quem gira é a Terra, mas eles não estavam convencidos dessa informação.

10. O que você já viu que não aparece agora? Por quê?

- Devido a apresentação do céu estrelado em um momento anterior, muitos alunos afirmaram que a poluição luminosa não possibilitava ver alguns tipos de estrelas. Alguns alunos responderam que não conseguem mais ver eclipses e asteroides.

5.2 DISCUSSÕES DO SEGUNDO ENCONTRO

O segundo encontro ocorreu em 09 de agosto do ano 2017. Nele foi utilizado o programa *Stellarium* para complementar alguns conceitos básicos de Astronomia. Foi apresentado para os alunos o céu estrelado visto através de uma plataforma que o simula, podendo tanto adiantar o tempo quanto atrasá-lo.

Na primeira apresentação foi mostrado para os alunos como utilizar as partes “localização” e “temporal” do *Stellarium*. Escolhemos um aluno aleatoriamente e perguntamos o local e hora de seu nascimento. Coletando esses valores de informações reescrevemos na barra de ferramentas localizada na lateral esquerda do programa, gerando assim a imagem do céu de acordo com os dados de seu nascimento. Deste modo foi possível mostrar aos alunos a importância do simulador, já que este poupa o tempo que os astrônomos levavam – que variava entre dias e anos – para observar alguma mudança no céu.

Utilizando o ícone temporal da barra lateral, voltamos dois dias para o céu que havia sido apresentado no último encontro. Rapidamente um aluno observou:

A: “Tem muito mais estrelas aí do que nós vimos no céu de segunda”. Após o comentário do aluno, controlamos a magnitude de brilho da estrela através da barra de ferramentas, regulando até ao ponto em que o aluno não conseguiu diferenciar o céu projetado pelo *Stellarium* do céu visto na apresentação da última aula; aproveitamos para orientar o programa na direção Sul, onde mostramos o Cruzeiro do Sul.

Os alunos interromperam a apresentação novamente perguntando onde estaria a constelação das Três Marias, ao que foi respondido que “O Cinturão de Orion, conhecido como as Três Marias, aparecerá só mais tarde próximo da madrugada”. Retornando a apresentação para o dia corrente, ou seja, adiantando o tempo dois dias, voltamos atenção dos alunos para constelação do Cruzeiro do Sul, mostrando a estrela Rigil Kentaurus da constelação de Centauro.

Professor: “Essa é a estrela mais próxima da Terra”.

Deixando uma breve pausa, pois voltaríamos nessa estrela quando terminarmos a apresentação do *Stellarium*. Continuando a atividade, perguntamos:

Professor: “Vocês conseguem ver o centauro?”

Alunos: “Não.”

Um dos alunos perguntou a localização da Lua, oportunidade para mencionar que estava abaixo do horizonte, portanto ainda não havia nascido. Quando os perguntamos a localização da Lua na aula passada, os alunos logo localizaram sua posição e perceberam que houve deslocamento da mesma.

Adiantamos então a função temporal para mostrar que a Lua tem deslocamento significativamente maior que o as estrelas. Em consequência, os alunos perguntaram:

A: “Até quando conseguimos adiantar ou atrasar o tempo?”.

Respondemos que seria por tempo indeterminado. Um dos alunos perguntou se seria possível prever a colisão da Terra com algum astro e recebeu resposta afirmativa, já que o alto conhecimento científico permite que se conheça as órbitas desses corpos celestes.

No simulador ajustado para minutos antes do nascer do Sol do dia 09 de agosto de 2017, mostramos aos alunos uma estrela com alto poder de brilho, cujo nome é Estrela Dalva. Esclarecemos para os alunos que esse corpo celeste na verdade não é uma estrela, mas o planeta Vênus.

Selecionamos, então, Vênus e o centralizamos com o intuito de informar ao aluno como será o movimento do mesmo à medida que adiantamos o tempo. Os alunos perceberam que Vênus se aproximava do Sol quando se aproximava do verão até não ser mais visto, voltando a aparecer somente no começo da noite em agosto, aproximadamente às 19:30h.

Quando foi apresentado para os alunos como seria o céu sem atmosfera, eles se surpreenderam. Voltamos a questionar os alunos:

Professor: “Como seria descrição da trajetória que vão escrever as estrelas no céu?”. A resposta dos alunos foi rápida e sem analisar muito:

A: “Nasce no Leste e se põe no Oeste”.

Acelerando o tempo através da barra de ferramentas, mostramos que o Cruzeiro do Sul assim como outras estrelas não segue essa trajetória. Logo os alunos perceberam que o Cruzeiro do Sul não nasce no Leste e se põe no Oeste, como eles referiram na primeira aula. Aproveitando a explicação e a compreensão dos alunos foi explanado que a constelação do Cruzeiro Sul gira em torno de um ponto que, mais tarde, foi revelado ser um eixo, conhecido como eixo do Polo Celeste Sul, o qual é também denominado eixo de rotação da Terra.

Professor: “Com o passar dos dias o céu seria o mesmo?”.

Foi possível perceber a grande dúvida dos alunos para a questão. Voltamos a atenção deles para o *Stellarium* e selecionamos a opção temporal de variação dos dias, de modo que os alunos perceberam pequenas variações do céu dia após dia.

Chamamos a atenção dos alunos para a projeção das estrelas novamente, referenciando a mudança de posição das mesmas. As estrelas estão tão distantes que é necessário anos para que se possa notar alguma diferença em suas posições. No *Stellarium* demonstramos que alguns corpos celestes mudam de posição mais facilmente do que outros. Os pontos brilhantes que mudam de posição mais facilmente não eram estrelas, mas planetas, observação ilustrada por Júpiter. Nesse encontro não fizemos comparação entre o brilho constante de planetas e brilho cintilante das estrelas devido a fazer parte do quarto encontro.

Comentamos que essa observação só era possível após dias de observação consecutivos na época dos antigos astrônomos. Ressaltamos também que os corpos que mudavam de posição em relação aos outros considerados fixos eram conhecidos como corpos errantes. Como curiosidade e conhecimento foi explicado aos alunos que a palavra “errante” vem do grego e deriva da palavra “planeta” (ALGARVE, 2017). A palavra planeta proveniente do grego tem o significado de viajante, andarilho, perambulante.

Professor: “Qual seria a conclusão que os primeiros astrônomos teriam tirados dessa variação de deslocamentos desses corpos celestes?”.

Após pausa para reflexão, foi explicado a eles como a Lua muda de posição com uma velocidade maior que a dos planetas e estrelas tomando a Terra como referencial; a razão para esse fato é que a Lua está mais próxima à Terra, bem como na relação de variação de posição entre os planetas e as estrelas, onde os planetas são os corpos mais próximos da Terra. *Professor:* “Com os anos de observação necessários na antiguidade, onde não havia nem ferramentas e nem a Matemática adequada, os primeiros astrônomos conseguiram construir um modelo de céu que é utilizado até os dias atuais”.

Um dos alunos observou que a percepção da Terra como redonda derivava da trajetória descrita pelos corpos celestes, onde essa trajetória se aproximava muito de um arco.

Prosseguindo a atividade, orientamos os alunos a moverem a localização atual (Juiz de Fora, Minas Gerais) para o hemisfério Norte. Os alunos imediatamente perceberam que o Cruzeiro do Sul se deslocava até desaparecer no horizonte quando mais próximo ao Norte. O Cruzeiro do Sul já não era a referência, então posicionamos o *Stellarium* na direção Norte e adiantamos o tempo para mostramos aos alunos que existia uma estrela que não se movia. Referimos a essa estrela como a Estrela Polar Norte, astro em referência do hemisfério Norte, tal como os antigos astrônomos e navegadores. Mostramos também que existe um Polo Celeste Norte. Em consequência, um aluno fazendo o referido comentário:

A: “Eu pensava que o eixo da Terra se encontrava no Zênite⁴”.

Através da grade equatorial do programa, mostramos a localização dos eixos polares Norte e Sul, levando em consideração a localização. Com essa teoria levamos os alunos aos primeiros conceitos heliocêntricos do nosso universo e, pela inclinação desse eixo, mostramos a consequência direta em dias mais longos e dias mais curtos dando como resultado as estações do ano voltaremos a discutir o assunto de estações do ano no sexto encontro.

Devido ao avançar da hora, encerramos a aula neste momento, deixando a sequência para o próximo encontro.

⁴ Zênite: parte superior vista por um contemplador das estrelas (MOURÃO, 1995).

5.3 DISCUSSÕES DO TERCEIRO ENCONTRO

Este encontro ocorreu em 23 de agosto de 2017, e a primeira ação foi uma revisão da última aula para a utilização do *Stellarium*. Os alunos se lembraram dos detalhes da última aula, até o momento em que começamos as atividades novas. Selecionamos e centralizamos o planeta Júpiter, e pelo *zoom* visualizamos suas quatro luas. Adiantamos o tempo para mostrar que as luas não giram em torno da Terra, mas de Júpiter. Mencionamos que essa observação foi um grande diferencial da Astronomia antiga, bem como a descoberta das fases de Vênus. Por meio do *zoom*, comparamos Vênus a Mercúrio, Júpiter e Saturno e os próprios alunos perceberam que tanto Saturno quanto Júpiter não tinham fases.

Após a explicação dessas fases, começamos as aulas expositivas utilizando somente projeções para definir a questão da distância em Astronomia. Foram feitas referências sobre a velocidade da luz e definimos de forma detalhada os conceitos dos principais corpos celestes, tais como estrelas, planetas, asteroides, meteoros e satélites. Não mencionamos o conceito de Unidades Astronômicas, prevista para o final do conteúdo da Terceira Lei de Kepler. Ainda assim os alunos ficaram impressionados com o sistema de medidas de distância no universo fora da Terra. Foi nessa aula também que embutimos os primeiros conceitos de órbitas, sobre o qual voltaríamos a falar na Primeira Lei Kepler.

5.4 DISCUSSÕES DO QUARTO ENCONTRO.

Este encontro se deu no dia 28 de agosto de 2017, no observatório do Centro de Ciências. Precisamos lidar com o atraso da gráfica para entrega do planisfério de direção Sul, produto desse mestrado. Para contornar esse problema, utilizamos alguns planisférios cedidos pela Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA). Nesses planisférios tínhamos o céu todo estampado para contemplação, desfocada somente pelos desenhos das constelações e as figuras de constelações o que dificultou um pouco para os alunos. Assim, utilizamos esses planisférios somente com o intuito de mostrar o

funcionamento de um planisfério e para verificar a localização de estrelas, evitando a contemplação do desenho tanto das linhas quanto das figuras nas constelações. O planisfério, produto do nosso mestrado, foi utilizado na última aula e servirá de comparação com aula deste encontro.

A aula começou pela explicação das bordas laterais do planisfério em que estão gravados os dias, meses, horas e fração de meia hora. Pedimos aos alunos para ajustarem os planisférios no dia 28 de agosto às 19:30h, horário exato daquele momento para que os alunos procurassem as primeiras estrelas. Metade da turma teve dificuldades nesse ajuste e foi necessário verificar aluno por aluno até que todos tivessem com seus planisférios regulados.

A primeira estrela que solicitamos a localização foi Acrux e os alunos surpreenderam ao conseguir localizá-la com facilidade. O mesmo ocorreu com Mimosa, o que demonstrou a intimidade dos alunos com a constelação do Cruzeiro do Sul. Prosseguindo a atividade, mostramos para os alunos o que seria o zênite no planisfério como forma de mudar de direção no céu estrelado. Então, posicionando o planisfério sobre as nossas cabeças, mostramos para os alunos como se contempla o céu na direção Norte vista pelo planisfério. Voltando o planisfério para posição normal mostramos a direção Leste e Oeste e, dessa forma, conseguimos embutir os primeiros conceitos de como usar um planisfério de forma geral.

É importante enfatizar que o manuseio desse planisfério pode parecer fácil à primeira vista, mas não se engane quanto a esse fato, pois como professor possuía todo o domínio desse equipamento, mas demorei dias para aprender a usá-lo. Por esse motivo o nosso produto tem tamanha importância, pois apresenta facilidade e simplicidade no domínio para aqueles que terão o primeiro contato com a observação sistêmica do céu estrelado.

Continuando a localização das estrelas, pedimos para os alunos localizarem Antares (estrela de brilho mais intenso da constelação de Escorpião). Vários alunos chegaram a confundir Antares com Saturno, pois os dois astros estavam muito próximos um do outro. Percebendo essa situação, pedimos que observassem qual delas têm cor vermelha, informando que essa era Antares, diferenciada pela sua cor e brilho. A confusão entre planeta e estrela também ocorreu quando pedimos para os alunos localizarem a estrela Espiga. Os alunos conseguiram localizar no planisfério com certa facilidade,

mas ao tentar localizar no céu estrelado a confundiram Júpiter. Tal confusão foi considerada normal, pois Júpiter estava próximo à estrela e naquela região havia dois pontos mais brilhantes, que os alunos escolheram o mais intenso como sendo a estrela Espiga.

Face ao constatado pedimos para os alunos descobrirem qual seria o outro ponto brilhante consultando o planisfério; após um tempo de silêncio e percebendo que os alunos não descobririam, esclarecemos que o ponto mais brilhante era Júpiter e o menos brilhante era Espiga. Aproveitamos para comentar que os planetas e a Lua não estão descritos no planisfério por mudarem de posição com velocidade bem maior do que as estrelas.

Por fim, foi pedido aos alunos para localizar a Alfa Centauro, Vega, Altair, Arturo, onde os alunos não tiveram dificuldades para encontrar. Após a identificação dessas estrelas e já se aproximando ao final da aula, foi informado aos alunos que não iríamos identificar as constelações dessas estrelas devido a falta do planisfério necessário para uma visualização ideal, que é o produto do nosso mestrado.

5.5 DISCUSSÕES DO QUINTO ENCONTRO.

O quinto encontro foi realizado no dia 30 de agosto de 2017, também no observatório. Neste encontro introduzimos os conceitos básicos de Física que regem a Astronomia. Antes de tratarmos esses conceitos físicos, mostramos para os alunos como funciona o telescópio do Centro de Ciências. Miramos o telescópio para Júpiter para contemplar seus quatro satélites, demonstrando que realmente há corpos que não giram entorno da Terra. Mencionamos que nem todos conseguem ver a mesma imagem projetada no telescópio, pois cada um interpreta a imagem de uma forma diferente. Eles descreveram a imagem de Júpiter como uma pequena bola branca com uma mancha amarronzada, puxando um pouco para o vermelho no meio.

No computador, ajustamos no *Stellarium* a data e horário que os alunos faziam a observação e pedimos para eles compararem a imagem vista do telescópio com a da tela do computador. Assim, mostramos que não há diferença entre o que se observa pelo telescópio e o que se vê na tela do

computador. Para ver os satélites de Júpiter em movimento, adiantamos o tempo para demonstrar como esses satélites iriam se comportar, sendo mais uma demonstração dos corpos que não giram em torno da Terra.

Logo após miramos o telescópio para Saturno, localizado próximo ao Zênite, para que os alunos pudessem contemplar esse astro. Os alunos conseguiram ver os anéis de Saturno, descrito como uma bola branca envolvida por uma argola. Foi explicado a eles que essa imagem era bem diferente daquela que os primeiros astrônomos conseguiram observar.

Ao término da observação dos dois planetas, chamamos atenção dos alunos para a projeção dentro do próprio observatório, onde começamos a ministrar a aula levantando a questão do sistema geocêntrico e heliocêntrico. Introduzimos objetivamente os conceitos do sistema geocêntrico e heliocêntrico, desde os estudos de Ptolomeu, entre os anos de 87 e 151. Até este momento, tínhamos os alunos em alta atenção com poucos barulhos dentro do observatório. Em sequência comentamos sobre Nicolau Copérnico e as primeiras evidências sobre o sistema heliocêntrico, mencionando a grande perseguição por parte da Igreja e a falta de embasamento matemático forte que amparasse a teoria heliocêntrica.

Na sequência, mencionamos o nome de Galileu, que contribuiu com a primeira utilização do telescópio refrator na Astronomia. Falamos das suas descobertas e as comparamos com as observações feitas pelos alunos, tanto a olho nu quanto através da utilização do programa *Stellarium* e das observações realizadas no telescópio. Demos ênfase nas descobertas que ajudaram na quebra do paradigma do sistema geocêntrico, que se reflete nas fases de Vênus e Mercúrio e nos satélites de Júpiter, assim como também os anéis de Saturno. Observamos que os alunos estavam conseguindo fazer o “*link*” entre as observações dos primeiros astrônomos com a quebra do paradigma do sistema geocêntrico.

Então chegamos ao astrônomo que embutiu os primeiros referenciais matemáticos que romperam com o sistema geocêntrico definitivamente. Falamos de Johannes Kepler, astrônomo assistente de Tycho Brahe, que publicou suas três leis que regem o movimento dos corpos celestes. Apresentamos a Primeira Lei de Kepler que descreve as órbitas dos planetas projetando as imagens dessas órbitas e explicando sobre as distâncias de

periélio e afélio dentro da elipse. Após breve revisão, encerramos a aula a ser continuada no encontro seguinte.

5.6 DISCUSSÕES DO SEXTO ENCONTRO.

O sexto encontro ocorreu em 04 de setembro de 2017, iniciado por uma breve revisão cronológica dos trabalhos dos primeiros astrônomos até a quebra do paradigma do sistema geocêntrico, terminando na Primeira Lei de Kepler. Deste ponto, introduzimos a Segunda Lei Kepler, definindo os conceitos do raio vetor que varre as áreas iguais em tempos iguais das órbitas e da velocidade areal, interpretando as consequências dessas definições, a saber:

- A relação da área pelo intervalo de tempo é igual a uma constante k que recebe o nome de velocidade areal, sendo constante para cada planeta do sistema Solar;
- A velocidade de translação de um planeta ao redor do Sol não é constante. Sendo máxima quando o planeta está mais próximo ao Sol (periélio) e mínima quando mais distante (afélio).

Terminada essas definições, perguntamos aos alunos como ocorrem as estações do ano. A maioria persistiu no erro em associar as estações a distância do nosso planeta em relação ao Sol, oportunidade para reiterar que esse fenômeno se deve ao eixo de inclinação da Terra, onde em certas épocas do ano o dia é mais longo e, em outras, a noite que é mais longa, como mostrado no *Stellarium*.

Voltamos também na explicação sobre as órbitas longas dos cometas e sobre a posição deles quando próximos do Sol sem entrar em detalhes, pois a definição desse corpo celeste foi introduzida no terceiro encontro.

Na terceira e última Lei de Kepler começamos perguntando o tempo que a Terra gasta para dar uma volta completa em torno do Sol. Como esperado, todos conseguiram responder sem problemas; então explicamos que esse tempo é conhecido como “período”, conceito definido como o tempo gasto para uma oscilação completa do planeta em torno do Sol. Quando discutimos os parâmetros de dependência desse período foi a oportunidade de esmiuçarmos a Terceira Lei de Kepler e prosseguimos a aula com um exercício, utilizando a tabela abaixo:

Tabela 1 - Cálculo da Constante de Kepler

Planeta	Período (anos)	Distância média ao Sol (UA)	Constante de Kepler	Erro relativo (%)
Mercúrio	0,24085	0,387	1,001	0,08
Vénus	0,61520	0,723	1,001	0,1
Terra	1,00000	1,000	1,000	-
Marte	1,88071	1,524	0,999	0,07
Júpiter	11,85654	5,203	0,9981	0,2
Saturno	29,44750	9,537	0,9997	0,03
Úrano	84,01697	19,191	0,9987	0,1
Neptuno	164,79124	30,069	0,9989	0,1

†Tabela 1: Cálculo da constante de Kepler para órbitas em torno do Sol. O erro é relativo a $K = 1 \text{ ano}^2 \text{UA}^{-3}$ para a Terra.

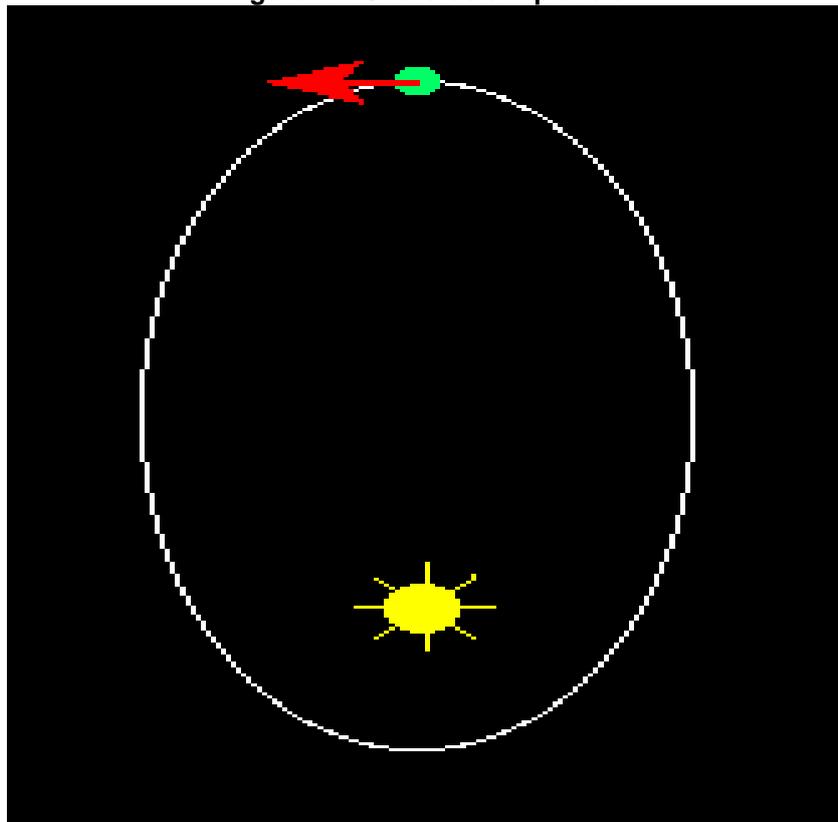
Fonte: Araújo, 2010

Previamente, foi explicado o conceito de Unidade Astronômica (UA), informado que 1UA equivale a, aproximadamente, 150.000.000 km. É definida como o raio médio da órbita de um planeta, encontrado pela média entre o raio maior e o raio menor. Como exercício ilustrativo, solicitamos aos alunos que calculassem os períodos das órbitas de Marte, Júpiter e Saturno. Os alunos sentiram certa dificuldade no cálculo do período de Marte, o primeiro cálculo feito por eles. Entretanto, no segundo e no terceiro cálculo conseguiram desenvolver a atividade com mais facilidade.

Após todos os alunos concluírem os exercícios, comentamos sobre o último astrônomo da nossa proposta cronológica, com ênfase para a quebra final do paradigma do sistema geocêntrico. Revelamos para os alunos que Isaac Newton, o último astrônomo trabalhado por nós, foi o cientista que conseguiu explicar através da gravitação universal o porquê dos movimentos dos astros. Elucidamos que a teoria da força gravitacional a partir do conceito da força ser proporcional às massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Uma estratégia utilizada e recomendada por nós foi utilizar uma animação em que um planeta gira em torno do Sol. Ao dar um giro de 90° na imagem, o planeta parecia que estava “caindo” ao girar.

Figura 14: Órbita de um planeta



Fonte: Unesp, 2017

Ao final desse encontro, como forma de exercício, retornamos a duas questões do primeiro encontro:

1. Como você entende o movimento dos planetas?

Os alunos responderam que movimento dependia do raio das órbitas e da massa do mesmo. A partir da resposta dos alunos, mencionei que um planeta movimenta em torno de uma estrela, onde essa dependência é proporcional as massas da estrela e do planeta, e inversamente proporcional ao quadrado da distância do raio que separa esses corpos celestes considerando orbitas circulares.

2. O céu gira ou é a Terra? Como você vê?

Os alunos responderam que agora estão convencidos de que quem gira realmente é a Terra e não as estrelas. Completei o assunto dizendo que as estrelas até se movimentam, mas, devido à grande distância da Terra, esse movimento é imperceptível.

5.7 DISCUSSÕES DO SÉTIMO ENCONTRO.

Este encontro ocorreu no dia 13 de setembro de 2017, cujo objetivo foi o uso do planisfério, nosso produto educacional, e realização da avaliação final.

A aula teve início lembrando a ocasião de uso do planisfério da OBA (Olimpíadas Brasileiras de Astronomia). Assim, pedimos aos alunos que ajustassem o planisfério para dia e horário da nossa aula e explicamos que iríamos testar um novo tipo de planisfério. Depois de regulado no dia e horário da aula mostramos para os alunos que o novo planisfério contemplava a direção total do Sul e parcialmente o Leste e o Oeste. Mostramos para os alunos que no local do pino - rosca que prende o planisfério - se localiza o Polo Celeste Sul.

Perguntamos para os alunos se eles acharam fácil utilizar o planisfério da OBA. Fomos informados por eles que houve grandes dificuldades em reconhecer as constelações. Comentamos, então, que o planisfério da OBA tem grande diferença de dimensão em relação ao planisfério do *Stellarium*, diferença esta que diminui consideravelmente quando utilizamos nosso produto educacional.

Um dos comentários dos alunos ao olhar para o planisfério foi:

A: “Onde que nessa constelação de Pégasus tem o desenho dela aqui?”.

Antes mesmo de explicar como era o desenho para o aluno relatamos que o desenho visto nas constelações dependia fortemente da cultura do povo que a observou, citando, como exemplo, que “Os mesmos desenhos das figuras de constelação que nós vimos aqui, os índios viam de uma forma diferente”.

Seguindo os apontamentos, mostramos para os alunos que, no planisfério da OBA, para se ver as constelações do Norte estando na direção Sul é preciso “torcer” o pescoço. Então propomos o que seria outra versão de planisfério, ao distribuir o nosso planisfério completo. Solicitamos que o desmontassem para montar somente a máscara e o desenho das estrelas. Então mostramos para os alunos que essas estrelas são da direção Sul, diferente do outro planisfério em que se vê todas as estrelas.

Professor: “Vocês estão vendo as linhas de constelação”?

Como resposta recebemos um grande coro negativo. Perguntamos aos alunos se eles, mesmo sem o desenho das linhas de constelações, conseguiam reconhecer alguma constelação e a resposta foi bem satisfatória, com relatos de identificação da constelação do Cruzeiro do Sul. Em ato contínuo, falamos aos alunos que esse céu era o do momento, onde o Cruzeiro do Sul estava com uma grande inclinação.

Perguntamos aos alunos se eles achavam o planisfério que contem só a direção Sul pior ou melhor para visualizar as estrelas.

A: “Esse planisfério é bem melhor de ver as estrelas”. A resposta foi bem satisfatória em relação à avaliação do nosso produto e ainda faltava demonstrar dois diferenciais importantes do nosso planisfério em relação ao da OBA. Como complemento explicamos para os alunos que no planisfério de uma direção a janela da máscara é bem maior, o que facilita as observações do céu noturno.

Em uma segunda proposta de montagem pedimos para os alunos montarem seu planisfério com a transparência das linhas de constelações. Os alunos, depois da montagem, imediatamente fizeram o primeiro comentário:

A: “Esse tá bem mais fácil de ver as constelações”.

Relatamos aos alunos que nesse produto não havia todas as constelações para não sobrecarregar a visualização. Essa transparência contém apenas as principais constelações, como a de Escorpião, Cruzeiro do Sul, constelação da Fênix, constelação de Capricórnio e outras. A maioria dos alunos regularam essa primeira transparência com o desenho da constelação do Cruzeiro do Sul e não com a marcação da borda, como pedimos para que eles fizessem. Esse fato nos é importante por nos trazer como resultado certa intimidade tanto de localização do céu noturno como o domínio de observação adquirida através da aplicação de nosso produto.

Pedimos para os alunos anexarem a última transparência que descreve os desenhos das constelações no planisfério. Informamos que com a inclusão dessa última transparência a observação poderia ficar um pouco confusa e que eles poderiam optar por retirá-la, se fosse o caso. Um dos principais comentários foi feito por um dos alunos que disse:

A: “É! Agora sim, eu consigo ver as figuras”.

Todos eles demonstraram semblante de satisfação e, após uma breve pausa na nossa fala para que os alunos possam contemplar o planisfério completo, foi dito a eles que agora ficaria difícil de ver a constelação do Cruzeiro do Sul devido ao grande número de figuras.

Perguntamos aos alunos onde estaria a constelação do Cinturão de Orion, conhecida como as Três Marias. Como eles não a encontraram, relatamos que ela apareceria na extremidade do nosso planisfério no mês de abril. Deste modo, pedimos que eles regulassem o planisfério para abril para identificar a estrela Rigel, pois próximo a ela estaria o Cinturão de Orion. Indicamos também que essa constelação estaria no horizonte Oeste, acima do Zênite como referência a direção Norte. Por fim, falamos que no primeiro dia de aula a constelação que eles viram não poderia ser as Três Marias e mencionamos que em nosso produto não tinha a constelação de Orion completa.

Perguntamos aos alunos o que eles acharam desse planisfério e todos responderam que o produto de nosso mestrado é bem melhor de visualizar os corpos celestes. Ao fim dessa etapa, os alunos foram direcionados para o lado externo no observatório para contemplar o céu estrelado com o novo produto apresentado.

Pedimos aos alunos acertarem o planisfério de acordo com hora e data local, com o objetivo de mostrar os desenhos das constelações. A primeira constelação a se observar foi a do Cruzeiro do Sul, já conhecida pelos alunos. Então os alunos se orientaram pelos pontos cardeais e pedimos para localizar Antares para mostra-los em seguida a constelação de Escorpião. Devido à poluição luminosa, não foi possível observar mais desenhos de constelações, somente as estrelas mais brilhantes de algumas constelações.

Professor: “O que vocês acharam dessa nova versão de planisfério?”.

A1: “Bem melhor do que o outro”.

Professor: “Qual seria a relação que vocês fazem das aulas de observação com as Leis de Kepler e a Gravitação Universal?”.

A2: “O usar do planisfério só foi possível devido às aulas”.

Professor: “Você entendeu a teoria da gravitação melhor por causa do planisfério e observação ou devido as aulas teóricas?”.

A3: “Os dois se completam, um ajuda o outro. No caso você aprende a teoria da gravitação e vem para o lado de fora para praticar”.

Terminada essa etapa, os alunos foram direcionados novamente para anfiteatro para que pudessem responder a última aviação escrita.

CAPITULO 6. RESULTADOS

Como resultado qualitativo mostraremos neste capítulo um conjunto de 10 questões respondida pelo total de 11 alunos para demonstrar e discutir a evolução do conhecimento antes das aulas sobre Gravitação Universal e depois que concluíram os sete encontros. É importante enfatizar que esta foi a última forma de avaliação formal da nossa UEPS, na qual os alunos responderam uma avaliação contendo com 9 questões do primeiro encontro, alterando somente as palavras em questão. Como resultado tivemos um valor de 80% dos 11 alunos presentes na avaliação com uma melhora qualitativa significativa em suas respostas.

6.1 PRIMEIRA QUESTÃO

O objetivo da primeira questão foi assinalar o conhecimento que o aluno absorveu em relação a sua observação do céu. Mostramos aqui a comparação das respostas de um aluno que usa sua livre expressão no primeiro encontro e expressa maior elaboração na resposta ao questionário realizado no último encontro com objetivo de avaliar o aluno. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 15: 1º questão do questionário sobre conhecimentos iniciais

1. O que você vê no céu?

Eu vejo a lua e pontos brilhantes (podendo ser estrelas ou planetas)

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 16: Resposta da 1º questão da avaliação

1. Qual a sua nova visão do céu?

Apesar de parecer o contrário, entendo mais claramente que o céu não está em movimento mas a Terra que está. Além disso, agora consigo reconhecer algumas constelações.

Fonte: Acervo Pessoal.

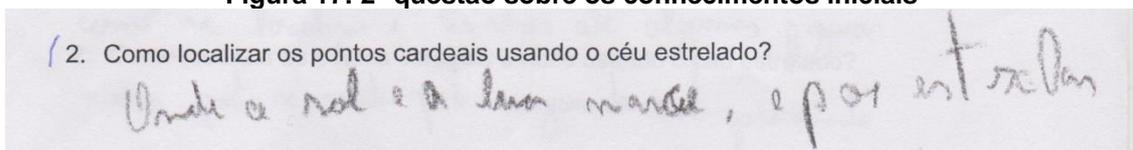
Como podemos observar, o aluno já não vê o céu como um conjunto de pontos brilhantes, compreendendo-o como um aglomerado de constelações. Além disso, já não há dúvida sobre a validade do sistema heliocêntrico. Nessa

questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos uma média 100% de acerto.

6.2 SEGUNDA QUESTÃO

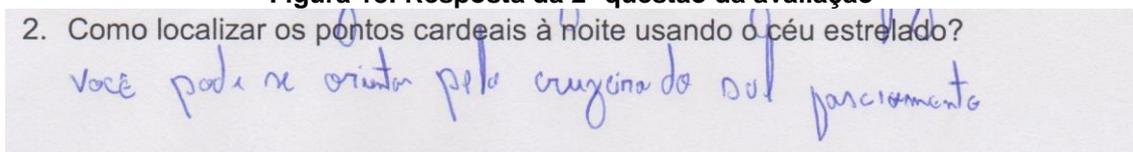
A segunda questão tinha o objetivo de avaliar se o aluno absorveu o conhecimento de localização utilizando o céu estrelado. Comparamos aqui a resposta de um aluno do questionário do primeiro encontro e a resposta da avaliação utilizada no último encontro. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 17: 2º questão sobre os conhecimentos iniciais



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 18: Resposta da 2ª questão da avaliação



Fonte: Acervo Pessoal.

Como podemos observar, o aluno conseguiu adquirir senso de localização noturna por meio do céu estrelado, ajudando consideravelmente nas práticas de observação. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos uma média 80% de acerto.

6.3 TERCEIRA QUESTÃO

A terceira questão se referia aos movimentos das estrelas e tinha o objetivo de avaliar o conhecimento do aluno em relação ao movimento desses corpos celeste, introduzindo elementos da quebra do paradigma do sistema

geocêntrico. Mostraremos aqui a resposta de um aluno do questionário do primeiro encontro no qual temos o objetivo de absorver os conhecimentos iniciais e a resposta da avaliação utilizada no último encontro. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 19: 3° questão sobre os conhecimentos iniciais

3. Como você entende do movimento das estrelas?

Eu creio que as estrelas se movem junto com o nosso planeta.

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 20: Resposta a 3° questão da avaliação

3. Qual seria o instrumento que você utiliza para localizar no tempo desejado a posição de uma estrela?

Eu usaria o planisfério celeste e o stararium.

Fonte: Acervo Pessoal.

Na resposta da questão sobre os conhecimentos iniciais podemos observar que o aluno tinha ideia de que as estrelas se movem junto com o céu. Houve mudança significativa após aplicação do nosso produto já que o aluno compreende que as estrelas não movem junto ao céu e sabe que duas ferramentas capazes de ajudar na localização das estrelas. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos a média de 100% de acerto.

6.4 QUARTA QUESTÃO

A quarta questão de nossa avaliação se refere ao movimento dos planetas, já que em nossa UEPS definimos a diferença entre os movimentos dos planetas e movimentos das estrelas. Esta questão buscou avaliar se o aluno absorveu esse conhecimento. Mostraremos aqui a resposta de um aluno, também comparando o questionário do primeiro encontro e a resposta da avaliação utilizada no último encontro. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 21: 4ª questão sobre os conhecimentos iniciais

4. Como você entende do movimento dos planetas?

Os planetas se movem de acordo com suas órbitas e eixos de rotação. Eles
 os quais não são alterados desde sua formação.

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 22: Resposta da 4ª questão da avaliação

4. Os planetas têm o mesmo movimento das estrelas?

Não necessariamente. As estrelas, em sua grande parte se movem de acordo com a
 maioria dos outros presentes no céu, visto da terra. Já os planetas tem uma pequena
 diferença no movimento, pois como estão mais perto, suas órbitas são mais curtas.

Fonte: Acervo Pessoal.

Pela resposta, percebemos que o aluno conseguiu distinguir a diferença entre as órbitas de planetas e as órbitas de estrelas pela distância que esses corpos se encontram. O agente responsável por esse aprendizado foi o uso do nosso planisfério que, ao não contemplar a localização de planetas, estimula a curiosidade do aluno em relação aos pontos brilhantes que não se encontram dentro do mapa estelar. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos uma média 100% de acerto.

6.5 QUINTA QUESTÃO

A quinta questão objetivou avaliar o conhecimento do aluno em relação à diversidade do céu segundo a diferença de hemisférios. No primeiro questionário colocamos a pergunta de modo generalizado, no intuito de absorver os conhecimentos iniciais dos alunos. Já na avaliação fomos mais específicos ao caracterizar as regiões dos hemisférios Norte e Sul. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 23: 5ª questão sobre os conhecimentos iniciais

5. Como será o céu visto de outros lugares da Terra, é o mesmo daqui?
 O céu não é diferente ~~de~~ dependendo do ponto de vista que se observa, deve ser o mesmo, nunca se vê o céu do mesmo jeito duas vezes.

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 24: Resposta da 5ª questão da avaliação

5. O céu dos EUA é o mesmo do Brasil?
 Não. O céu visto da hemisfério Norte é diferente do céu visto da hemisfério Sul.

Fonte: Acervo Pessoal

A resposta do aluno foi direta quando perguntamos se o céu norte americano era o mesmo que no Brasil, mostrando perfeita compreensão sobre a diferença entre o céu nos dois hemisférios. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos como média 100% de acerto.

6.6 SEXTA QUESTÃO

A sexta questão se referia a diferença entre os corpos celestes. Fomos diretos nas questões do primeiro encontro e no último encontro fomos mais específicos e pedimos para os alunos diferenciarem a estrela Antares do planeta Júpiter. O objetivo dessa questão foi avaliar se o aluno consegue diferenciar alguns corpos celestes no céu noturno. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 25: 6ª questão dos conhecimentos iniciais

6. Ao se observar os corpos no céu quais os corpos celestes que você vê?
 Você diferencia os corpos celestes?
 Desconheço do assunto

Fonte: Acervo Pessoal

Figura 26: Resposta da 6ª questão da avaliação

6. Você consegue diferenciar a olho nú a estrela Antares da constelação de escorpião do planeta júpiter? Qual seria essa diferença?

Sim, devido ao tamanho e a posição.

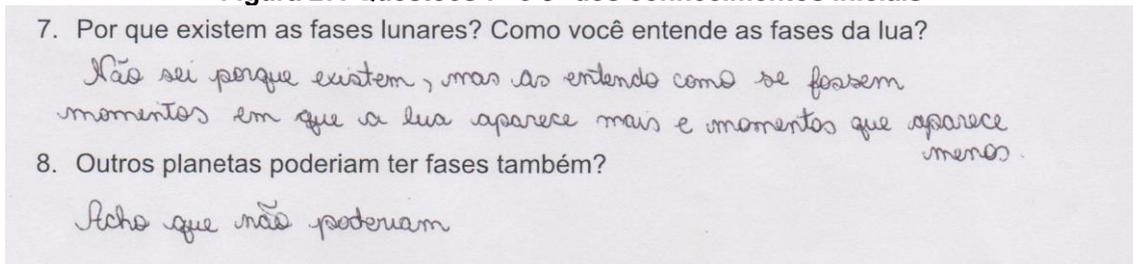
Fonte: Acervo Pessoal

Na resposta do aluno, apesar de se referir da cor da estrela Antares, vemos que ele consegue distinguir o planeta Júpiter pelo seu tamanho e brilho branco intenso. Podemos reparar que no começo o aluno desconhecia completamente o assunto. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos média de 100% de acerto, no qual muitos alunos comparam o deslocamento do planeta Júpiter com a posição da Estrela Antares.

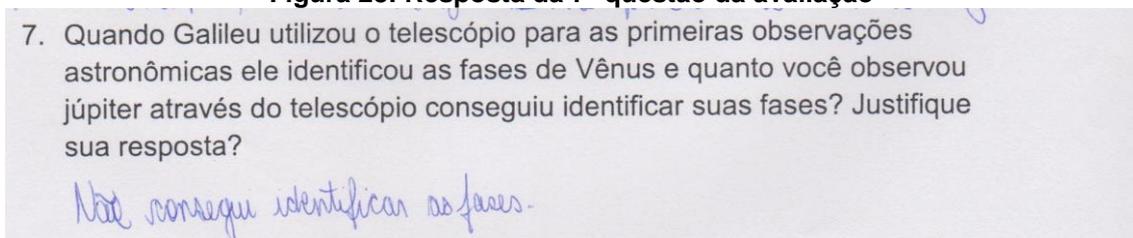
6.7 SÉTIMA QUESTÃO

A sétima questão se referia às fases da Lua e às fases de planetas. A opção por incluí-la aos questionários se deveu ao fato da explicação das fases de Vênus ser um dos motivos para quebra do paradigma do sistema geocêntrico.

O questionário aplicado no primeiro encontro tinha como objetivo das questões 7 e 8 identificar o conhecimento do aluno sobre as fases de planetas e da Lua. Na avaliação buscamos de modo específico uma reflexão empírica do aluno sobre a utilização do telescópio do Centro de Ciências da UFJF. Assim, os alunos tiveram que responder se Júpiter tinha fase ou não, a partir de suas observações no equipamento. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 27: Questões 7° e 8° dos conhecimentos iniciais

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 28: Resposta da 7° questão da avaliação

Fonte: Acervo Pessoal.

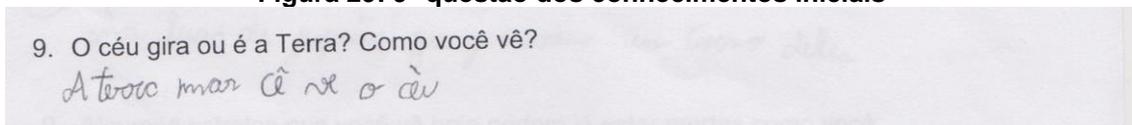
Para questões sobre as fases de planetas e da Lua não poderíamos exigir uma resposta completa, uma vez onde esses alunos são do primeiro ano do Ensino Médio e o conteúdo sobre as fases da Lua e dos planetas são explicados no segundo ano do Ensino Médio no conteúdo de óptica geométrica. Contudo pensamos em uma pergunta na qual o aluno respondesse aquilo observado no meio experimental, dando apenas sentido afirmativo ou negativo à pergunta. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos uma média 70% de alunos relatando que não identificaram as fases e 30% não respondendo a questão.

6.8 OITAVA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO E NONA DO QUESTIONÁRIO

Esta questão se referia à quebra do paradigma do sistema geocêntrico. Essa questão não intencionou avaliar o conhecimento sobre os sistemas geocêntrico e heliocêntrico, mas buscou responder a pergunta: “Por que vemos o céu girar e não a Terra?”. A resposta à essa questão foi desenvolvida em

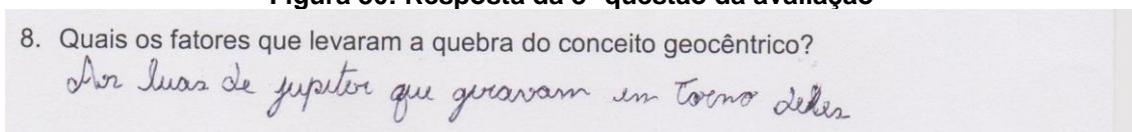
várias aulas da UEPS. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 29: 9ª questão dos conhecimentos iniciais



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 30: Resposta da 8ª questão da avaliação



Fonte: Acervo Pessoal.

Quando se responde esse tipo de pergunta, a resposta na maioria das vezes parece ser vaga ou reprodução clássica dos livros didáticos do Ensino Médio. Todavia, após a aplicação da nossa UEPS os alunos responderam segundo uma aula experimental onde eles mesmos observaram a harmonia dos satélites que giram em torno de Júpiter e que influenciaram diretamente na quebra do paradigma do sistema geocêntrico, como descrito na resposta da avaliação do aluno acima. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos uma média 80% de alunos respondendo dando como resposta as luas de Júpiter, 10% não respondendo a questão e o restante se referindo as próprias observações de Galileu.

6.9 NONA QUESTÃO DA AVALIAÇÃO E DÉCIMA DO QUESTIONÁRIO

A última questão avaliou o conceito de ano-luz de forma diferente, questionando a razão de conseguirmos ver algumas estrelas mesmo depois de sua morte. Para esse tipo de questionamento utilizamos uma forma mais geral no questionário aplicado no primeiro encontro e fomos mais específicos na

avaliação do último encontro. Vale destacar que as respostas foram dadas pelo mesmo aluno.

Figura 31: 10ª questão sobre os conhecimentos iniciais

10. O que você já viu que não aparece agora? Por que?
~~Alguns~~ O eclipse solar que não acontece por causa da posição do sol e da lua

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 32: Resposta da 9ª questão da avaliação

9. Algumas estrelas que você vê hoje podem já estar mortas como você explica esse fato?
Sim, pelo ^odistância e velocidade luz

Fonte: Acervo Pessoal

Como podemos observar, o aluno não conseguia ver a ligação entre a pergunta com a resposta demonstrando total desconhecimento sobre o assunto abordado nessa questão. Quando consideramos a resposta da avaliação, até mesmo por ser mais específica, o aluno conseguiu demonstrar o conhecimento da unidade distância relacionada com a velocidade da luz. Nessa questão tivemos no total de 11 alunos que estavam presentes tivemos a média de 80% dos alunos relacionando a vida e morte das estrelas com a velocidade da luz.

CAPITULO 7. CONCLUSÃO

Quando observamos a Astronomia na antiguidade vemos uma ciência de significativa importância na evolução da humanidade, seja por possibilitar o período das grandes navegações ou por otimizar os processos agrícolas dos dias atuais. Suprir a carência experimental da Astronomia nas escolas públicas brasileiras foi o estímulo para construção de um produto educacional voltado para este fim, expondo como justificativa uma análise qualitativa das aulas experimentais associadas às aulas teóricas envolvendo o tema de Astronomia.

Este trabalho consistiu na construção de uma UEPS para a elaboração de uma sequência didática com esta temática, tendo como base a ordem cronológica dos primeiros astrônomos responsáveis pela quebra do paradigma do sistema geocêntrico. Na aplicação dessa sequência, utilizamos as ferramentas *Stellarium* (software simulador planetário) e o planisfério diferenciado com direção Sul (nosso produto educacional) que tem como objetivo de auxiliar a aula experimental do professor. A utilização dessas ferramentas contribuiu não só para a explicação do tópico de Gravitação Universal, mas também para o estímulo cognitivo do aluno estimulando sua curiosidade através do deslumbramento acerca do céu estrelado.

A aplicação do nosso produto ocorreu no Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora, local referência em observações astronômicas. O público-alvo dessas aulas foram os alunos do primeiro ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação João XXIII, que corresponderam muito além das nossas expectativas. A sequência didática foi desenvolvida para cinco encontros, mas foram necessários 7 encontros em sua aplicação. No primeiro encontro fizemos uma aula de apresentação do céu e, ao final, aplicamos um questionário com 10 questões em que os alunos tiveram total liberdade para respondê-lo, objetivando apreender os conhecimentos prévios dos participantes. No último encontro os alunos responderam uma avaliação com 9 questões referentes ao questionário do primeiro encontro, no qual demonstraram alto nível de aprendizagem significativa, conforme relatado no quarto capítulo deste trabalho.

Vale ressaltar que as atividades desenvolvidas nessa UEPS resgataram o prazer do professor em dar aula e do aluno em aprender

satisfatoriamente. Pode-se fazer esta afirmação em função dos comentários feitos pelos alunos, na constatação nos brilhos dos olhos em cada aula durante a sequência de aula dada, no interesse que a maioria demonstrou, pelo engajamento na realização das atividades e pela experiência obtida pelo pesquisador na implementação dessa UEPS. Em virtude desses fatos, o material pode ser considerado potencialmente significativo à medida que demonstrou fortes indícios de boa receptividade dos alunos, além de promover a predisposição para aprender os conteúdos de Física, condição que favorece a aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2011).

Após o trabalho qualitativo exposto nesta dissertação temos o prazer de afirmar que os resultados mostram alto nível satisfatório, reforçando o uso de nossa UEPS para o estudo dessa milenar ciência no Ensino Médio. A principal contribuição dessa abordagem é fazer com que o aluno se sinta parte integrante do processo de aquisição do conhecimento, pelo qual seguimos a Teoria da Aprendizagem Potencialmente Significativa de Moreira. Recomendamos que essa UEPS seja incluída no 1º ano do Ensino Médio no tópico de Gravitação Universal.

CAPITULO 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGARVE. A Astronomia na Antiguidade. **Centro de Ciências do Algarve**.

2003. Disponível em:

<http://www.ccvalg.pt/Astronomia/historia/antiguidade.htm>. Acesso em: 30 nov 2017.

ALVES, L. C. Segunda lei de Kepler. **Mundo Educação**. Disponível em:

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/segunda-lei-kepler.htm>. Acesso em: 08 nov. 2017

ARAÚJO. M. Leis de Kepler. **WikiCiências**. 2010. Disponível em:

http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Leis_de_Kepler Acesso em: 08 nov. 2017.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: Uma perspectiva Cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BOCZKO, R. Erros comumente encontrados nos livros didáticos do ensino fundamental. In: **Revista Ciência online**, Rio de Janeiro, ano II, n.6, 2003.

Disponível em:

http://www.cienciaonline.org/revistas02_06/Astronomia/index.html. Acesso em: 11 jan. 2005.

BORTOLOSSI, J. h. *Mysterium Cosmographicum* matemática: geometria.

Universidade Federal do Fluminense. Disponível em:

<http://www.uff.br/cdme/kepler/kepler-html/kepler-br.html>. Acesso em: 08 nov. 2017.

BRUNER, J. S. O ato de descoberta. **Revisão educacional de Harvard** , 1961.

BUCCIARELLI, P. **Recursos didáticos de Astronomia para o ensino médio e fundamental**. São Paulo, 2001. 57 f. Monografia (Licenciatura em Física). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: PCN+**: Ensino médio: orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

_____. _____. **Programa saúde da escola**. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/programa-saude-da-escola/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>. Acesso em 04 nov. 2017.

_____. _____. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/programa-saude-da->

escola/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211. Acesso em: 17 de nov 2017

BRETONES, P. S.; COMPIANI, M. Saindo da sala de aula para observar os planetas e criar uma nova prática pedagógica. In: **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, 2012. pp. 1-13.

CANIATO, R. Astronomia e Educação. **Liga Iberoamericana de Astronomia**. 2005. Disponível em:
[http://www.liada.net/universo/articulos/Caniato/Astronomia% 20e% 20Educacao. pdf](http://www.liada.net/universo/articulos/Caniato/Astronomia%20e%20Educacao.pdf). Acessado em, 11 de Set. 2018

COPÉRNICO. N. Revolutionibus Obium Coelestium. Europa Polonia. 1543. **Biblioteca Mundial Digital**. Disponível em:
<https://www.wdl.org/pt/item/3164/#q=cop%C3%A9rnico>. Acesso em: 07 nov 2017.

_____. citações e frases famosas . disponível em:
<https://citacoes.in/citacoes/111667-nicolau-copernico-depois-de-longas-investigacoes-convenci-me-por-fi/>. Acesso em: 25 jun 2018.

DAMASCENO, J. C. G. **O ensino de Astronomia como facilitador nos processos de ensino e aprendizagem**. Dissertação . Furg., 2016.

DIAS. C. A. C. M; RITA J. R. S. Inserção da Astronomia como disciplina curricular do Ensino Médio. In: **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**. n. 6, 2008. pp. 55-65.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA M. F. O. Movimento dos Planetas Tycho, Kepler e Galileo. **UFGRS**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/movplan2/index.htm#3a>. Acesso em: 08 nov. 2017.

GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. Pag. 210 . 1981.

HALLIDAY. D. **Fundamentos de Física**. Vol 2. 8º Ed. Editora: Itc. Rio de janeiro. 2011.

HEWITT. P. G. **Física Conceitual**. 11º Ed. Editora: Bookman. Porto Alegre. 2011.

HOZANO. S. L. N. R. **Astronomia agrícola influencia os aspectos produtivos do alface**. Universidade Federal do Ceará, 2016.

IACHEL, G. **Um estudo exploratório sobre o ensino de Astronomia na formação continuada de professores**. 2009. 229 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009.

LANGHI, R. Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? In: **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Vol. 14, N° 3, 2014.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Os professores de ciências e suas formas de pensar a Astronomia. In: **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 4, 2007. pp. 47-68.

LEITE, C. **Os professores de ciências e suas formas de pensar Astronomia**. São Paulo, 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Educação, Instituto de Física e Faculdade de Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005

_____. **Potentially Meaningful Teaching Units – PMTUS**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

MOURÃO, R. R. F. **Dicionário enciclopédico de Astronomia e astronáutica**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

_____. **A Astronomia na época dos descobrimentos**. Rio de Janeiro: Lacerda Editores, 2000. pp. 157-158.

NETO, A. S.; SILVA, A. C.; FORTUNATO, I. **Docência e pesquisa em Física e Astronomia**. São Paulo: Edições Hipótese, 2017.

NUSSENZVEIG. H. M. **Curso de Física Básica 1: Mecânica**. 5º ed. São Paulo: Editora Blucher, 2013.

OLIVEIRA. K. S. F.; SARAIVA. M. F. O. Isaac Newton. **UFRGS**.

2014. Disponível em:

<http://astro.if.ufrgs.br/newton/index.htm#palavras>. Acesso em: 11 nov. 2017

PELLIZZARI, A. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausbel**. PEC. Curitiba: 2002.

PEREIRA, M. H. R. **Estudos de História da Cultura Clássica**. Vol I - Cultura Grega. 11ª ed. revista e atualizada, 2012. pp. 549-550.

POLITO. A.M.M. **A Construção da Estrutura Conceitual da Física Clássica**. 1º ed: Livraria da Física, 2016.

PORTUGAL, P. **Geocentrismo e heliocentrismo**. Centro de Competência Entre Mar e Serra. Disponível em:

[http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Geocentrismo_Heliocentrismo/Geocentrismo_Heliocentrismo.html#geocentrismo e heliocentrismo](http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Geocentrismo_Heliocentrismo/Geocentrismo_Heliocentrismo.html#geocentrismo%20e%20heliocentrismo). Acesso em: 16 de julho de 2017.

RODRIGUES. J. A. Introdução a Astronomia. Astronomia 21. Disponível em:

<http://ncc-1501a.blogspot.com/>. Acesso em 31 de Ago 2018.

ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa**. WWF Martins Fontes, 2017.

RONAN, Colin A. **História Ilustrada da Ciência**. Universidade de Cambridge. III - Da Renascença à Revolução Científica. 1 ed. São Paulo: Círculo do Livro, 1987, pp. 68-90.

SEUSABER. **Leis de Kepler resumo Mecânica Celeste**. Disponível em:
<http://seusaber.com.br/fisica/leis-de-kepler-resumo-mecanica-celeste.html>.
Acesso em 30 Ago. 2018.

SILVA, G. A. O Cruzeiro do Sul na cartografia celeste dos séculos XVI e XVII: evidências cartográficas ajudam a derrubar um mito. Carlos Fiolhais, Carlota Simões, Décio Martins (Org.). In: **História da ciência luso-brasileira**: Coimbra entre Portugal e o Brasil. 1ed.Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2013, pp. 9-18.

SOUZA. S. L. Leis de Kepler. **Educação. Física**. Disponível em:
<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/leis-de-kepler.html>. Acesso em: 08 nov. 2017.

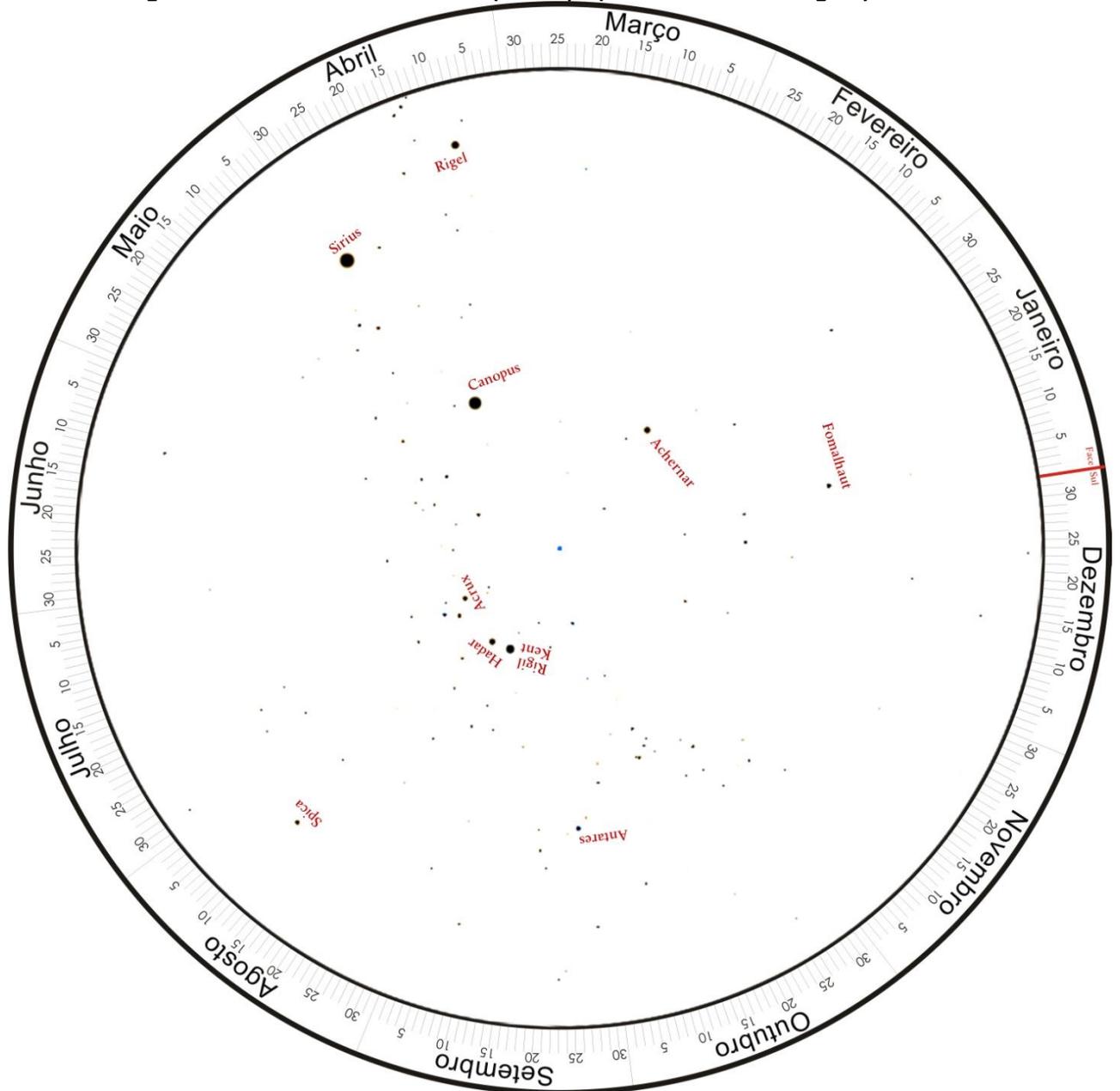
TAVARES, R. **Aprendizagem significativa**. UFPB, 2004

UNESP. A Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton. **Show de Física**. Disponível em :
http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Lei%20Gravita%C3%A7%C3%A3o%20Universal.htm. Acesso em 08 de Nov. 2017.

APÊNDICE A. FIGURAS PARA CONSTRUÇÃO DE UM PLANISFÉRIO CELESTE COM DIREÇÃO 20° SUL

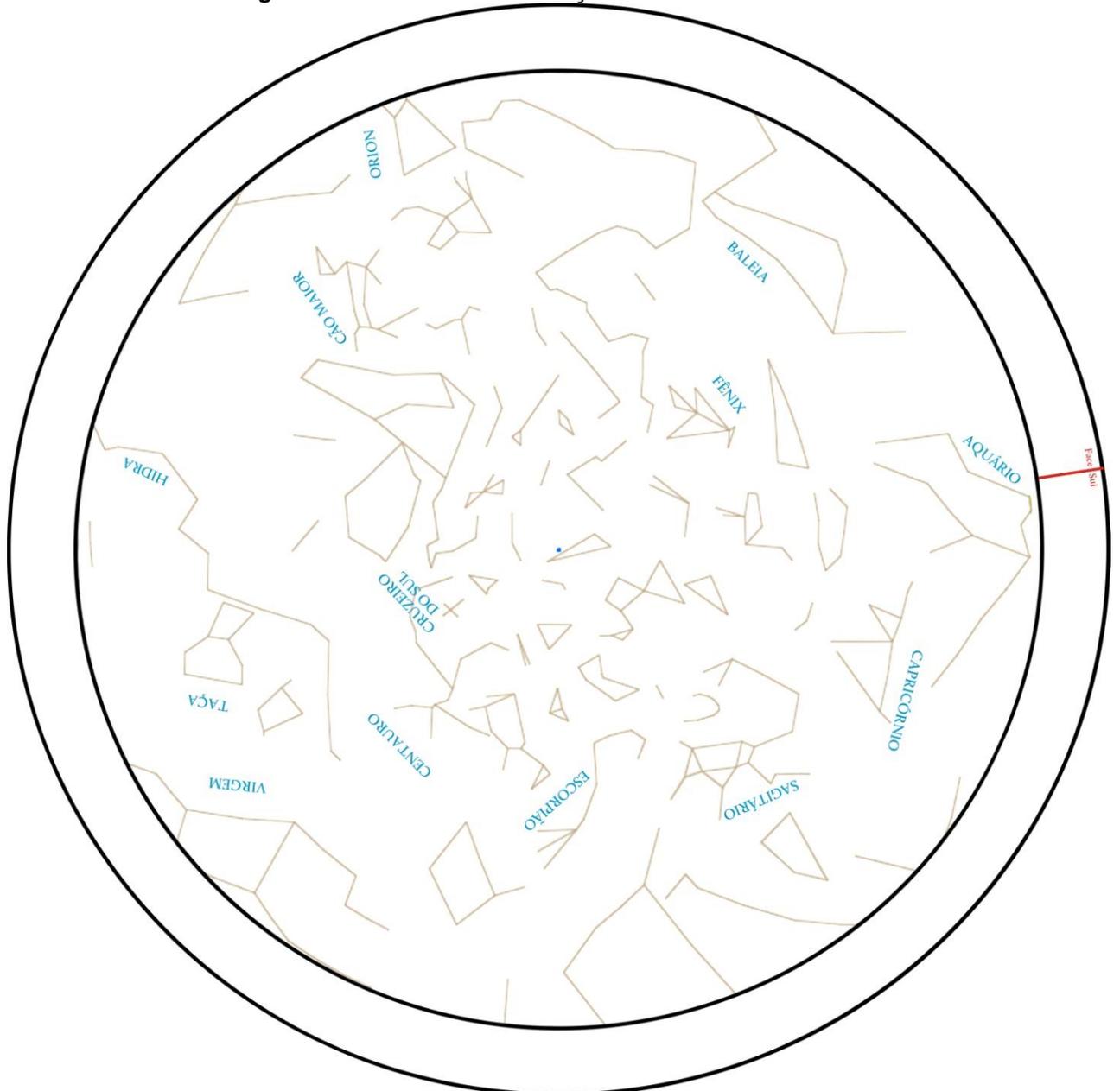
As figuras desse apêndice estão apenas para replicas, sendo que todo texto da utilização está no item 4.1 planisfério celeste face Sul.

Figura 33: hemisfério celeste Sul (boreal) - (face Sul do disco rígido)



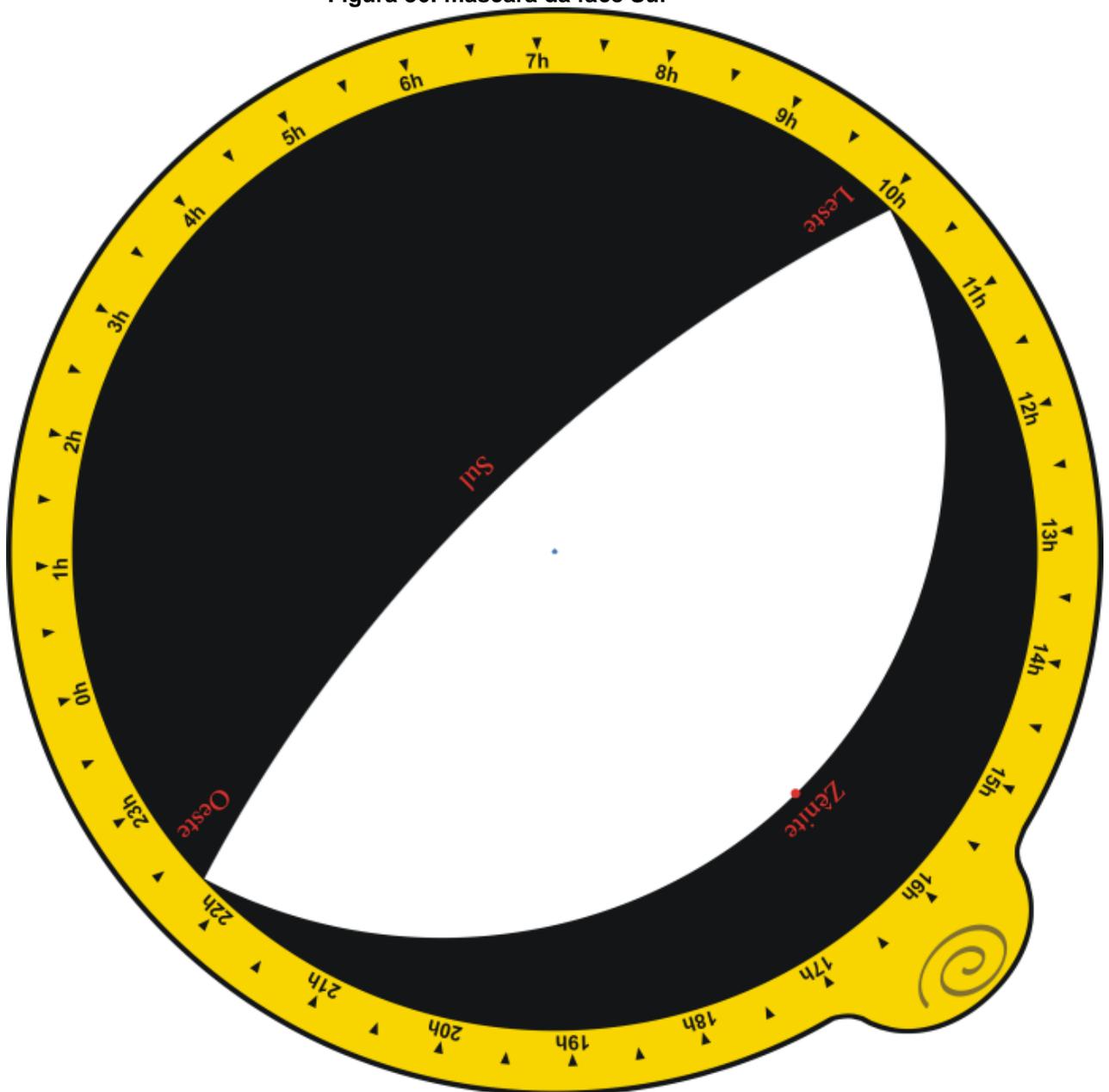
FONTE: DR. CLÁUDIO HENRIQUE DA SILVA TEIXEIRA

Figura 34: linhas das constelações da face Sul



FONTE: DR. CLÁUDIO HENRIQUE DA SILVA TEIXEIRA

Figura 36: máscara da face Sul



FONTE: DR. CLÁUDIO HENRIQUE DA SILVA TEIXEIRA

APÊNDICE B. SEQUÊNCIA DIDÁTICA:**A COMPREENSÃO DO UNIVERSO QUE NOS CERCA A PARTIR DO USO DE PLANISFÉRIO EM SALA DE AULA.****CONTEXTO:**

O desenvolvimento dessa unidade de ensino é composto por aproximadamente 4 encontros, onde cada encontro pode ser computado como duas aulas oferecidas aos alunos do primeiro ano do Ensino Médio.

OBJETIVO:

Desenvolver uma sequência didática capaz de auxiliar a aula do professor sobre o conteúdo Gravitação Universal, onde os métodos empírico e teórico se complementam para buscar a compreensão do aluno do mundo que os cerca.

1º ENCONTRO:

O número de aulas para esse encontro é aproximadamente 2 aulas com o objetivo de levantar o conhecimento prévio dos alunos sobre o céu que se vê, como eles entendem o céu noturno e diurno e qual a relação que eles fazem entre essas observações cotidianas e os conhecimentos que possuem até este momento.

Será entregue individualmente aos alunos um questionário com as perguntas listadas abaixo para ser respondidas e entregues na mesma aula.

1. O que você vê no céu?
2. Como localizar os pontos cardeais usando o céu estrelado?
3. Como você entende do movimento das estrelas?
4. Como você entende do movimento dos planetas?
5. Como será o céu visto de outros lugares da Terra, é o mesmo daqui?
6. Ao se observar os corpos no céu quais os corpos celestes que você vê?
Você diferencia os corpos celestes?
7. Por que existem as fases lunares? Como você entende as fases da Lua?

8. Outros planetas poderiam ter fases também?
9. O céu gira ou é a Terra? Como você vê?
10. O que você já viu que não aparece agora? Por quê?

2° ENCONTRO

Este encontro será composto de aproximadamente duas aulas, em que a primeira parte tem o objetivo de introduzir o tema Astronomia a partir da apresentação do céu estrelado por meio de recurso multimídia e do *software Stellarium*. O encontro objetiva permitir que aluno se familiarize com esta área de conhecimento e comece a relacionar o céu que se vê no mundo natural com os conhecimentos teóricos referidos no *Stellarium*.

Na segunda aula deste encontro é feita uma abordagem de alguns objetos celestes visíveis no céu, definidos a partir de bibliografia indicada. O professor fica livre para apresentar algumas figuras para ilustrar tais objetos e o *software Stellarium* é usado como representação em projeção multimídia do céu observado pelos estudantes.

Estrelas – a estrela é diferenciada dos outros corpos por produzir grandes reações químicas que geram energia e emitem uma luz cintilante (MOURÃO, 1995).

Planetas – A União Astronômica Internacional, em sua Assembleia Geral de 24 de agosto de 2006, aprovou a resolução segundo a qual um planeta é um corpo celeste que está em órbita ao redor do Sol, cuja forma é determinada pelo equilíbrio hidrostático (arredondada) resultante de que sua força de gravidade supera as forças de coesão dos materiais que o constituem. Pode ser considerado um objeto de dimensão predominante entre os objetos que se encontram em órbitas vizinhas.

Satélites – de maneira simplificada, satélite é um objeto que gira em torno de um determinado planeta dentro de uma trajetória elíptica conhecida como órbita (MOURÃO, 1995).

Asteroides – O termo "asteroide" deriva do grego *astér*, estrela, e *oide*, sufixo que denota semelhança. Um asteroide não tem forma definida e é composto de

rocha e metal que giram, em sua grande maioria, em órbitas em torno do Sol (MOURÃO, 1995).

Cometas – A grande característica dos cometas é que ao se aproximarem do Sol começam a se desintegrar lentamente devido ao calor, produzindo uma calda que é composta de gelo, poeira e gases. Nem sempre são visíveis a olho nu. O cometa possui uma trajetória elíptica excêntrica (muito longa) ao redor do Sol (MOURÃO, 1995).

Nebulosas – São gigantescas massas de gás interestelar (basicamente hidrogênio) que dão origem às estrelas a partir de sua concentração gravitacional (MOURÃO, 1995).

No final desse encontro voltaremos às perguntas de número 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 para que a turma responda em conjunto.

3° ENCONTRO:

O número de aulas para esse encontro é de 2 aulas, onde o aluno montará seu próprio planisfério a partir das partes máscara, mapa das estrelas, linhas das constelações e o desenho das constelações, disponibilizadas pelo professor. Todo esse material é retirado do *software Stellarium*. Após a montagem, o professor explicará como se posiciona o planisfério que é um produto diferenciado já que é um planisfério Austral, contendo somente uma direção Sul 20°, que objetiva a facilitar na observação do céu.

Os corpos celestes que os alunos foram orientados para a observar foram:

Acrux – Outros nomes: Alpha Crucis; Alfa do Cruzeiro; Estrela de Magalhães; Lúcida. Estrela do “pé” do Cruzeiro do Sul está situada a 297 anos-luz da Terra, constituindo uma estrela dupla visual. Suas componentes são azuladas, de espectro B1 e magnitudes 1,6 e 7,1, apresentando-se como uma única estrela de magnitude 0,2. Ambas as componentes desse sistema constituem por sua vez uma estrela dupla espectroscópica. Na realidade Acrux é um sistema quádruplo. Seu nome é uma justaposição da letra A com o nome latino *crux*. É também conhecida pela denominação de Estrela de Magalhães, em

homenagem ao navegador português Fernão de Magalhães (1440-1521), que realizou a primeira viagem de circunavegação (MOURÃO, 1995).

Mimosa – Outros nomes: Beta Crucis; Beta do Cruzeiro; Becrux. Estrela azulada, situada a 489 anos-luz. Possui brilho aparente de 1,5 e magnitude absoluta de -4,5, classe espectral B1 (MOURÃO, 1995).

Rigel Kentaurus – Outros nomes: Toliman (Tolimã); Alpha Centauri; Alfa do Centauro; Rigel Centauro; Rigel Kent; Tolimann. Sistema estelar triplo, situado a 4,3 anos-luz. A duplicidade dessa estrela foi descoberta pelo astrônomo Richaud, em dezembro de 1689, em Pondicherry, Índia. A estrela principal de magnitude 0,3, coloração amarela e espectro G4 possui uma companheira de magnitude 1,7, coloração alaranjada e espectro G0. As duas estrelas são análogas ao Sol em relação à massa e à dimensão. O período de revolução desse sistema é de 80 anos. A terceira companheira desse sistema é Próxima Centauri (q.v.) descoberta, em 1916, pelo astrônomo escocês Robert T.A. Innes (1861- 1933). O nome Rigel Kentaurus, de origem árabe, significa “o pé do centauro” (MOURÃO, 1995).

Hadar – O nome tradicional de origem árabe, que significa “planície”, foi empregado para denominar as estrelas Alfa e Beta do Centauro e, atualmente, é usado para designar a estrela Agena (MOURÃO, 1995).

Atria – Outros nomes: Alpha Trianguli Australis; Alfa do Triângulo Austral. A mais brilhante estrela da constelação de *Triangulum Australe* (Triângulo Austral), com magnitude visual de 1,88 e magnitude absoluta de -0,5. Seu tipo espectral K5 é responsável pela sua coloração alaranjada e indica temperatura de aproximadamente 4.500°K. Sua distância é de 99 anos-luz. Seu nome é formado pela associação da letra A com a abreviatura do nome da constelação (MOURÃO, 1995).

Antares – Outros nomes: Alpha Scorpii; Alfa do Escorpião. Estrela supergigante vermelha (tipo espectral M1), de diâmetro 300 vezes maior que o nosso Sol e temperatura superficial da ordem de 3.500° Kelvin. É uma estrela

dupla visual. A sua companheira, duas vezes maior que o Sol, parece girar no hidrogênio que constitui a atmosfera da estrela principal desse sistema binário. Antares se encontra a 365 anos-luz. Seu nome, de origem latina, significa “rival de Marte”, simulando a rivalidade dos dois objetos mais avermelhados do céu. Também é o nome dado ao módulo lunar da Apollo 14 (MOURÃO, 1995).

Spica → Outros nomes: Espiga, Alpha Virginis, Alfa da Virgem. Nome tradicional da estrela Alfa da Virgem, cuja denominação científica é *Alpha Virginis*. Spica é uma estrela de magnitude visual 1,2 e está situada a 220 anos-luz, sendo uma estrela dupla espectroscópica. Sua companheira invisível foi constatada por intermédio do deslocamento das raias no seu espectro. O seu período é de quatro anos. O seu companheiro invisível é Azimech - sinônimo árabe de Spica, que significa “a elevada” (MOURÃO, 1995).

No sentido de facilitar a observação dos corpos celestes da 2ª aula desse tópico, o professor utiliza uma projeção do céu da noite do encontro em um projetor utilizando o *software Stellarium*, para que os alunos tentem localizar algumas estrelas desse céu. Os alunos devem encontrar as estrelas Acrux, Mimosa, Hadar, Rigil Kentaurus, Atria, Antares e Spica. A estrela Atria não se encontra com o nome escrito no planisfério, porém sua luminosidade e proximidade da constelação do Cruzeiro do Sul a torna de fácil localização.

4º ENCONTRO:

Este encontro deve ter número aproximado de 4 aulas, onde os conceitos serão repassados através de aulas expositivas, obedecendo a ordem cronológica das descobertas que se referem à Gravitação Universal. Na primeira aula será discutido os sistemas solares geocêntrico e o heliocêntrico, dando base para as primeiras definições das Leis de Kepler. A primeira aula é iniciada retomando a questão se é a Terra que gira em torno do Sol ou se é o Sol que gira em torno da Terra, segundo o que os alunos observam - e não o que eles sabem, questionamento ao qual se segue outros questionamento de observações sobre os movimentos dos corpos celestes.

5° ENCONTRO:

Esta seção é composta de uma aula onde o aluno irá responder individualmente às mesmas perguntas feitas no tópico de conhecimento prévio do aluno. Contudo, as questões são elaboradas de forma diferente para que na sequência comparemos as respostas obtidas na primeira etapa com as respostas da avaliação final.

As questões da avaliação estão descritas no trecho abaixo:

1. Qual a sua nova visão do céu?
2. Como localizar os pontos cardeais à noite usando o céu estrelado?
3. Qual seria o instrumento que você utiliza para localizar no tempo desejado a posição de uma estrela?
4. Os planetas têm o mesmo movimento das estrelas?
5. O céu dos EUA é o mesmo do Brasil?
6. Você consegue diferenciar a olho nú a estrela Antares da constelação de escorpião do planeta júpiter? Qual seria essa diferença?
7. Quando Galileu utilizou o telescópio para as primeiras observações astronômicas ele identificou as fases de Vênus e quanto você observou júpiter através do telescópio conseguiu identificar suas fases? Justifique sua resposta.
8. Quais os fatores que levaram a quebra do conceito geocêntrico?
9. Algumas estrelas que você vê hoje podem já estar mortas. Como você explica esse fato?