

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
EXATAS**

**RICARDO MELONI MARTINS ROSADO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MATERIAL PARADIDÁTICO  
PARA O ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO A ASTRONOMIA  
COMO TEMA MOTIVADOR**

**SÃO CARLOS  
2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
EXATAS**

**RICARDO MELONI MARTINS ROSADO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MATERIAL PARADIDÁTICO  
PARA O ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO A ASTRONOMIA  
COMO TEMA MOTIVADOR**

**Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Exatas da Universidade Federal de São  
Carlos, para obtenção do título de  
Mestre em Ensino de Ciências Exatas.**

*Orientador: Prof. Dr. Adilson Jesus  
Aparecido de Oliveira*

**SÃO CARLOS  
2012**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

R788dm

Rosado, Ricardo Meloni Martins.

Desenvolvimento de um material paradidático para o ensino de física utilizando a astronomia como tema motivador / Ricardo Meloni Martins Rosado. -- São Carlos : UFSCar, 2013.  
72 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Física - estudo e ensino. 2. Física - ensino. 3. Astronomia - ensino -. 4. Motivação na educação. I. Título.

CDD: 530.07 (20ª)

## Banca Examinadora:



---

**Prof. Dr. Adilson Jesus Aparecido de Oliveira (orientador)**  
**DF – UFSCar**



---

**Prof. Dr. Valter Luiz Líbero**  
**IFSC - USP**



---

**Prof. Dr. Paulo Sérgio Bretones**  
**DME - UFSCar**

*“Derrubar ídolos, isso sim já faz parte do meu ofício!”*

*(Friedrich Nietzsche)*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais por toda a oportunidade que me deram. Sem eles, não seria quem eu sou nem estaria onde eu estou.

Em segundo lugar, agradeço à UFSCar pela oportunidade: ao coordenador prof. Dr. Nelson Studart, ao meu orientador, prof. Dr. Adilson Jesus Aparecido de Oliveira e aos meus colegas de turma: Cleidson Santiago, Daniela Barsotti, Ernani dos Santos, Felipe Moron, Márcia Balkins, Márcio Miranda, Mário André Albuquerque, Riama Coelho Gouveia e Rodrigo Machado Pereira.

Agradeço também aos professores da Unifei, pela minha formação e pelas portas que me foram abertas graças a eles. Merece um agradecimento especial o prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho, o primeiro idealizador deste projeto, pelo apoio e pela paciência.

Agradeço ainda aos colegas de trabalho atuais ou do passado, em especial: Adilson Salinas Pires, José Francisco Marucci, Otoniel Rabelo Filho, Job dos Reis, Riama Coelho Gouveia (novamente), Olavo Henrique Menin, Keila Angélica Peron, Carlos Terra, Amanda Vieira, Reinaldo Tronto, entre outros que me auxiliaram de alguma maneira neste mestrado, quer seja fornecendo material de apoio, quer seja me apoiando em momentos de dificuldades ou simplesmente servindo de inspiração para continuar na minha profissão.

Um agradecimento a todos os alunos da EE Prof<sup>a</sup> Joceny Villela Curado e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *campus* Sertãozinho que me motivaram a seguir em frente apesar de todas as dificuldades, em especial: Marcela Nunes dos Santos, Patrícia Oliveira e Lucas Barbaroto Arruda.

E um agradecimento aos amigos e ex-colegas de escola ou de faculdade Felipe Oliveira Magro, Henrique Oliveira, Guilherme Teti, Marcelo Lima Masson, Rafael Sannino Marcondes, Samuel Bozzi Baco, Aline Tiara Mota, Paula Braga pelos bons momentos que tive ao lado de todos.

Um agradecimento especial a Carla Ribeiro pelos bons momentos, pela companhia, pela atenção, pelo carinho, enfim, por tudo o que aprendi ao seu lado. É muito bom ter a sua companhia!

## Resumo

Este trabalho relata o desenvolvimento e aplicação de um material paradidático voltado para o Ensino de Física utilizando a Astronomia como tema motivador.

Para atingir tal objetivo, montou-se um curso de extensão para ensinar conceitos físicos, em especial, da área de Mecânica a partir da Astronomia para estudantes de Ensino Médio e Superior na modalidade Licenciatura.

O material abordou conceitos de Referenciais, Campo Gravitacional, Leis de Kepler, Leis de Newton, Evolução dos Modelos de Concepção do Universo, Centro de Massa, entre outros.

São apresentados neste trabalho os resultados da aplicação deste material, assim como as possibilidades e dificuldades de se ensinar os conceitos acima mencionados a partir deste. Encontram-se em anexo o material completo, questionários e atividades desenvolvidas pelos estudantes.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Ensino de Astronomia. Materiais Didáticos.

## **Abstract**

This work relates the development and application of a teaching aid Physics material using Astronomy as a motivating theme.

To achieve such goal, an extension course was set to teach physical concepts, especially those in the field of Mechanics, from Astronomy to high school and graduation students.

The material covers such concepts as Referential, Gravitational Field, Kepler Laws, Newton Laws, Evolution of Universe Conception Models, Mass Centre and others.

At the end, some results about the application of this material are shown, as well as the possibilities and difficulties found by its application. The whole material and its questionnaires and activities made by students are presented in the annex.

**Keywords:** Physics Teaching. Astronomy Teaching. Didactic Materials.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Pirâmide hierárquica das necessidades segundo Maslow.....	5
Figura 02 – Janela de animação do software Winstars.....	30
Figura 03 – Distribuição dos alunos por curso e período.....	43
Figura 04 – Distribuição dos alunos por idade.....	43
Figura 05 – Distribuição dos alunos por sexo.....	44
Figura 06 – Ilustração feita por alunos para explicar as fases de Vênus.....	57
Figura 07 – Tópicos preferidos dos alunos.....	60

## SUMÁRIO

Resumo .....	v
Abstract .....	vi
Introdução.....	9
Capítulo 1 - A Astronomia pode ser um tema motivador para os estudantes aprenderem conteúdos de Física? .....	4
Capítulo 2 - Exemplos de trabalhos que já utilizaram a Astronomia como tema motivador.....	10
Capítulo 3 - Materiais didáticos editados por Secretarias Estaduais de Educação que procuraram incluir a Astronomia ao currículo de Física.....	13
Capítulo 4 - Relatos das aulas ministradas .....	18
Capítulo 5 - Análise de dados relativos à avaliação do curso.....	39
Capítulo 6 - Considerações Finais: .....	65
REFERÊNCIAS: .....	67
ANEXOS.....	I
ANEXO A: MATERIAL UTILIZADO AO LONGO DO CURSO .....	II
ANEXO B: CRONOGRAMA INICIAL DO CURSO .....	XLVII
ANEXO C: QUESTIONÁRIOS E ATIVIDADES APLICADAS AO LONGO DO CURSO .....	XLIX
ANEXO D: ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELOS ALUNOS DE LICENCIATURA EM QUÍMICA.....	LVII

## **Introdução:**

Nos últimos anos, muitos trabalhos foram desenvolvidos no sentido de rever o ensino da Astronomia tanto no Ensino Fundamental II (EFII) quanto no Ensino Médio (EM). A razão disto é fácil de perceber: não há espaço suficiente na grade curricular dedicado a este assunto, que normalmente se encontra mesclado entre as disciplinas de Ciências e Geografia. Uma pesquisa conduzida por Leite e Hosoume (2005, p. 2) revelou que há pouquíssimos conteúdos de Astronomia nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental e que estes conteúdos normalmente estão restritos ao volume dedicado ao 6º ano (antiga 5ª série).

No Ensino Médio, a situação não é melhor. Os conceitos de Astronomia vistos nesta etapa restringem-se normalmente às Leis de Kepler e à Gravitação Universal, o que não exige mais do que um bimestre de aulas durante três anos. Eventualmente algumas propostas apresentam temas como a origem do universo, Big-Bang entre outros, mas são raros os livros didáticos que aprofundam os conceitos relacionados à Astronomia ou à Astrofísica.

Até 1998, não havia nenhum documento que norteasse o currículo das escolas, as quais normalmente se orientavam pelos próprios livros didáticos ou exames de ingresso para o Ensino Superior. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), aprovados neste ano, e suas Orientações Educacionais Complementares (PCN+), aprovadas quatro anos depois, procuraram finalmente orientar o currículo das escolas.

No caso da Astronomia, os PCN – EFII (componente curricular Ciências) propuseram a divisão do conteúdo em quatro temas estruturadores que deveriam ser trabalhados ao longo dos quatro anos desta etapa. Entre eles, o tema mais dedicado à área de Astronomia é denominado “Terra e Universo”. Esta proposta fez com que o ensino de Astronomia deixasse de ficar restrito ao 6º ano (5ª série no documento original) e passasse a integrar os quatro anos do EFII. Para o Ensino Médio, as PCN+ (componente curricular Física)

propuseram a divisão do conteúdo em seis temas estruturadores, que deveriam ser desenvolvidos um a cada semestre do EM. Entre eles, o que mais se encaixa no conteúdo de Astronomia é o tema “Universo, Terra e Vida”. Com isso, a Astronomia passou a ganhar uma atenção maior do que a proposta pelos livros didáticos tradicionais.

Uma vez aprovados os PCN e as PCN+, muitas secretarias estaduais de educação passaram a elaborar suas próprias propostas curriculares, algumas buscando adequar-se ao máximo a estes dois documentos, outras com um pouco mais de flexibilidade.

Nesta dissertação, são analisadas duas propostas curriculares diferentes: a do Estado de São Paulo, mais rígida em sua interpretação dos documentos curriculares, e a do Estado do Paraná, um pouco mais livre na construção da sua sequência didática. Expõe-se o que cada proposta é capaz de atingir com sua interpretação e quais são as vantagens e desvantagens de cada abordagem.

Desenvolveu-se ainda neste trabalho uma proposta (e junto com ela foi montado um curso para alunos de Ensino Médio e Superior) na qual o ensino de Astronomia ocorre junto com o ensino tradicional de Física, buscando adequar-se aos documentos curriculares, porém com uma sequência didática própria. A proposta é de que a Astronomia sirva como um tema motivador para o ensino de Física. No estudo apresentado, será mostrado um exemplo de sequência didática na qual conteúdos de Mecânica como Referenciais, Leis de Newton, Movimentos Circulares e Conservação da Energia e da Quantidade de Movimento são apresentados em conjunto com conteúdos de Astronomia.

Por que este trabalho focou-se em conteúdos de Mecânica, visto que a Astronomia está presente também em conteúdos de Termodinâmica, Óptica, Eletromagnetismo ou mesmo Física Moderna? Porque, além de ser a área tomada pela maior parte dos livros e propostas curriculares como base para as outras áreas, é a área onde se observa mais mudanças desde as propostas tradicionais até as mais recentes. Ou seja, há um grande consenso de que o currículo de Física no Ensino Médio precisa ser revisto, porém a Mecânica

continua sendo vista pela maior parte dos autores como base para quase todos os outros conteúdos.

Essa dissertação está dividida nos seguintes capítulos: no capítulo 1 questiona-se a possibilidade de se ensinar Física utilizando a Astronomia como um tema motivador. Neste capítulo, são apresentados alguns referenciais teóricos da Psicologia Organizacional que contribuem para a sustentação desta hipótese. Os capítulos 2 e 3 apresentam, respectivamente, trabalhos de pesquisa e propostas curriculares que buscaram inserir a Astronomia ao currículo de Ciências ou de Física de forma mais profunda. O capítulo 4 relata aula por aula como se deu a aplicação do curso proposto e o capítulo 5 avalia o curso a partir de documentos entregues pelos próprios alunos. Por último são apresentadas as considerações finais e referências. Em anexo, encontram-se o material desenvolvido durante o curso que serviu como referência para os alunos, o cronograma e as atividades aplicadas, incluindo as desenvolvidas pelos próprios alunos.

## Capítulo 1

### **A Astronomia pode ser um tema motivador para os estudantes aprenderem conteúdos de Física?**

O desafio de motivar estudantes a aprender conteúdos de Física não é tarefa fácil para nenhum professor em qualquer nível de ensino. Em particular a própria definição do que é motivação ou o que motiva alguém a estudar determinado tema é um desafio.

Motivação é um tema frequentemente estudado pelas Ciências Administrativas, pela Educação ou pelas Teorias de Ensino e Aprendizagem dentro de um campo conhecido como Psicologia Organizacional. Esta área de estudo conta com Abraham Maslow como um de seus precursores e principais representantes. Maslow divide as necessidades do ser humano em cinco categorias (ROBBINS, 2005, p. 133):

I – *Fisiológica*: inclui as necessidades básicas como fome, sede, abrigo etc;

II – *Segurança*: inclui proteção contra danos físicos e emocionais;

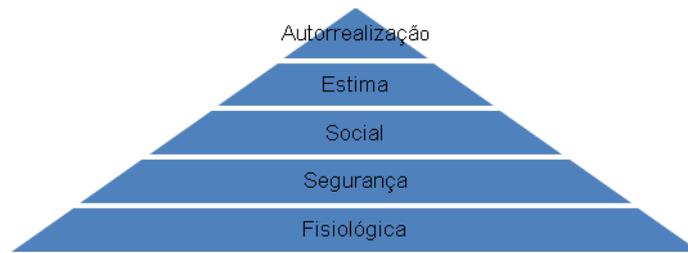
III – *Social*: inclui afeição, aceitação e a sensação de pertencer a um grupo;

IV – *Estima*: inclui respeito próprio, realização, autonomia e reconhecimento;

V – *Autorrealização*: inclui crescimento, alcance do próprio potencial e autodesenvolvimento.

Maslow dispõe estas categorias na forma de uma pirâmide, de forma que as categorias mais acima representam necessidades de mais alto nível, enquanto as demais representam necessidades de baixo nível. A principal diferença entre as necessidades de alto e de baixo nível é de onde parte o estímulo: enquanto as necessidades de baixo nível são satisfeitas principalmente por fatores externos, as de alto nível são satisfeitas internamente:

Figura 01 – Pirâmide hierárquica das necessidades segundo Maslow



(ROBBINS, 2005, p.133-134)

Para Maslow, esta pirâmide deve ser percorrida de baixo para cima. Ou seja, para satisfazer suas necessidades de autorrealização, o indivíduo deve primeiro satisfazer suas necessidades fisiológicas, depois as de segurança e assim por diante até chegar ao topo da pirâmide.

Outro teórico do campo da Psicologia Organizacional é Douglas McGregor, conhecido por duas teorias conhecidas como “Teoria X” e “Teoria Y”. A teoria X parte do pressuposto de que as necessidades de baixo nível dominam o indivíduo, de forma que ele deve ser constantemente reprimido e ameaçado de punições, caso contrário não cumprirá com suas obrigações (ROBBINS, 2005, p. 133-134). No ambiente corporativo, isto poderia ser traduzido da seguinte maneira: para fazer um funcionário trabalhar, é necessário ameaçá-lo com demissões e reduções de salário; caso contrário, ele irá se acomodar e não fará nada além do mínimo que lhe é exigido.

Já a teoria Y parte do pressuposto contrário: de que são as necessidades de alto nível que dominam o indivíduo, ou seja, de que o indivíduo tem uma necessidade de autorrealização muito grande e é isto o que o motiva a crescer perante os indivíduos ao seu redor (ROBBINS, 2005, p. 133-134). No exemplo anterior do ambiente corporativo, o mesmo funcionário, que precisa de ameaças segundo a teoria X, necessita de estímulos como promoções de cargo e aumentos de salário para se sentir motivado a crescer dentro da empresa segundo a teoria Y.

Estes dois exemplos do ambiente corporativo podem ser transpostos ao ambiente escolar: o estudante é constantemente ameaçado com notas baixas e possibilidade de retenção quando não atinge o resultado esperado (teoria X).

No entanto, é frequentemente premiado com notas altas e promoção para a série seguinte (e em alguns casos, até mesmo bolsas de estudo e de iniciação científica) quando atinge bons resultados (teoria Y). Evidentemente não é apenas a teoria X nem apenas a teoria Y que governa o comportamento do funcionário ou do estudante. Estas duas teorias coexistem segundo a teoria de McGregor.

Por fim, tem-se uma teoria mais contemporânea conhecida como “Teoria ERG”, cujo nome vem da sigla em inglês “Existence, Relatedness and Growth” (Existência, Relacionamento e Crescimento). Esta teoria é uma versão mais moderna da teoria de Maslow, onde as necessidades fisiológicas e de segurança são agrupadas em uma categoria de “necessidades de existência. Já a necessidade social é vista como uma necessidade de relacionamento e, por último, as duas últimas categorias das necessidades de Maslow são agrupadas como “necessidades de crescimento” (ROBBINS, 2005, p. 136-137).

Porém, ao contrário do que possa parecer à primeira vista, a Teoria ERG não é diferente da de Maslow apenas por agrupar as cinco categorias iniciais em apenas três. Diferentemente da teoria de Maslow, a Teoria ERG prevê que estas três categorias – existência, relacionamento e crescimento – coexistem e que o indivíduo não precisa necessariamente passar por uma categoria anterior para atingir suas necessidades de crescimento. Esta teoria valoriza mais os aspectos individuais de cada um, bem como a diferença entre as diversas culturas e como isto afeta no “peso” que cada indivíduo dá a cada uma destas categorias de necessidades.

No caso da Educação, podemos interpretar isto da seguinte maneira: o currículo escolar é visto como um instrumento para que o indivíduo atenda às demandas do mercado de trabalho. Desta forma, os conteúdos de qualquer disciplina são selecionados buscando sempre suprir as necessidades profissionais que o indivíduo possa encontrar.

É frequente um professor selecionar um problema específico da Física (tomemos Estática de Forças como exemplo) e mostrar como este problema se aplica em uma área de trabalho (Engenharia Civil, por exemplo), porque ele sabe que esta é uma das carreiras profissionais que o estudante pode

escolher. Alguns livros de Ensino Médio inclusive propõem-se a fazer uma ponte entre conteúdo ensinado e mercado de trabalho para motivar o aluno de maneira similar, como é o caso de Máximo e Alvarenga (2005), mas, ainda assim, esta relação é muito sutil, pois é feita exclusivamente com carreiras profissionais que exigem Ensino Superior e, obviamente, o livro didático de Ensino Médio não será etapa final para a formação para estas carreiras (além de reforçar a falsa impressão de que o conteúdo de Física ensinado no Ensino Médio serve apenas para ingressar e, em apenas alguns casos, dar continuidade no Ensino Superior).

Como há também uma grande corrente de autores<sup>1</sup> que defende não apenas a preparação para o mercado de trabalho e o acesso ao Ensino Superior como justificativas para o Ensino Médio e estes têm na LDB a justificativa para a sua argumentação<sup>2</sup>, é provável também que o professor escolha como exemplo uma aplicação cotidiana, visto que as pessoas têm aspirações profissionais diferentes e pode ser que alguém queira seguir uma carreira profissional que não demande tantos conhecimentos de Física. Uma pessoa precisa de conhecimentos de Eletricidade, por exemplo, mesmo que esta pessoa não queira se tornar um Engenheiro Eletricista ou um Físico. Afinal, ela provavelmente terá equipamentos elétricos em sua casa e a Física pode ajudá-la a administrá-los de maneira mais segura, econômica e sustentável para o planeta.

Percebe-se que, em ambos os casos, há uma grande tendência em motivar o aprendizado de Física sempre pelas necessidades de mais baixo nível segundo Maslow (ou pelas necessidades de existência segundo a teoria ERG).

---

1 Ver Menezes (1996), por exemplo.

2 LDB Art. 35º: O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (Brasil, 1996, p. 13-14)

Ou seja, motiva-se o estudante sempre com a justificativa de que ele vive em sociedade, ele precisa de dinheiro e ele precisa de uma profissão e a Física pode ser útil para esta profissão ou, se não for, no mínimo o ajudará a obter a profissão de seu desejo, pois este conhecimento será cobrado mais para frente. Sob esta perspectiva, fica quase impossível justificar o ensino de Física em uma escola na qual o Ensino Médio seja visto como uma etapa terminal nos estudos para a maioria dos alunos, e não é de se estranhar que justamente nestas escolas o interesse por esta disciplina seja tão pequeno.

Cabe-se perguntar: por que apenas as necessidades de baixo nível são exploradas? É possível utilizar a Física como um argumento para o crescimento e autorrealização do indivíduo, por exemplo? Como isto seria possível?

Geralmente esta hipótese é deixada simplesmente como uma expectativa: se o indivíduo apresentar um “gosto natural” pela disciplina de Física, isto facilita muito o trabalho do professor, mas, se ele não apresentar, não há nada que se possa fazer. E infelizmente, a experiência do professor revela que a maioria dos indivíduos não apresenta este “gosto”. Logo, a solução é apelar para as necessidades de baixo nível mesmo, pois não há outra forma de motivá-los.

O grande equívoco deste pensamento é esperar que o indivíduo naturalmente se autorrealize com um currículo moldado justamente para atender as necessidades econômicas de uma sociedade. O mais natural é que este currículo motive o indivíduo apenas pelas suas necessidades econômicas mesmo. É apenas uma coincidência que haja indivíduos pertencentes a outro grupo.

E como construir um currículo mais voltado para a autorrealização do indivíduo do que para as suas necessidades econômicas? E o mais difícil: como montar este currículo sem deixar de atender às necessidades da sociedade, pois estas continuarão existindo?

Nesta proposta de material paradidático se toma como hipótese que a Astronomia tem a capacidade de tornar o currículo mais motivador, e se utilizará de trabalhos previamente realizados para defender esta hipótese. O

material desenvolvido em paralelo com a pesquisa propõe uma forma de inserir estes conteúdos sem abrir mão da qualidade de ensino, que é uma das exigências da sociedade, ou seja, propõe-se trabalhar as necessidades de existência, e crescimento (e pode-se incluir aí a de relacionamento, visto que as duas anteriores naturalmente levam a esta) concomitantemente, justamente como propõe a teoria ERG.

## Capítulo 2

### **Exemplos de trabalhos que já utilizaram a Astronomia como tema motivador:**

Existem diversas propostas de desenvolvimento de conteúdos de Astronomia como tema motivador para o ensino de Física. Um exemplo é o trabalho de Mees (2004). Mees relata a dificuldade em se trabalhar conteúdos de Física na disciplina de Ciências no nono ano (antiga oitava série) do Ensino Fundamental usando materiais didáticos tradicionais e demonstra como a Astronomia pôde ser útil para tornar a conteúdo mais atraente aos alunos. Mees critica a visão dos livros que iniciam o estudo da Física no Ensino Fundamental por meio da Cinemática sob a justificativa de que *este é o conteúdo mais adequado para “preparar” o aluno para o Ensino Médio, não importando se o aluno se encontra preparado ou não para o nível de abstração e de formalismo matemático que este conteúdo exige.* (MEES, 2004, p. 8). Mees escolhe a Astronomia para direcionar o currículo de Ciências do nono ano, pois esta *abre caminho para a interdisciplinaridade e evolução histórica da Ciência, além de dar base para outros tópicos da Física, como luz, calor etc.* (MEES, 2004, p. 83).

Pode-se notar que este autor tem uma visão da Física muito mais voltada para a necessidade de crescimento do aluno, e não simplesmente para a necessidade imediata, que é cumprir os pré-requisitos para a etapa seguinte da Educação (no caso, o Ensino Médio).

Outro trabalho de pesquisa a respeito do caráter motivacional da Astronomia para o Ensino de Física pode ser encontrado em Kemper (2008). Neste trabalho, o autor foca o seu estudo na inserção da Astronomia como motivação para o estudo de Mecânica Clássica, de maneira semelhante ao trabalho aqui apresentado. Para justificar seus objetivos, o autor utiliza-se de textos de Popper, Lakatos e Khun, nos quais os autores criticam a insistência em se ensinar Ciências pela sua sequência histórica em sobreposição a uma visão epistemológica mais adequada. O autor concorda com Mees quando questiona o hábito de se começar o estudo da Física pela Cinemática, na qual *o aluno*

*geralmente é levado a resolver, exaustivamente, listas de exercícios com interpretação de gráficos e problemas nada concretos, enfatizando a abstração e a utilização de fórmulas em situações artificiais distantes da realidade do aluno.* (KEMPER, 2008, p.15).

Kemper defende o início do estudo da Física pela Mecânica por se tratar de uma área mais concreta, mas sugere uma abordagem mais epistemológica na qual a História e a Filosofia da Ciência são os pontos de partida na construção de um diálogo que levará à construção do conhecimento, em oposição à sequência puramente histórica que, segundo o autor, não passa de uma História distorcida que faz com que o aluno acredite que cientistas do presente e do passado trabalhem da mesma maneira.

Na tentativa de atingir a motivação do aluno, o autor utiliza-se de recursos didáticos como vídeos muitas vezes exibidos em canais abertos, além de sondar quais são as principais questões dos alunos referentes à Física e à Astronomia. O autor notou, por exemplo, que muitos alunos traziam consigo dúvidas a respeito da ida do homem à Lua. Grande parte destas dúvidas surge por causa de argumentos mal estruturados (mas suficientemente convincentes para uma pessoa mal informada) que circulam pela internet e, às vezes, até mesmo em revistas. Muitas vezes, um aluno que nem mesmo acha a Física uma matéria interessante pode ter uma dúvida deste tipo e se sentir motivado a aprender mais sobre o assunto.

Por último, o trabalho de Schmitt (2005) apresenta um curso que trouxe a Astronomia como tema motivacional para o estudo de Radiações Eletromagnéticas no Ensino Médio. O autor justifica o uso da Astronomia como tema motivacional com conceitos de David Ausubel sobre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa. Como o autor mesmo demonstra, muitos conceitos de Física são aprendidos de forma mecânica, ou seja, o conceito físico não é realmente compreendido; apenas a mecânica de resolução daquele tipo de exercício foi memorizada, o que não significa que o aluno esteja preparado para enfrentar uma situação problema envolvendo aquele conceito (SCHMITT, 2005, p. 20-21).

O mais interessante deste trabalho foi utilizar a Astronomia para ensinar conceitos que muitas vezes não são vistos no Ensino Médio, como Efeito Fotoelétrico, Lei de Planck, Lei de Wien, Lei de Stefan-Boltzmann, Espectroscopia etc. Percebe-se através deste trabalho que a Astronomia não apenas motiva, mas facilita a inserção de tópicos em geral considerados demasiado complexos para o Ensino Médio.

### **Capítulo 3**

#### **Materiais didáticos editados por Secretarias Estaduais de Educação que procuraram incluir a Astronomia ao currículo de Física:**

Este item tratará de alguns materiais didáticos financiados por iniciativas estaduais e utilizados em escolas públicas dos seus respectivos estados, em especial os materiais adotados pelo Governo do Estado do Paraná e pelo Governo do Estado de São Paulo, pelo destaque que merecem na maneira como incluíram a Astronomia em seus materiais.

#### **Material Didático do Governo do Estado do Paraná:**

Em 2006, a Secretaria do Estado da Educação (SEED) do Governo do Estado do Paraná financiou livros didáticos de apoio para todas as disciplinas do Ensino Fundamental e Médio. O material de Física<sup>3</sup> é dividido em temas estruturadores, de maneira semelhante à proposta pelas PCN+. Os três primeiros capítulos, dedicados ao tema estruturador “Movimentos”, abordam quase todo o conceito de movimento a partir de tópicos da Astronomia.

O primeiro capítulo aborda História da Astronomia, leis de Kepler e Gravitação Universal, terminando com uma discussão sobre a diferença entre massa inercial e massa gravitacional (que acaba introduzindo a segunda lei de Newton) e um debate sobre buracos negros. Já o segundo capítulo introduz as três leis de Newton com uma abordagem mais formal. Desta vez, os autores abordam como Isaac Newton desenvolveu seu raciocínio para apresentar sua segunda lei no *Principia*, em vez de simplesmente enunciá-la, como fizeram no primeiro capítulo, e introduzem as duas outras leis de forma contínua. Não há subtítulos no capítulo. Uma lei naturalmente leva a uma discussão que implica no enunciado da lei seguinte. O capítulo encerra com uma discussão a respeito do que é momento e posição que acaba levando ao Princípio da Incerteza de

---

3 O material inteiro é disponibilizado no site da Secretaria do Estado da Educação do Estado do Paraná. Ver Burkarter et al. (2006) para obter mais detalhes.

Heisenberg. O terceiro e último capítulo dedicado à Mecânica aborda conceitos de Cinemática Vetorial, como Lançamento de Projéteis e equações do Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado.

Percebe-se que, neste material, a Astronomia serve como um tema introdutório para grande parte dos tópicos de Mecânica presentes nos livros didáticos de Física. Nota-se uma ausência bastante significativa de um capítulo dedicado a Trabalho, Energia e Potência, assim como capítulos sobre Estática e Mecânica dos Fluidos também estão ausentes. Porém, visto que o material é apenas um material de apoio ao professor, é importante lembrar que os livros didáticos não foram simplesmente substituídos, e sim que uma nova alternativa surgiu para a abordagem destes tópicos.

#### Material Didático do Governo do Estado de São Paulo:

Em 2008, entrou em vigor a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, que contou com a implantação de um material de apoio intitulado Caderno do Aluno no ano seguinte. O material foi estruturado conforme orientado pelas PCN+, contemplando um tema estruturador para cada semestre. O tema “Universo, Terra e Vida”, que é onde se encontra a maioria dos conteúdos voltados à Astronomia, é abordado no segundo semestre do primeiro ano, logo após o tema “Movimentos, Suas Variações e Conservações”.

Diferentemente do material anteriormente citado, o Caderno do Aluno adotado nas escolas estaduais de São Paulo aborda mais direcionados à Astronomia após esgotar praticamente todos os conteúdos de Mecânica. A Proposta Curricular seleciona os seguintes assuntos para o tema estruturador “Movimentos, Suas Variações e Conservações”, abordado durante o primeiro semestre do primeiro ano: Velocidade Média, Variação e Conservação da Quantidade de Movimento Linear, Leis de Newton, Trabalho, Energia Mecânica, Equilíbrio Estático e Equilíbrio Dinâmico<sup>4</sup>.

Como ponto positivo desta proposta em relação à anterior, pode-se citar a inclusão de conceitos de Trabalho e Energia Mecânica, fundamentais para a

---

<sup>4</sup> Ver São Paulo (2008, p. 49-50) para obter detalhamento completo dos conteúdos abordados.

Física, que não estavam presentes no material anteriormente mencionado. Nota-se, no entanto, que a Proposta Curricular do Governo do Estado de São Paulo prioriza elementos de Dinâmica em detrimento da Cinemática, que ficou quase que totalmente limitada ao conceito de Velocidade Média no Caderno do Aluno. Mesmo a definição de Aceleração Média como uma medida da variação da velocidade ao longo do tempo não aparece neste material, que define a Segunda Lei de Newton a partir do conceito de Quantidade de Movimento Linear, de maneira mais próxima à definição proposta por Isaac Newton, porém de mais difícil assimilação pelos estudantes.

Já para o tema Universo, Terra e Vida, desenvolvido durante o segundo semestre do primeiro ano, destacam-se a seguir alguns temas abordados pela Proposta Curricular do Estado de São Paulo:

- Os diferentes elementos que compõem o Universo (planeta, satélite, estrela, galáxia etc.);
- Modelos explicativos da origem e da constituição do Universo segundo diferentes culturas;
- Interação gravitacional;
- Movimentos próximos da superfície terrestre: lançamentos oblíquos e movimentos orbitais;
- Validade das leis da Mecânica nas interações astronômicas;
- Transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica;
- As inter-relações Terra-Lua-Sol;
- Teorias e modelos propostos para origem, evolução e constituição do Universo;
- Evolução estelar;
- Avaliação científica das hipóteses de vida fora da Terra;
- Evolução dos modelos sobre o Universo (matéria, radiação e interações) a partir de aspectos da evolução dos modelos da ciência;
- Especificidades do modelo cosmológico atual (espaço curvo, universo inflacionário, *Big Bang* etc.)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Ver São Paulo (2008, p. 51-52) para detalhamento completo dos conteúdos abordados.

Primeiramente, é digna de nota a quantidade de temas dificilmente abordados em livros didáticos de Ensino Médio, em especial os cinco últimos mencionados. Pode-se considerar isto um ponto positivo do material. No entanto, há muitas críticas em relação à maneira como esta abordagem é feita. Nota-se, por exemplo, que há pouca relação entre os tópicos abordados no primeiro e no segundo semestre. Os tópicos em que esta relação está um pouco mais presente são os destinados à Interação Gravitacional e ao Sistema Solar. Nos demais, praticamente não se vê relação nenhuma. Ou seja, se havia a intenção de utilizar a Mecânica como um pré-requisito para o estudo do tema seguinte, pouco desta intenção foi realmente aproveitado.

Poder-se-ia supor ainda que os autores preferiram colocar a Astronomia como um tema motivador para os temas abordados no segundo e no terceiro ano, que envolvem conceitos de Física Térmica, Ondas, Eletromagnetismo e Física Moderna. Porém, esta relação também não se faz presente nos livros utilizados nas séries seguintes. Ou seja, estes conceitos mais complexos (Buracos Negros, Evolução Estelar etc.) permanecem “soltos” no material. Não se faz estudo muito profundo a respeito destes temas por falta de pré-requisito, mas também não se faz nenhum aproveitamento destes temas para estudos seguintes. Em alguns casos, temas como Relatividade Geral, indispensável para o estudo de Buracos Negros, sequer estão presentes. Cabe então a pergunta: será possível uma aprendizagem significativa a respeito de Buracos Negros e Evolução Estelar sem sua devida conexão com conceitos de Densidade, Termodinâmica e Relatividade?

Outro ponto questionável é a maneira como estes tópicos são abordados no Caderno do Aluno: nota-se um tratamento matemático excessivamente simplificado para os tópicos que este material pretende abordar. Como exemplo, pode-se citar o tema Interação Gravitacional, um tema facilmente encontrado em livros didáticos de Ensino Médio. Enquanto materiais como Gaspar (2011) exploram como calcular o campo gravitacional de um astro e a força de interação gravitacional entre dois corpos, além da relação entre a 3ª Lei de Kepler e a Gravitação, o material elaborado pela SEE de São Paulo apresenta para este tema apenas uma atividade de redação com uma personagem fictícia que, segundo o texto, mora na Lua e percorre grandes

distâncias de bicicleta, sem apresentar nenhum tipo de cálculo para justificar tais diferenças de campo gravitacional e de distância entre os dois astros<sup>6</sup>.

De maneira geral, pode-se notar que, embora a Proposta Curricular do Estado de São Paulo apresente maior consonância com as PCN+, seus conteúdos são abordados de maneira mais compartimentada e com tratamento matemático mais simplificado do que o material promovido pela SEED do Governo do Paraná. Neste material, a Astronomia é vista como um tema que introduz o aluno ao estudo da Mecânica, enquanto naquele, Astronomia e Mecânica são conteúdos vistos separadamente.

Este trabalho pretende mostrar um material alternativo para o Ensino de Física no Ensino Médio e como a Astronomia pode despertar a necessidade de crescimento apontada pelas teorias de Maslow e ERG.

Para a seguinte experiência, montou-se um curso de extensão do qual participaram estudantes de segundos e terceiros anos de Ensino Médio e Superior do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia e utilizou-se a Astronomia como tema motivacional para o estudo de conceitos de Mecânica. É digno de nota que todos os estudantes participantes do curso já haviam cursado pelo menos o primeiro ano do Ensino Médio, ou seja, muitos dos conceitos trabalhados no curso já deveriam estar dominados por estes estudantes.

---

<sup>6</sup> Esta e outras atividades podem ser vistas nos volumes 3 e 4 de São Paulo (2009).

## **Capítulo 4**

### **Relatos das aulas ministradas:**

Buscando a investigação da eficácia da Astronomia enquanto tema motivador para o ensino de Física, planejou-se a criação de um curso de extensão em Astronomia voltado para alunos do Ensino Médio e de um material de apoio escrito destinado aos alunos deste curso.

A primeira tentativa de execução deste projeto deu-se no município de Jundiá (SP) com alunos da Escola Estadual Profª Joceny Villela Curado no segundo semestre de 2009. Estudantes de Ensino Médio nas modalidades diurno e noturno que tivessem algum interesse em aprender um pouco sobre Astronomia foram convidados a participar do curso gratuitamente.

O material foi todo elaborado antes do início do curso. Alguns trechos do material foram aproveitados de um curso realizado com o mesmo objetivo entre 2005 e 2006 no município de Itajubá (MG). Detalhes sobre este curso podem ser encontrados em Mota et al. (2009) e detalhes sobre o material, incluindo a sua receptividade, podem ser encontrados em Mota (2006).

Entretanto, apesar de o curso ter sido bem sucedido, ganhando até uma extensão para o primeiro semestre de 2010, o andamento do curso revelou-se incompatível com o próprio material previamente distribuído aos alunos, culminando inclusive no abandono deste antes do término do curso. Portanto, a avaliação do material logo perdeu seu sentido e o curso acabou servindo mais para responder a curiosidades dos alunos do que para motivá-los para o aprendizado de Física, como era desejado.

Pensando nisso, uma nova edição do curso foi planejada para o ano de 2011 no município de Sertãozinho (SP) com alunos dos cursos técnicos integrados em Química e em Automação Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP – *campus* Sertãozinho). Para esta edição, em vez

de um material completo, foi elaborado apenas um cronograma simples, que previa 12 encontros e pode ser visto no Anexo B:

É importante ressaltar que este cronograma foi apenas um guia e que houve alterações na programação, inclusive no número de aulas, que foi um pouco maior do que o previsto, mas todos os conteúdos que este cronograma se propôs a abordar foram trabalhados.

Para esta edição do curso, não foi distribuído um material pronto com o conteúdo do curso inteiro, como na edição anterior. Os textos utilizados em cada aula eram elaborados na semana anterior e enviados aos alunos por e-mail. Desta forma, sabia-se a partir de qual ponto a próxima aula deveria seguir. Isto contribuiu para que o material se tornasse mais proveitoso e não corresse o risco de ser descartado, como já havia ocorrido.

O curso passou por uma pequena dificuldade quanto ao acerto do horário, que será comentada no próximo capítulo. Após a oficialização do horário para as sextas-féias no período matutino, o curso teve início no dia 06/05/2011.

A seguir, é apresentada uma descrição do curso, aula a aula, incluindo as avaliações nele realizadas:

**1ª aula (06/05/11):** esta aula teve como tema “Referenciais: Estamos Parados ou Não?” A aula começou com estas perguntas: “Nós estamos parados?” “Se não estamos, quem está?” “Faz sentido perguntar simplesmente quem está parado?” Os alunos responderam bem às perguntas. Pelo fato de já terem passado pelo primeiro ano do Ensino Médio, todos já tinham noção de que a pergunta “Estamos parados?” só faz sentido depois que adotamos um referencial. Porém, nem todos tinham muita segurança de que todos os referenciais eram realmente equivalentes. Ninguém sabia explicar, por exemplo, por que dizemos que a Terra gira em torno do Sol, e não o contrário, já que o Sol e a Terra são referenciais equivalentes. Apesar da insistência dos alunos, procurou-se deixar esta pergunta em aberto, pois não havia ainda conceitos suficientes para responder esta pergunta. Para diminuir um pouco a inquietação, comentou-se um pouco as primeiras questões do questionário já

entregue. A aula terminou com o texto sobre referenciais que, assim como todo o material utilizado ao longo do curso, encontra-se no Anexo A.

No dia 13/05/2011, uma semana depois, foi realizada a prova da Olimpíada Nacional de Astronomia e Astronáutica (OBA) no horário destinado à aula. Como os alunos dos cursos técnicos estavam fazendo a prova e os alunos do curso superior estavam ajudando na organização, não houve aula neste dia.

**2ª aula (20/05/2011):** esta aula teve como tema “O Campo Gravitacional”. Procurou-se nesta aula relacionar o valor conhecido pelos alunos da aceleração da gravidade na superfície da Terra (aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$ ), com a Lei da Atração Universal de Isaac Newton. A aula começou com a equação que permite o cálculo do campo gravitacional criado por um corpo de massa  $M$ :

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad (1)$$

Como todos os alunos presentes na sala já haviam estudado Eletrostática, chamou-se a atenção para a semelhança entre esta equação e a equação que permite calcular o campo elétrico criado por uma carga elétrica  $Q$ :

$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad (2)$$

Chamou-se a atenção para o fato de que qualquer corpo dotado de massa cria ao seu redor um campo gravitacional. Ou seja, as pessoas e os objetos ao nosso redor criam ao redor de si um campo gravitacional, mas muitas vezes este campo é imperceptível em virtude de o valor da constante  $G$  ser muito pequeno.

Utilizando a equação do campo gravitacional e uma tabela de dados astronômicos presente em Haliday et al. (2008, p. 330), calculou-se o campo gravitacional na superfície da Terra, que nada mais é do que o valor da aceleração da gravidade conhecido pelos alunos. Entretanto, como a dimensão de aceleração não estava tão evidente neste cálculo, preferiu-se utilizar a unidade  $\text{N/kg}$  em vez de  $\text{m/s}^2$ . Substituindo a massa e o raio médio da Terra nesta equação, encontrou-se:

$$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \cong 9,8 \text{ N/kg} \quad (3)$$

Já a força de atração gravitacional foi definida primeiramente através de uma fórmula bastante conhecida pelos alunos, a da força peso:

$$P = mg \quad (4)$$

Afinal o peso de um objeto nada mais é do que a força de atração gravitacional experimentada por este corpo. Substituindo  $g$  nesta fórmula pela equação que permite calcular o campo gravitacional, obtém-se a conhecida Lei da Atração Universal, de Isaac Newton:

$$F = \frac{GMm}{r^2} \quad (5)$$

A aula terminou com um exercício tirado de Sampaio e Calçada, 2008, p. 180, no qual se calcula a força de atração gravitacional entre uma melancia de massa 5 kg e um melão de massa 2 kg separados por uma distância de 10 cm. O valor encontrado ( $6,67 \times 10^{-8}$  N) revela-se muito pequeno, o que mostra que pode sim haver uma força entre estes dois objetos dada pela Lei da Atração Universal de Isaac Newton, a mesma lei que permite o cálculo da força de atração entre o Sol e a Terra, a Terra e a Lua etc. e, mesmo assim, esta força ser imperceptível aos nossos sentidos.

**3ª aula (27/05/2011):** esta aula teve como tema especificamente “A Força Peso”, já vista na aula anterior, mas com poucos detalhes. Nesta aula, explorou-se basicamente as diferenças que existem entre peso e massa. Embora este conceito seja bastante explorado nos livros didáticos de primeiro ano, a definição de força peso não estava muito bem assimilada pelos alunos. Muitos sabiam que o peso de um corpo era medido em newtons, enquanto a massa era medida em quilogramas, mas poucos entendiam o peso como a força de atração gravitacional entre um corpo e um astro.

**4ª aula (03/06/11):** nesta aula exploraram-se algumas aplicações astronômicas das Leis de Newton. A aula teve como tema “Leis de Newton”. Para exemplificar a Terceira Lei de Newton (Lei da Ação e Reação), utilizou-se a própria força peso, discutida nas aulas anteriores. Mesmo já tendo estudado

este assunto anteriormente, a sala teve grande dificuldade para responder à pergunta “Onde está a reação da força peso?”. Ninguém sabia explicar também como as forças peso e normal podiam ser canceladas em alguns casos se a Terceira Lei de Newton diz que forças de ação e reação nunca se cancelam. O ponto mais interessante desta aula foi notar a dificuldade encontrada pelos alunos em explicar conceitos que se pressupunham entendidos por eles.

Para introduzir a Segunda Lei de Newton, fez-se a seguinte pergunta: “Se a Terra experimenta a mesma força sentida por nós (como havia sido reforçado nesta própria aula), por que vemos os corpos caindo, mas não vemos a Terra subindo?”. Novamente, os alunos encontraram dificuldade para responder à pergunta. Percebendo que a dificuldade persistia, introduziu-se a Segunda Lei de Newton (que não era desconhecida por eles):

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (6)$$

Com esta fórmula em mãos e o valor da massa da Terra encontrado em Halliday et al (2008, p.330), pôde-se mostrar que a mesma força era capaz de acelerar os corpos na superfície da Terra com aceleração de módulo igual a  $g$  (independente da massa do corpo), mas só seria capaz de produzir pequenas acelerações na Terra devido à disparidade dos valores de massa da Terra e do corpo. Com este exemplo, pôde-se mostrar ainda que as unidades N/kg e  $m/s^2$  eram equivalentes para expressar o valor do campo gravitacional. Em seguida fez-se uma associação da segunda lei de Newton com a fórmula do peso. A aula concluiu com a apresentação da Primeira Lei de Newton como um caso particular da Segunda, na qual  $a = 0$ .

**5ª aula (10/06/11):** nesta aula, foram passados cinco exercícios sobre os assuntos estudados como atividade avaliativa. Foi a última aula do semestre.

**6ª aula: (05/08/11):** o segundo semestre iniciou com o tema “Evolução dos Modelos de Concepção do Universo”. Nesta aula, procurou-se apresentar alguns modelos pré-ptolomaicos de concepção do Universo, em especial, da Grécia Antiga. Estes modelos foram baseados em uma descrição tirada de Gleiser (1997), um livro de divulgação científica bastante popular que, apesar de conter muitos erros, como mencionado em Martins (1998a) e Martins

(1998b), foi considerado suficiente e adequado para o escopo da aula. Para uma descrição mais completa a respeito da História da Astronomia Antiga, aconselha-se consultar Dreyer (1953).

Procurou-se deixar bem claro nesta aula a diferença entre um modelo geocêntrico (Terra no centro do Universo) e um modelo heliocêntrico (Sol no centro do Universo). Ressaltou-se que, mesmo na Grécia Antiga, já havia modelos heliocêntricos de concepção do Universo, muito antes de Copérnico, como o modelo de Aristarco. Havia também modelos que misturavam características dos modelos geocêntricos com características dos modelos heliocêntricos como os modelos de Filolau e Heráclides.

Porém, o filósofo que mais recebeu atenção nesta aula foi Aristóteles, devido à influência do seu pensamento nas gerações seguintes. Procurou-se mostrar como, apesar de estranho aos olhos de hoje, o modelo aristotélico de concepção do Universo faz sentido e como os seus argumentos a favor do geocentrismo e do geostatismo (Terra parada) foram suficientes para que os modelos heliocêntricos fossem ignorados por tantos anos.

A aula encerrou com uma descrição do conceito de planeta, desde a origem etimológica da palavra “planeta”, que remonta às observações dos gregos antigos até a definição mais recente dada pela IAU:

*Um planeta é um corpo celestial que:*

*(a) está em órbita ao redor do Sol,*

*(b) tem massa suficiente para que sua auto-gravidade relacionada com as forças de corpo rígido permitam que ele assuma uma forma em equilíbrio hidrostático (forma arredondada) e,*

*(c) tem limpa a sua vizinhança ao longo de sua órbita.*

(INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION, 2012, p.4)

Algumas curiosidades a respeito dos nomes dos planetas como a origem dos nomes dos dias da semana na maioria das línguas latinas também foram mencionadas.

Na aula do dia 12/08/2011, as únicas alunas presentes eram as alunas do Ensino Médio que não puderam comparecer na semana anterior. Como nesta semana, foram os alunos do Ensino Superior que não puderam comparecer, optou-se por repetir a aula da semana anterior em vez de avançar com o conteúdo.

**7ª aula (19/08/2011):** a aula teve como tema “O Modelo Ptolomaico”. Nesta aula, apresentou-se uma figura encontrada em Hawking (1988, p.20), outro famoso livro de Divulgação Científica, que ilustra a concepção de Ptolomeu a respeito do Universo envolvendo a Terra fixa no seu centro, a esfera das estrelas (ou Esfera Celeste) e as esferas dos sete planetas observáveis na época (os cinco planetas visíveis a olho nu e mais o Sol e a Lua, que também eram considerados planetas), já estudados na aula anterior.

Mostrou-se também o conceito de “epiciclo e deferente”, um conceito criado por Apolônio e aperfeiçoado por Ptolomeu para explicar os movimentos de “laçada” no céu dos planetas Marte, Júpiter e Saturno. Este movimento foi abordado com mais detalhes em uma aula posterior no laboratório de Informática.

A aula terminou mostrando-se que, no modelo ptolomaico, não havia limite para a quantidade de epiciclos necessários para explicar o movimento de um determinado planeta, o que causou um estranhamento inicial nos alunos, bastante acostumados com o modelo heliocêntrico e cientes de que um modelo como este já havia sido proposto por Aristarco há dezoito séculos. Neste momento, entrou em ação um dos exemplos de quebra de paradigma proposto por Khun. Thomas Khun aponta que, na época do triunfo do modelo ptolomaico, *não havia razões óbvias para levar a proposta de Aristarco a sério, pois mesmo a versão mais elaborada do modelo de Copérnico (evolução do modelo de Aristarco) não era mais simples nem mais acurada do que o modelo de Ptolomeu* (KHUN, 2009, p. 104). O que levou a comunidade científica a quebrar o paradigma vigente foi a crise proporcionada pelo modelo ptolomaico. Enquanto o modelo ptolomaico não apresentava erros significativos em suas previsões, não havia espaço para uma nova teoria. Foi só com o fracasso do modelo ptolomaico que Copérnico pôde apresentar um modelo heliocêntrico ressurgido da Antiguidade.

**8ª aula (26/08/11):** nesta aula apresentou-se o modelo copernicano de concepção do Universo. Comentou-se que, por ser um modelo anterior às Leis de Kepler, o modelo copernicano também previa a existência de epiciclos, pois Copérnico baseava-se na ideia de que as órbitas dos planetas deveriam ser circulares.

Em seguida, exibiu-se um vídeo da série “Poeira das Estrelas” do físico Marcelo Gleiser, exibido recentemente em um canal aberto, a respeito da convivência entre Tycho Brahe e Johannes Kepler. A revista Física na Escola foi uma importante referência bibliográfica para esta aula, principalmente um artigo com o título cômico de “Entrevista com Tycho Brahe” (MEDEIROS, 2001), onde o autor conta em primeira pessoa, como se fosse uma entrevista real, como Tycho Brahe revolucionou as técnicas de medição existentes na época, mesmo antes da invenção do telescópio. Introduziu-se ainda a primeira lei de Kepler – as demais foram apresentadas em uma aula posterior. Como muitos alunos apresentavam dificuldades com a construção das cônicas, fez-se uma pequena revisão sobre este assunto: quais eram as principais cônicas, como elas eram construídas e como se calculava as suas excentricidades.

As aulas dos dias 09/09/11, 16/09/11 e 23/09/11 foram ministradas no laboratório de Informática do Instituto com o objetivo de introduzir conceitos básicos de Astronomia como Esfera Celeste, coordenadas locais (azimute, distância zenital e elevação), movimentos de “laçada” no céu de planetas mais distantes do Sol que a Terra e as fases de Vênus e de Mercúrio. Embora estas aulas tenham aparentemente se distanciado um pouco da proposta inicial, que era de ensinar conceitos de Física a partir da Astronomia, percebeu-se que, sem estes conceitos, seria muito difícil avançar e fazer um trabalho satisfatório ao mesmo tempo. Além disto, a turma contava com 6 alunos de um curso de Licenciatura em Química, que saíam do Instituto habilitados inclusive a ministrar aulas de Ciências no Ensino Fundamental, onde a Astronomia está presente, e notou-se que alguns alunos não dominavam tão bem alguns conceitos básicos, como pressupunha-se. Logo, esta aparente “quebra” na continuidade do curso foi extremamente necessária e justificável.

**9ª aula (09/09/11):** na primeira destas três aulas, os alunos tiveram seu primeiro contato durante o curso com o software Winstars 2.0, um software gratuito<sup>7</sup>. Ao longo do curso, os alunos ainda seriam apresentados a outros dois softwares sobre Astronomia também gratuitos: o Celestia<sup>8</sup> e o Stellarium<sup>9</sup>. Optou-se iniciar o contato dos alunos com o Winstars devido ao acesso mais fácil de informações como coordenadas locais, horário de “nascimento” e ocaso dos astros, além de um controle sobre a passagem do tempo com mais opções do que os demais. Alguns alunos sentiram-se um pouco intimidados com o fato de este software não possuir versão em português. Apenas as versões em inglês e francês – seu idioma original – encontram-se disponíveis para download, um empecilho que os outros dois softwares mencionados não possuíam. No entanto, preferiu-se utilizar este software e oferecer ajuda com eventuais problemas com a língua estrangeira utilizada (no caso, inglês) do que utilizar algum outro software.

Durante esta aula, abordou-se o conceito de esfera celeste: quais estrelas poder-se-ia ver na localização em que os alunos estavam, quais eram circumpolares e quais possuíam horário de “nascimento” e de ocaso e como isso mudaria se eles estivessem em alguma outra localização. Comentou-se a respeito dos polos norte e sul celeste e do movimento aparente que as estrelas desenvolviam ao redor destes pontos. O software mencionado permitiu que não apenas se compreendesse este movimento, mas que se visualizasse o mesmo em uma tela de computador.

**10ª aula (16/09/11):** nesta aula, o principal assunto abordado foi o movimento de “laçada” de planetas como Marte, Júpiter e Saturno, que podem inclusive ser vistos a olho nu, o que levou ao já mencionado questionamento a respeito do modelo geocêntrico, problema que foi solucionado no modelo ptolomaico com a inclusão de epiciclos.

---

7 O download deste software pode ser realizado em [www.winstars.net](http://www.winstars.net)

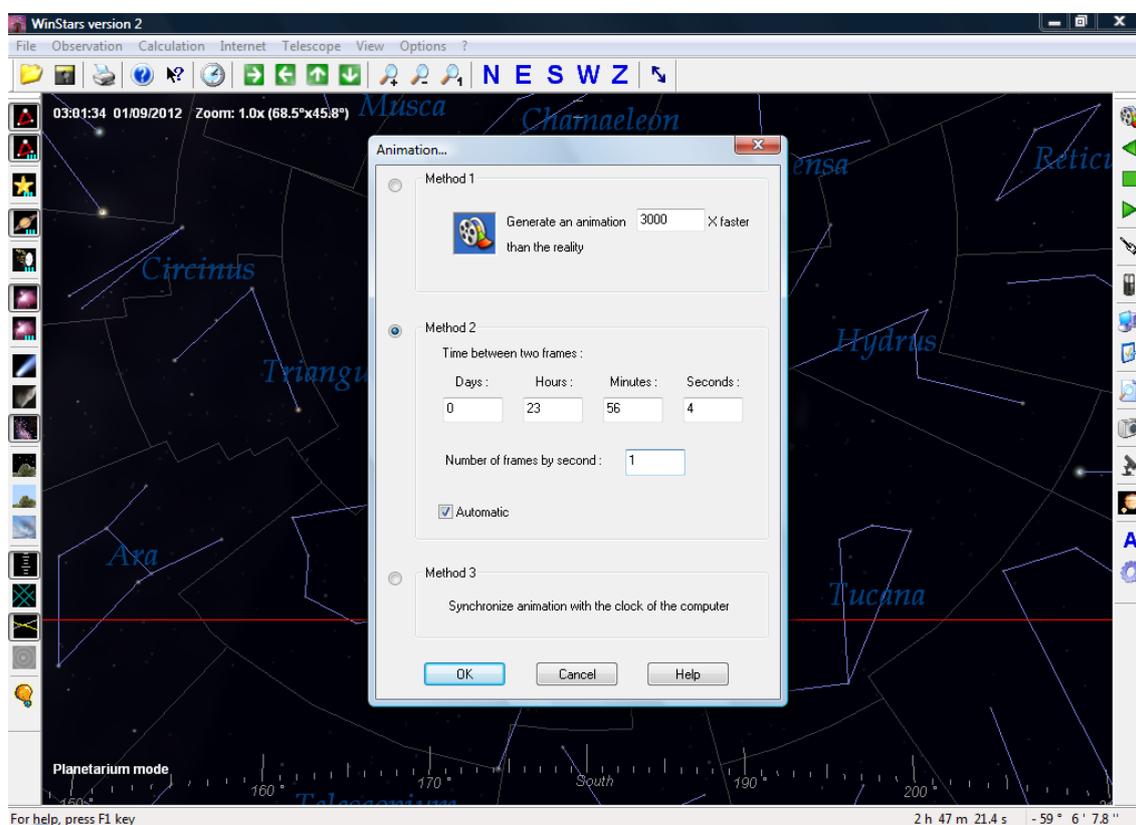
8 Download disponível em [www.shatters.net/celestia](http://www.shatters.net/celestia)

9 Download disponível em [www.stellarium.org](http://www.stellarium.org)

Para visualizar o movimento de laçada na tela de computador, fazia-se necessário um software que permitisse visualizar a passagem dos astros em uma velocidade maior, como em um filme, de preferência com intervalos pré-determinados entre duas imagens. Por isso, o software Winstars revelou-se mais interessante.

Neste software, há três formas de visualizar o movimento dos astros: a primeira delas é digitar quantas vezes mais rápido do que a realidade o usuário deseja visualizar. Uma opção semelhante encontra-se também no software Stellarium. Entretanto, esta opção não seria muito interessante para o propósito da aula. A segunda opção consiste em digitar o tempo entre duas imagens consecutivas e quantas imagens o usuário deseja visualizar por segundo. Já a terceira opção consiste simplesmente em sincronizar a animação com o relógio do computador. A figura abaixo ilustra a janela de animação presente no software Winstars:

Figura 02 – Janela de animação do software Winstars



Optou-se no caso pelo segundo método: o de escolher o tempo entre duas imagens. Para visualizar o movimento dos planetas sem que as estrelas

atrapalhassem a visualização, seria interessante realizar uma animação na qual as estrelas ficassem aparentemente fixas no céu. Para tal propósito, digitou-se o período de rotação da Terra como tempo entre duas imagens: 23 horas, 56 minutos e 4 segundos. A ocasião revelou-se interessante para explicar também a diferença entre o dia solar e o período de rotação da Terra, que apresentam uma pequena diferença em virtude de a Terra também apresentar movimento de translação ao redor do Sol enquanto descreve a sua rotação.

Optou-se por visualizar o movimento de Júpiter, que na data em que a atividade foi realizada, encontrava-se no meio de uma “laçada”. Portanto, foi necessário escolher uma data anterior para visualizar o movimento completo. Pediu-se para que todos os alunos ajustassem a data de observação para o dia 01/07/11 e iniciassem a animação com a quantidade de imagens por segundo que lhes parecesse mais conveniente. Os alunos observaram que o planeta Júpiter iniciava o seu movimento no mesmo sentido que os demais planetas e, por volta do dia 26/08/11<sup>10</sup>, o planeta passava a se mover no sentido oposto. Por volta do dia 24/12/11, o planeta voltava a se mover no seu sentido original.

Esta observação levou o professor a questionar como os alunos poderiam explicar o fenômeno de outra forma, que não fosse através da teoria dos epiciclos, pois já se havia discutido em sala de aula que esta teoria estava ultrapassada. Como o modelo heliocêntrico já havia sido estudado, não tardou até que se percebesse que a Terra deveria estar “passando na frente” de Júpiter se pudéssemos ver este movimento do ponto de vista de um observador no Sol. Isto pôde ser confirmado através do próprio software, que possui dois modos de visualização: o modo “planetário”, que mostra o ponto de vista de um observador situado em algum ponto da Terra, e o modo “Sistema Solar”, que permite visualizar o Sistema Solar do ponto de vista de um observador fora da Terra. Alternando para o modo “Sistema Solar”, pôde-se facilmente visualizar a “ultrapassagem” mencionada.

---

<sup>10</sup> Esta data, assim como a seguinte, são apenas datas apontadas pelos alunos com base na simples observação da animação. Não se tratam de datas obtidas por alguma fonte confiável ou calculadas com razoável precisão.

**11ª aula (23/09/11):** a terceira e última das três aulas mencionadas no Laboratório de Informática teve como tema “As Observações de Galileu”. Nesta aula procurou-se enfatizar a observação de Galileu Galilei de que planetas como Vênus e Mercúrio possuíam fases, assim como a Lua, o que fortalecia o modelo heliocêntrico proposto por Copérnico. Galileu foi um defensor até o fim da sua vida do moderno copernicano de concepção do Universo, apesar de ter abjurado de suas ideias diante da Igreja Católica.

Nesta aula, foi dada uma explicação teórica aos alunos contendo as principais descobertas que Galileu fez com o uso do telescópio, instrumento cuja invenção é atribuída ao holandês Hans Lippershey, a saber: a observação das fases de Vênus, dos quatro maiores satélites de Júpiter, dos anéis de Saturno, da superfície irregular da Lua e de estrelas invisíveis a olho nu.

Para finalizar a aula, fez-se uma atividade com o auxílio do software Stellarium na qual os alunos deveriam procurar o planeta Vênus em doze dias durante o ano (uma vez a cada mês) e registrar em uma folha:

- a) se o planeta estava visível naquele dia;
- b) durante qual período do dia ele estaria visível (se estivesse visível naquele dia);
- c) como era aproximadamente a figura de Vênus vista por ele com auxílio do zoom do software (desenho).

Os alunos puderam notar nesta aula que Vênus apresentava fases semelhantes às da Lua: nova, crescente, cheia e minguante, o que reforçou a ideia de que Vênus deveria ser um corpo girando ao redor do Sol com órbita interna à da Terra ou um corpo girando em torno de uma Terra que girasse em torno do Sol (posição semelhante à da Lua). Inicialmente, os alunos não tomaram o cuidado de observar o tamanho de Vênus no céu, limitando-se a ajustar sempre o zoom para a melhor visão possível do planeta. Uma observação mais cuidadosa revelou que ele era visivelmente maior nas fases crescente e minguante do que na fase cheia, o que reforçava a tese de que ele deveria ser um planeta, e não um satélite, além de que, como pôde ser constatado pela atividade, Vênus só pode ser visto em horários próximos ao

“nascer” e ao ocaso do Sol, o que não ocorre com a Lua. Ou seja, era muito mais provável conceber Vênus como um corpo orbitando ao redor do Sol do que ao redor da Terra.

**12ª aula (30/09/11):** esta aula teve como tema “As Leis de Kepler”, retomando a sequência inicial de conteúdos interrompida no dia 26/08/11. Inicialmente foi preciso fazer uma breve revisão dos temas desta aula: o modelo copernicano, as observações de Tycho Brahe e a primeira lei de Kepler. Em seguida, apresentou-se as duas leis restantes e comentou-se que estas três leis foram formuladas mais em decorrência das observações relatadas por Tycho Brahe do que por demonstração matemática, como os alunos estão acostumados a ver nas aulas de Física. As demonstrações só apareceriam após a Lei da Gravitação de Isaac Newton.

Para compreender a segunda lei de Kepler, perguntou-se inicialmente se algum aluno fazia ideia de por que um planeta se move mais rapidamente quando se aproxima do seu periélio e mais lentamente quando se aproxima do seu afélio. Ninguém soube responder. Em seguida, pediu-se para considerar outro exemplo, distante da Astronomia: o movimento de um carrinho em uma montanha-russa. Perguntou-se se alguém sabia por que o carrinho possuía maior velocidade nos pontos mais baixos da trajetória e menor nos pontos mais altos. Como os alunos já estavam familiarizados com a Lei de Conservação da Energia Mecânica, a resposta foi imediata: porque nos pontos mais altos, o carrinho possui certa energia potencial em relação ao solo e, à medida que o carrinho desce, esta energia é transformada em energia cinética, aumentando a velocidade do carrinho<sup>11</sup>. Chamou-se atenção então para o fato de que a energia potencial (neste caso, gravitacional) foi calculada utilizando a fórmula:

$$E_{p_g} = mgh \quad (7)$$

Porém, esta não é fórmula mais precisa para se calcular a energia potencial gravitacional. Ela é útil apenas em situações em que o peso não sofre

---

<sup>11</sup> Tomando-se como exemplo uma montanha-russa ideal, ou seja, desprovida de qualquer tipo de atrito.

variações significativas com a altura. Em um caso geral, devemos calcular a energia potencial como:

$$U = - \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx \quad (8)$$

onde  $x_i$  é a coordenada do ponto que tomamos como referencial (ponto em que  $U = 0$ ) e  $x_f$  é a coordenada do ponto cuja energia potencial desejamos calcular.

Esta fórmula não é vista no Ensino Médio devido à presença do Cálculo Integral, que normalmente não é visto nesta modalidade de ensino (e também não foi apresentada aos alunos, pois era algo fora do escopo do curso). Mas serve para mostrar que a energia potencial em um certo ponto depende apenas da intensidade da força em questão e da distância entre este ponto e o referencial adotado.

Isto significa que, se adotarmos o Sol como referencial, a energia potencial de um planeta em seu periélio é menor do que em seu afélio, o que quer dizer que o planeta deve possuir uma velocidade maior naquele ponto do que neste.

Com esta conclusão, pôde-se mostrar à sala que a segunda lei de Kepler nada mais era do que um exemplo da Lei da Conservação da Energia Mecânica. É importante ressaltar, no entanto, que esta explicação só foi apresentada desta maneira porque os alunos já conheciam a Lei da Conservação da Energia Mecânica e não adiantaria tentar utilizar a Astronomia para ensinar o que já era de domínio dos alunos. Em uma situação em que os alunos não dominassem esta lei, poder-se-ia apresentar a segunda lei de Kepler e estender as conclusões obtidas para uma lei mais geral, o que explicaria situações como cotidianas como um pêndulo, um sistema massa-mola etc. Desta forma, a segunda Lei de Kepler seria um tema motivador para o estudo da conservação da energia mecânica, ao contrário do que foi feito nesta aula.

Uma breve demonstração da terceira lei, igualando a força gravitacional à força resultante centrípeta, foi apresentada no final da aula. Esta demonstração não é a mais precisa que existe, visto que não se trata exatamente de um Movimento Circular Uniforme, mas é algo que pode ser facilmente por um

aluno de Ensino Médio. Tendo em vista que a proposta do curso era de ensinar conceitos de Física a partir da Astronomia, seria interessante se este assunto servisse como tema motivador para o estudo da Dinâmica do movimento Circular. No entanto, todos os alunos participantes do curso já estavam familiarizados com estes conceitos. Logo, a demonstração acabou servindo mais como uma aplicação do que como um tema motivador neste caso.

A demonstração inicia-se pressupondo o movimento de um planeta em torno do Sol (ou de quaisquer dois astros orbitando um ao redor do outro) como um movimento aproximadamente circular e uniforme. Logo, a única aceleração presente neste movimento seria a aceleração centrípeta e a força resultante sobre o astro que está orbitando seria:

$$F_C = m \frac{v^2}{r} \quad (9)$$

Lembrando que a força que atua entre estes dois astros é uma força gravitacional calculada como:

$$F_G = \frac{GMm}{r^2} \quad (10)$$

Igualando estas duas forças, obtemos:

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \quad (11)$$

Como o raio da trajetória ( $r$  no lado esquerdo da equação) é igual à distância que separa os dois corpos ( $r$  no lado direito da equação), podemos simplificar  $m$  e  $r$ , obtendo:

$$v^2 = \frac{GM}{r} \quad (12)$$

Lembrando que a velocidade linear nada mais é do que o comprimento de uma circunferência dividido pelo período orbital, podemos escrever:

$$\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{GM}{r}$$

$$\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{GM}{r}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad (13)$$

Percebe-se que o lado direito da equação corresponde apenas a grandezas constantes quando se trata de vários corpos orbitando ao redor do mesmo astro. Em outras palavras, o quadrado do período dividido pelo cubo do raio é uma constante para um dado centro de forças (terceira lei de Kepler).

As aulas dos dias 07/10/11 e 21/10/11 foram também ministradas no laboratório de Informática e tiveram por objetivo visualizar as três leis de Kepler.

**13ª aula (07/10/11):** nesta aula, os alunos foram apresentados a duas simulações em Java a respeito da primeira e da segunda lei de Kepler<sup>12</sup>. A aula serviu como uma oportunidade para discutir a excentricidade das órbitas dos planetas (e de alguns cometas) e para discutir o porquê de existir as estações do ano, um assunto que se pressupunha dominado, mas, surpreendentemente, havia ainda alunos, mesmo no Ensino superior que criam que a excentricidade da órbita da Terra era o motivo de haver diferenças climáticas entre o verão e o inverno.

**14ª aula (21/10/11):** nesta aula, foi realizada uma atividade avaliativa com o objetivo de verificar a terceira lei de Kepler. Nesta atividade, os alunos deveriam pesquisar em algum site da internet os valores de período orbital e raio médio da órbita de pelo menos cinco corpos girando em torno de um mesmo astro (por exemplo, planetas ou outros corpos ao redor do Sol ou satélites ao redor de um planeta). Feito isso, deveriam calcular o valor do quociente entre o quadrado do período orbital pelo cubo do raio médio. Não se exigiu nenhuma unidade de medida específica para estes valores, mas pediu-se que todos os valores fossem convertidos para a mesma unidade.

---

12 As animações encontram-se disponíveis em <http://pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/Multimedia/Simulacoes/Astronomia-Fundamental>.

Pôde-se notar que cada aluno encontrou um valor diferente para este quociente, em virtude da escolha das unidades utilizadas. Porém, ficou claro que, embora houvesse diferença entre os resultados de aluno para aluno, no resultado individual, o quociente era sempre o mesmo para os cinco corpos envolvidos. Claro que isto não chega a ser uma demonstração, mas é uma grande evidência da aplicabilidade da terceira lei de Kepler.

**15ª aula (28/10/11):** nesta aula, passou-se aos alunos um dos trabalhos que serviriam como forma de avaliação final. A aula foi ministrada no laboratório de Informática, onde os alunos realizaram mais algumas atividades desenvolvidas e aplicadas pelo professor em outra ocasião com auxílio dos softwares Winstars 2.0 e Stellarium. As atividades visavam derrubar mitos amplamente divulgados em meios de comunicação e até mesmo em escolas como o de que o Sol nasce exatamente no ponto cardeal leste todos os dias e de que ele passa sobre as nossas cabeças (passa pelo zênite) todos os dias ao meio-dia em todas as regiões do mundo. Também se apresentou nesta aula o software Celestia, que até então não tinha sido utilizado neste curso.

Como trabalho de avaliação final, pediu-se para que os alunos do Ensino Superior desenvolvessem cada um uma atividade envolvendo um dos softwares apresentados (Winstars 2.0, Stellarium ou Celestia). Os alunos do Ensino Médio iriam realizar as atividades desenvolvidas pelos alunos do Ensino Superior ao final do curso e seu desempenho seria avaliado.

**16ª aula (04/11/2011):** a penúltima aula teórica do curso teve como tema “Centros de Massa”. Esta aula teve como objetivo introduzir conceitos de conservação do Momento Linear e explicar como a Lua influencia no movimento das marés na Terra. Também serviu para desmistificar alguns fenômenos atribuídos à Lua como nascimentos, cortes de cabelo etc. Para esta aula, Silveira (2003) foi uma referência bastante importante.

A aula começou com a pergunta: a Terra gira em torno do centro do Sol? Muitos alunos imaginavam que sim. Alguns hesitaram ao responder, pois desconfiavam que este destaque no centro do Sol se tratava de alguma “armadilha”, mas também não souberam responder corretamente como funcionava a dinâmica de rotação dos planetas em torno do Sol.

Para responder esta pergunta aos alunos, é necessário primeiramente definir o que é centro de massa. Tal definição não é tão simples, ainda mais para alunos de Ensino Médio, que não estão familiarizados com o ferramental matemático de Cálculo Diferencial e Integral, visto normalmente apenas no Ensino Superior. Entretanto, o livro de Física Básica de David Halliday et al. apresenta uma definição satisfatória para o escopo deste curso:

*O centro de massa de um corpo ou de um sistema de corpos é o ponto que se move tal como se toda a massa estivesse concentrada neste ponto e todas as forças externas fossem aplicadas lá.*

(HALLIDAY et. al., 2008, p. 187)

A partir desta definição, foram realizados alguns experimentos simples de como encontrar o centro de massa de alguns objetos, tais como localizar o ponto de equilíbrio (e, por consequência, centro de massa) de uma régua e observar o movimento de rotação e de translação descrito por um corpo extenso como um apagador. A oportunidade serviu também para diferenciar o que é rotação e o que é translação para a Física, pois todos os alunos do curso tinham a impressão de que a palavra “translação” se aplicava somente a astros e de que a translação era necessariamente em torno de uma curva fechada.

Feito isto, calculou-se o centro de massa de dois corpos de massa  $m$  através da fórmula:

$$x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \quad (14)$$

onde  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_{CM}$  são as coordenadas dos dois corpos e do centro de massa, respectivamente, tomadas em relação a um ponto qualquer do eixo que passa por estes corpos.

Em seguida, perguntou-se à sala: se considerarmos um sistema formado apenas pelo Sol e pela Terra, onde estaria o centro de massa destes dois corpos. Inicialmente, foi um consenso de que ele deveria se encontrar em um ponto mais próximo do Sol do que da Terra, tendo em vista que a massa do Sol é bem maior. Apresentando-se os valores de massa destes dois corpos, no

entanto, verificou-se que este ponto não apenas estava mais próximo do Sol, como também que estava dentro do Sol, tamanha a discrepância de massa entre estes dois corpos. Comentou-se então que, se houvesse apenas estes dois corpos no Sistema Solar, os dois girariam em torno deste centro de massa. Ou seja, a Terra não gira em torno do centro do Sol, e sim os dois corpos giram em torno do centro de massa deles, ainda que este centro de massa esteja muito mais próximo do centro do Sol do que do centro da Terra.

O mesmo raciocínio pode ser estendido em relação ao sistema Terra-Lua. A Lua não gira em torno do centro da Terra. Ela e a Terra giram em torno do centro de massa deste sistema que, tal como no exemplo anterior, ainda se encontra dentro de um dos corpos, no caso a Terra. Porém, em alguns casos excepcionais, como o sistema Plutão-Charonte, o centro de massa não se localiza dentro de nenhum dos corpos, pois a massa deste planeta anão e de seu maior satélite não são tão discrepantes como no caso dos planetas do sistema solar.

Por fim, comentou-se a respeito do efeito de marés na Terra, que inclusive não é o único planeta a apresentar este efeito. O entendimento de que a Lua exerce diferente atração gravitacional em diferentes pontos do planeta e de que a Terra também apresenta um movimento em torno do centro de massa deste sistema foi fundamental para a compreensão deste fenômeno e também serviu para mostrar por que não fazia sentido acreditar que a atração gravitacional da Lua seria significativa a ponto de influenciar em uma gestação.

**17ª aula (11/11/2011):** a última aula teórica teve como tema “Diferenças entre Astronomia e Astrologia”. Esta aula teve por objetivo deixar claro que a Astronomia é uma Ciência, ou seja, de que ela possui caráter empírico (CHIBENI, 2012, p. 3), enquanto a Astrologia não. Ambas envolvem o mesmo objeto de estudo, porém apenas a Astronomia se utiliza do Método Científico. Não foi objetivo da aula fazer os alunos questionarem suas crenças pessoais, e sim entender porque a Astronomia é classificada como Ciência e a Astrologia não.

Nesta aula comentou-se a respeito da origem e significado dos signos do horóscopo, algo bastante conhecido pelos alunos. Em seguida, definiu-se o

que era eclíptica e quais eram as constelações atravessadas por esta, ou seja, as constelações do zodíaco. Apresentaram-se então as treze constelações do zodíaco. Apareceu aí o primeiro conflito, pois os alunos logo notaram que o zodíaco possui treze constelações, enquanto o horóscopo possui apenas doze. Isto fez com que se questionasse a duração da passagem do Sol por cada constelação, pois, havendo treze constelações, não seria possível que o Sol levasse um mês para passar por cada uma delas.

Fez-se então uma atividade com auxílio do software Winstars 2.0, no qual pode-se ver a data em que o Sol atravessa as linhas definidas como limites de uma constelação. Em seguida, pediu-se para que os alunos construíssem uma tabela indicando as datas de passagem do Sol por cada uma das constelações do zodíaco e calculassem o tempo necessário para o Sol passar por cada constelação. O resultado, obviamente, não foi igual para todas as constelações, o que causou um segundo conflito com o horóscopo.

Em seguida, aproveitou-se a ocasião para falar sobre as principais componentes do movimento da Terra. A rotação e a translação são componentes bastante conhecidas, mas nem todos estavam familiarizados ou sabiam o que era a precessão e a nutação.

Para explicar a precessão da Terra, fez-se uma analogia com o movimento de um pião. É fácil notar que, devido à perda de energia, um pião logo descreve um movimento aparentemente cônico ao redor do seu eixo até parar por completo. Entretanto, como o pião perde energia muito mais rápido do que a Terra, o período de precessão da Terra deve ser muito maior. E, de fato, a Terra leva cerca de 26 mil anos para completar uma volta em torno do seu eixo de precessão. Isto faz com que este movimento seja imperceptível ao longo do tempo de vida de um ser humano. Porém, como a Astrologia já possui mais de 5 mil anos de existência, já há uma diferença considerável entre o céu visto pelos babilônicos e por nós. Isto explica porque o Sol passa na frente de Áries, a primeira constelação do horóscopo, cerca de um mês após a data definida pelo horóscopo.

Estas observações ilustram claramente que a Astrologia não se baseia em métodos empiristas para construir seu conhecimento. Ou seja, a Astrologia não é uma Ciência.

**18ª aula (18/11/2011) e 19ª aula (25/11/2011):** as últimas aulas do curso foram dedicadas às avaliações finais, que serão detalhadas a seguir.

## **Capítulo 5**

### **Análise de dados relativos à avaliação do curso:**

A avaliação do curso deu-se em momentos diferentes. Inicialmente, foi passado um questionário de conhecimentos prévios sobre Astronomia aos alunos interessados no curso, ao qual 15 alunos responderam. Ao longo do curso, foram feitas quatro avaliações escritas, nas quais o número de alunos variou conforme o número de alunos presentes no dia da atividade. Como avaliação final, foi passado um questionário final dividido em uma parte conceitual e uma de opiniões pessoais a respeito do curso, ao qual 8 alunos responderam e um trabalho no qual os estudantes de Ensino Superior deveriam montar uma atividade sobre Astronomia, individualmente ou em dupla, utilizando pelo menos um dos softwares abordados durante o curso. Aos estudantes de Ensino Médio, foi pedido que eles realizassem e avaliassem todas as atividades elaboradas pelos seus colegas de Ensino Superior.

Ao longo deste capítulo, iremos analisar os dados coletados por estes questionários separadamente. Todos os questionários originais encontram-se no Anexo C, assim como as atividades elaboradas pelos alunos de Licenciatura encontram-se no Anexo D.

#### **Perfil dos alunos que responderam ao questionário de conhecimentos prévios:**

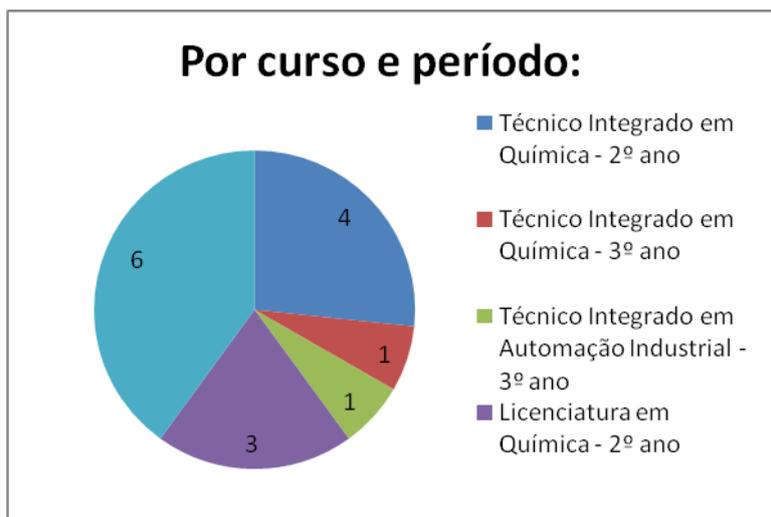
O primeiro questionário foi passado aos alunos logo nos primeiros dias de atividade, ainda com o horário do curso não muito bem definido. Ao todo, 15 alunos manifestaram interesse no curso, porém nem todos com a mesma disponibilidade de horário. Procurou-se, durante a aplicação deste questionário, descobrir qual horário atenderia ao maior público possível, chegando-se por fim a um horário ao qual 10 alunos manifestaram disponibilidade e 8 continuaram até o fim.

Os 15 alunos interessados no curso responderam a este questionário em diferentes momentos, todos antes do início das aulas no dia 06/05. Como este

questionário era anônimo, não há como separar os questionários dos alunos desistentes dos demais.

A seguir, o perfil dos alunos que responderam ao questionário, separados por curso, idade e sexo:

Figura 03 – Distribuição dos alunos por curso e período



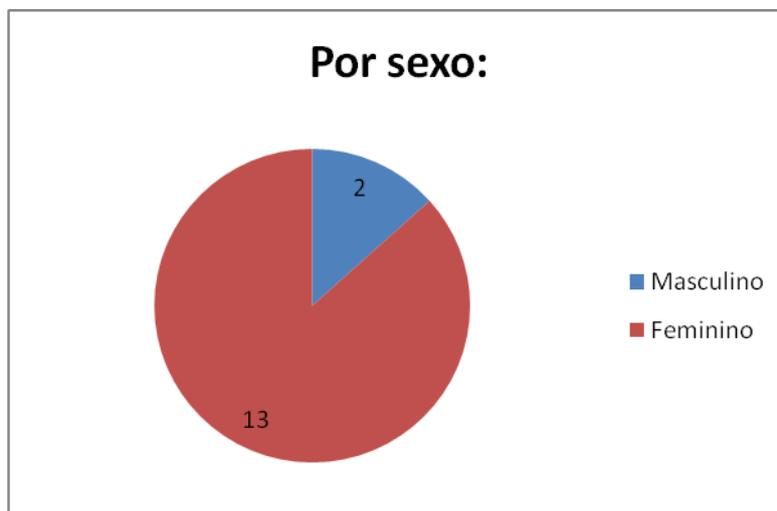
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 04 – Distribuição dos alunos por idade



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 05 – Distribuição dos alunos por sexo



Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se uma procura grande do curso pelos alunos de Licenciatura em Química, ainda que o curso tenha sido inicialmente planejado mais para os alunos de Ensino Médio do que para eles. É importante lembrar que o curso contou como Atividade Curricular Complementar (ACC), das quais eles precisavam cumprir no mínimo 200 h para se formar, o que motivou alguns alunos a participarem do curso. Nota-se também uma procura significativamente maior pelo curso do público feminino e uma grande variação de idade entre os participantes. Havia desde participantes com 15 anos de idade cursando o segundo ano do Ensino Médio até participantes com 32 anos, já casados e com filhos cursando a Licenciatura em Química.

Analisar-se-á a seguir o retorno que os estudantes tiveram do curso de duas formas: na primeira parte, será analisada a evolução da compreensão de diferentes conceitos ao longo do curso, que estão organizados na forma de “conceitos-chave”. Na segunda parte, serão analisadas as opiniões pessoais dos estudantes com o objetivo de verificar se a Astronomia serviu realmente como tema motivacional para o ensino de Física, como era esperado por este trabalho.

Nesta análise, para evitar identificação, todos os alunos serão tratados no masculino, independentemente do sexo da pessoa.

## **Parte I: Análise da evolução da compreensão de conceitos-chaves ao longo do curso**

Ao longo desta primeira parte, os conteúdos trabalhados ao longo do curso serão organizados na forma de oito conceitos-chave, considerados fundamentais para o curso. É importante notar que a sequência em que aparecem estes conceitos-chave ao longo desta avaliação nem sempre coincide com a sequência cronológica na qual estes conceitos foram trabalhados em sala de aula, por motivos que ficarão evidentes ao longo da avaliação.

### **Conceito-chave 1: Lei da Inércia:**

Questões sobre a Lei da Inércia apareceram em três momentos ao longo do curso: no questionário inicial anônimo, nas atividades avaliativas aplicadas ao longo do curso e no questionário final. Começar-se-á esta análise pelo desempenho dos estudantes no questionário inicial. A primeira questão a respeito deste conceito é a seguinte:

Foi muito difícil provar que a causa da existência do dia e da noite é o movimento de rotação da Terra em torno de um eixo imaginário (e não o movimento do Sol ao redor da Terra como se pensava antigamente). Um dos argumentos mais difíceis de derrubar é o de que, quando jogamos uma pedra verticalmente para cima, ela cai exatamente sobre a nossa mão<sup>13</sup> (e não atrás de nós, como era de se supor). Explique por que, mesmo havendo o movimento de rotação da Terra, a pedra cai sobre a nossa mão.

Esta questão aparece de forma semelhante em Dias et. al (2004, p. 262), utilizando uma flecha no lugar da pedra. As autoras apontam que já se pensava em resolver esta questão na Antiguidade postulando o movimento do ar e de tudo o que estivesse sobre a Terra, inclusive a flecha. Tal argumento era suficiente para explicar o movimento de algo leve, como uma flecha, mas era difícil de ser sustentado no caso de algo mais pesado, como uma bala de canhão. Com a invenção do canhão e a verificação de que sua bala possuía o mesmo alcance em todas as direções, tornou-se quase inconcebível um

---

<sup>13</sup> Argumento válido apenas para pequenos lançamentos, para os quais a curvatura da Terra é desprezível.

modelo que não colocasse a Terra em repouso absoluto. A questão só seria resolvida de fato com Galileu Galilei.

Como todos os alunos já haviam cursado pelo menos o primeiro ano do Ensino Médio, pressupor-se-ia que os alunos deveriam todos acertar esta questão. No entanto, sete pessoas deixaram a questão em branco ou com resposta “*não sei*”. Quatro alunos disseram que este fenômeno estaria relacionado somente com a gravidade, o que não explica por que a pedra não cai atrás de nós. Destes quatro, somente um respondeu de maneira aproximadamente correta: *“a causa de a pedra cair na mesma direção é por causa (sic) da gravidade e a pedra não toma outro rumo porque giramos junto com ela em seu movimento de rotação”*. Dois alunos responderam que a pedra *“não sente o movimento da Terra”* e um disse que haveria uma força para impulsioná-la e, por isto, ela cairia. Não dá para perceber pela sua resposta se ele quis relacionar este fenômeno à gravidade também ou se ele pressupôs a existência de outra força. A resposta que mais se aproximou da correta foi: *“Pode estar ligado à inércia, tendência do corpo permanecer no estado inicial. Sendo assim, a pedra tende a voltar ao seu estado de partida inicial.”*

Esta questão aparece pela segunda vez de forma bastante semelhante na atividade avaliativa aplicada no dia 10 de junho:

Durante muito tempo, as pessoas defenderam a teoria geocêntrica com base no seguinte argumento: “quando jogamos uma pedra para cima, ela cai sobre a nossa mão. Logo, a Terra deve estar parada, senão a pedra cairia atrás de nós!” Hoje sabemos que a Terra gira em torno do seu próprio eixo e que uma pessoa no Equador tem velocidade maior que 1600 km/h. Logo, qual é o erro do argumento acima?

Houve mais respostas corretas nesta avaliação do que no questionário inicial, mas ainda assim o resultado foi bastante aquém do esperado. Apenas dois alunos relacionaram o fenômeno à Primeira Lei de Newton, de forma direta ou indireta. Ex.: *“Mesmo a Terra estando em movimento, nós e a pedra também estamos, por esta razão, se jogarmos uma pedra para cima, ela cairá.”* *“A pedra cai sobre a mão pois, quando a terra (sic) está em movimento, nós estamos em movimento e o ar também está, então ao jogar a pedra, ela também se moveria na mesma velocidade que a terra (sic).”* O restante dos

alunos relacionou o fenômeno à Terceira Lei de Newton, provavelmente porque foi a primeira lei estudada no material fornecido.

Esta questão foi novamente abordada no questionário final:

Explique por que, quando jogamos uma pedra para o alto, ela cai sobre a nossa mão, mesmo sabendo que a Terra está girando enquanto isso.

Desta vez, sete alunos responderam de maneira correta o fenômeno observado. Apenas um aluno quis justificar o fenômeno através do movimento da atmosfera, o que leva mais a uma nova pergunta – Por que não sentimos o “vento” provocado pela atmosfera quando a Terra gira? – do que a uma explicação precisa do fenômeno. Três alunos, embora tenham respondido corretamente à pergunta, insistiram em acrescentar o papel da gravidade no fenômeno, o que não era necessário para responder a esta questão. A gravidade apenas explica por que a pedra sobe em movimento desacelerado e desce em movimento acelerado e por que nos mantemos presos à superfície da Terra enquanto a Terra gira. Ela não explica por que percebemos uma trajetória em linha reta no nosso referencial.

Pode-se verificar por este questionário final como foi importante fazer a avaliação continuamente e insistir nos problemas diagnosticados. Muitos alunos julgavam à primeira vista que dominavam perfeitamente o conteúdo e responderam a esta pergunta crentes de que estavam dando uma resposta correta. Se não fosse a avaliação contínua, os alunos continuariam com esta impressão e alguns, sendo alunos de uma Licenciatura com habilitação em Ciências, poderiam inclusive explicar erroneamente este fenômeno em suas aulas.

### Conceito-chave 2: Referenciais

Este assunto, o primeiro abordado no curso, embora não tivesse nenhuma questão específica no questionário inicial ou nas atividades avaliativas, era essencial para a compreensão da Lei da Inércia. Tendo em vista as dificuldades apresentadas pelos alunos com este tema ao longo das avaliações, duas questões específicas sobre Referenciais foram acrescentadas ao questionário final. Apresenta-se a primeira:

É muito comum ouvirmos frases como: “A Terra gira em torno do Sol”, “Não é o Sol que gira em torno da Terra”. Comente estas frases.

Esperava-se que o aluno explicasse que não é exatamente um erro afirmar que o Sol gira em torno da Terra e que isto é apenas uma questão de referencial. Como complemento, o aluno poderia dizer que, a rigor, não é nem o Sol que gira em torno da Terra nem a Terra que gira em torno do Sol. Ambos giram em torno do centro de massa do sistema Terra-Sol.

Houve muitas variações entre as respostas fornecidas. Poucos entenderam o que era esperado e seis dos oito alunos que responderam ao questionário final disseram que as frases acima estavam corretas porque a massa do Sol era bem maior do que a da Terra. Logo, era a Terra que girava em torno do Sol, e não o contrário. Apenas um aluno acrescentou que, na realidade, ambos giravam em torno do centro de massa do sistema Terra-Sol, mas, como a massa do Sol era bem maior do que a da Terra, este centro de massa estava muito mais próxima do centro do Sol do que do que do centro da Terra. Um aluno deixou a pergunta em branco. Nenhum aluno mencionou que havia situações em que poderíamos considerar a Terra como referencial e, portanto, dizer que o Sol gira em torno da Terra nestas situações. Curiosamente, os mesmos alunos que adotaram o Sol como melhor referencial para observação, responderam à segunda questão corretamente, dizendo que não existe um melhor referencial para as nossas observações. Apresenta-se agora a segunda questão:

Existe algum referencial melhor para observarmos o universo? Se existe, qual é? Se não existe, explique por quê.

Nesta questão, seis alunos responderam corretamente, dizendo que o referencial depende do que se pretende observar. Apenas um aluno errou completamente a questão, dizendo que o melhor referencial para as observações encontra-se “sobre a linha do Equador” e um aluno deixou a pergunta em branco. Isto revela uma grande dificuldade por parte dos alunos em articular um conhecimento aprendido com uma aplicação prática. Os alunos que responderam que não existe um melhor referencial para as nossas observações logo depois de dizer que o Sol é o melhor referencial para

observação do sistema Terra-Sol nem sequer se deram conta da incoerência que escreveram.

Nota-se uma grande confusão a respeito do que se pretendia avaliar com esta questão. O número de acertos na segunda questão é contraditório com o mesmo número na primeira, assim como algumas respostas à segunda questão deixam em dúvida se o conceito de referenciais foi realmente compreendido.

### Conceito chave 3: Campo Gravitacional e Força Peso:

Sobre este conceito-chave não há nenhuma pergunta no questionário inicial, devido ao tratamento matemático, que não se pretendia abordar neste primeiro momento. Porém, como este assunto foi um dos primeiros vistos no curso, a primeira atividade avaliativa consistia-se de cinco questões dedicadas a este tema. Apresentam-se as cinco questões:

Uma pessoa possui massa 70 kg. Calcule o peso desta pessoa na Lua, na Terra, em Marte e em Júpiter.

Dados:  $g_{\text{Lua}} = 1,60 \text{ N/kg}$

$g_{\text{Terra}} = 9,80 \text{ N/kg}$

$g_{\text{Marte}} = 3,72 \text{ N/kg}$

$g_{\text{Júpiter}} = 22,9 \text{ N/kg}$

Neste exercício, provavelmente o mais parecido com os exercícios tradicionais de Ensino Médio, todos os pesos poderiam ser encontrados com a aplicação da fórmula  $P = m \cdot g$ . O único diferencial deste exercício foi a possibilidade de comparar o peso de uma pessoa em 4 astros diferentes. Mas, mesmo assim, por se tratar de um exercício bastante comum aos apresentados aos alunos, nenhum aluno teve dificuldade nesta questão. É importante lembrar que a unidade de medida do campo gravitacional utilizada foi o N/kg, e não a sua unidade equivalente, o  $\text{m/s}^2$ , por motivos já esclarecidos no capítulo anterior. Todos os alunos encontraram os valores pedidos:  $P_{\text{Lua}} = 112 \text{ N}$ ,  $P_{\text{Terra}} = 686 \text{ N}$ ,  $P_{\text{Marte}} = 260,4 \text{ N}$  e  $P_{\text{Júpiter}} = 1603 \text{ N}$ . Como o curso não pressupunha o conhecimento a respeito de algarismos significativos, as respostas acima foram consideradas corretas. Apresenta-se agora outra questão:

Sabendo que Netuno possui um campo gravitacional igual a 11 N/kg na sua superfície, calcule a massa de Netuno.

Dado:  $R_{\text{Netuno}} = 25 \text{ mil km}$

Este exercício já revelou um pouco mais de dificuldades devido à Matemática envolvida. O exercício envolve o conceito de campo gravitacional, que raramente é abordado nos livros de Ensino Médio, embora o cálculo de força de atração gravitacional seja. Os alunos mais habituados a fórmulas semelhantes, como Força Elétrica e Campo Elétrico não tiveram muitas dificuldades. Quatro alunos dos nove que realizaram a atividade esqueceram-se de elevar o raio ao quadrado na fórmula, encontrando o valor errado de  $4,18 \times 10^{18} \text{ kg}$  para a massa. Um aluno esqueceu-se de converter a unidade fornecida para o raio de Netuno (km) na unidade de medida do SI (m). O restante encontrou a resposta correta:  $1,03 \times 10^{26} \text{ kg}$ . Já a próxima questão é um pouco mais conceitual:

É comum as pessoas dizerem que na Lua não há gravidade. Está certa esta afirmação? Por que as pessoas cometem este erro?

A resposta mais próxima do correto foi: *“Não, de acordo com a Lei da gravitação de Isaac Newton, todo corpo dotado de massa cria ao redor de si um campo gravitacional.”* Outra resposta adequada foi: *“Não, pois na lua a gravidade é muito menor do que a da terra (sic), pelo fato de a sua massa ser menor.”* Também foi considerada adequada a resposta: *“Não. As pessoas acreditam que não exista a gravidade na Lua pois, (sic) ela é pequena, com isso, em vídeos temos a impressão de que as pessoas flutuam.”*

Três alunos, no entanto, responderam: *“Não. Porque a gravidade da Terra é menor que a da Terra”*, provavelmente confundindo a palavra “Lua” por “Terra”. Uma resposta próxima à correta, porém incompleta: *“Por que (sic) a lua possui menor gravidade e la (sic) seu peso é menor e não a sua massa.”* E, para finalizar, uma resposta difícil até mesmo de compreender: *“Não pois há a gravidade é menor e isto diminui o peso, e a gravidade é relativa a massa.”*

A seguinte pergunta exigia que o aluno tivesse sensibilidade para perceber que, nem sempre, um planeta de maior massa possui maior campo

gravitacional na sua superfície e, embora não exigisse nenhum tipo de cálculo, necessitava de um pouco de habilidade com a Matemática:

Saturno possui campo gravitacional igual a 9,05 N/kg na sua superfície. Ou seja, um campo menor do que o da Terra. Mas Saturno possui massa quase 100 vezes maior do que a Terra. Como isso é possível? O que podemos concluir a respeito do raio de Saturno em relação ao da Terra?

Nenhum aluno respondeu à pergunta com muitos detalhes. Oito alunos limitaram-se a responder *“Podemos concluir que o raio de Saturno é 10 vezes maior do que o da Terra”*, sem explicar como chegaram a esta conclusão. Apenas um aluno deu uma resposta diferente, mas tão insatisfatória quanto as outras: *“Campo (provavelmente quis dizer “como”) a força gravitacional é em função (sic) do raio, o raio de Saturno deve ser bem grande.”*

A última questão da atividade era bastante simples. Apenas exigia um pouco de cuidado com as unidades de medida, mas, no geral, assemelhava-se bastante às questões típicas de livros didáticos do Ensino Médio:

Se uma pessoa está sobrevoando a Terra a 10 mil metros de altitude, o valor do campo gravitacional para esta pessoa é maior, menor ou igual ao de uma pessoa na superfície? Calcule este novo valor.

Dado:  $R_{\text{Terra}} = 6400 \text{ km}$

O único cuidado que deveria ser tomado nesta questão era o de converter o valor do raio da Terra para metros, que é a unidade do SI, assim como as demais unidades utilizadas nesta questão. Seis alunos chegaram à resposta correta: 9,69 N/kg (ou 9,7 N/kg), portanto, menor do que o campo gravitacional na superfície da Terra. Dois alunos apresentaram dificuldades com notação científica e chegaram ao valor de  $9,7 \times 10^1 \text{ N/kg}$ . Um aluno limitou-se a responder apenas que o campo seria menor.

Pode-se perceber, por esta primeira atividade avaliativa, que os alunos participantes deste curso estão bastante condicionados a responder exercícios típicos de livros didáticos, apresentando muitas dificuldades quando se exige algum tipo de raciocínio diferente, e mais dificuldades ainda quando se solicita

uma resposta argumentativa, e não restrita a cálculos, como eles estão acostumados. Muitos sentem dificuldade até mesmo em elaborar uma resposta própria. Um dos maiores desafios deste o curso foi romper com o condicionamento a respostas prontas, pois a Astronomia exige muito mais do aluno do que a simples memorização de fórmulas. Exige que o aluno tenha consciência do que está fazendo para que assim mostre que possui compreensão de fato dos fenômenos observados.

Devido a esta dificuldade em lidar com questões conceituais, as duas questões sobre este conceito-chave presentes no questionário final não exigem aplicação direta de fórmula, e sim compreensão a respeito do assunto estudado. Vejamos as duas questões:

O que um corpo precisa ter para criar um campo gravitacional? Por que o campo gravitacional da Terra é diferente do campo gravitacional de uma bola de boliche?

Nesta questão, os oito alunos responderam que é necessário que o corpo tenha massa e que o campo gravitacional da Terra é muito maior do que o de uma bola de boliche porque a sua massa é muito maior. A outra questão fazia referência à força peso:

Explique o que é a força peso, quais são as diferenças entre peso e massa e como podemos calcular a força peso em diferentes situações.

Nesta questão, os oito alunos novamente apresentaram respostas adequadas. Houve diferenças entre as respostas fornecidas quanto ao número de detalhes. Alguns alunos acrescentaram a informação de que o peso é uma grandeza vetorial medida em newtons no SI, enquanto a massa é uma grandeza escalar medida em quilogramas neste mesmo sistema, mas praticamente todos responderam que o peso é a força de atração gravitacional entre a Terra e os objetos em sua superfície. Apenas um aluno não definiu o que é a força peso, mas demonstrou através de exemplos que havia compreendido a diferença e um aluno, ao longo da sua explicação, acabou cometendo um deslize, afirmando que o peso “varia com a altitude e a longitude”. Provavelmente, ele quis dizer que há uma pequena diferença no campo gravitacional da Terra devida à latitude, pelo fato de a Terra não ser um corpo perfeitamente esférico.

#### Conceito-chave 4 : Força de atração gravitacional e o movimento dos astros:

Este conceito-chave na verdade está contido no anterior. Porém, por envolver um pouco de compreensão a respeito do Movimento Circular Uniforme, será tratado aqui como um assunto à parte. A primeira questão, presente já no questionário inicial, revela um conceito extremamente fundamental, porém não tão simples de se compreender:

A força que nos mantém unidos à superfície da Terra é de mesma natureza que a que mantém a Lua em órbita? Se você respondeu sim, explique por que a Lua não cai na Terra. Se respondeu não, explique quais são estas forças então.

Esta é, sem dúvida, uma questão intrigante. Conforme apontado por Moura e Canalle (2001), antes de Isaac Newton, a pergunta seria respondida simplesmente dizendo que a força de atração gravitacional aplicava-se apenas na Terra. Foi Newton quem tornou universal a Lei da Gravitação e explicou a órbita da Lua, que evidentemente não cai sobre a Terra mesmo sob ação de uma força de atração. A grande confusão no pensamento surge porque estamos habituados a considerar corpos estáticos. Newton estendeu o raciocínio para corpos em movimento e raciocinou que, quanto maior a velocidade de um corpo, mais curva seria a sua trajetória (MOURA; CANALLE, 2001, p. 245-246). Ou seja, dependendo da distância entre Lua e Terra e da velocidade da Lua, o resultado seria um movimento periódico que não culminaria no choque entre os astros, da mesma forma que a força de tração não provoca um choque entre pedra e mão quando giramos uma pedra amarrada a um barbante.

Imaginava-se que o aluno responderia sim à pergunta acima e faria um paralelo com o movimento circular uniforme, estudado no primeiro ano do Ensino Médio, no qual há uma força dirigida para o centro, mas esta força não faz com que o objeto seja atraído para o centro. Apenas um aluno deixou esta questão em branco. Ninguém respondeu “Não”. Porém, três alunos limitaram-se a responder “*Sim. Força da gravidade*”, o que é totalmente incoerente com a pergunta e dois responderam: “*Sim. Não sei explicar por quê.*” Dois alunos responderam que a Lua não caía na Terra porque a força de atração entre a Terra e a Lua era menor do que as forças nas superfícies da Terra. Um aluno

respondeu que a força aplicada na Terra era diferente da força aplicada na Lua. Dois alunos supuseram a existência de outra força capaz de manter a Terra em órbita e um supôs que haveria uma força de repulsão entre corpos de massa muito grande. Percebe-se que, a rigor, nenhum aluno forneceu uma resposta correta.

Esta pergunta aparece de novo de forma semelhante na atividade avaliativa:

Sabemos que a Lua e a Terra se atraem pela Lei da Gravitação Universal. Entretanto, a Lua não cai sobre a Terra como os corpos em sua superfície. Por que não?

Desta vez, os alunos não tiveram dificuldade para responder a esta questão. Quatro deles concluíram que a aceleração era perpendicular à velocidade neste caso (um deles até mesmo acrescentou um desenho para ilustrar o fenômeno). Isto não é exatamente verdade, mas pode ser considerada uma resposta satisfatória, tendo em vista que as Leis de Kepler ainda não haviam sido abordadas. Apenas um aluno deixou a resposta incompleta: “*A aceleração que atua na lua a sua velocidade*”, o que torna difícil de avaliar se o aluno compreendeu o conceito ou não.

Tendo em vista o desempenho dos alunos nestas duas avaliações, nenhuma questão específica sobre este movimento foi acrescentada ao questionário final.

#### Conceito-chave 5: Segunda e Terceira Leis de Newton

Assim como a primeira lei de Newton, a segunda e a terceira também são avaliadas em três momentos diferentes ao longo do curso. Logo no questionário inicial, há uma questão que exige compreensão destas duas leis:

Você sabe que você é atraído pela Terra por uma força denominada “força gravitacional” ou, simplesmente, “peso”. Porém, você já deve ter ouvido falar (mesmo que você ainda não tenha estudado as leis de Newton) que “a toda ação corresponde uma reação”. Sendo assim, podemos dizer que nós também atraímos a Terra assim como ela nos atrai? Se você respondeu sim, explique por que não sentimos esta força. Se respondeu não, explique por que a lei da Ação e Reação não se aplica neste caso.

Primeiramente, esperar-se-ia que o aluno respondesse que estas forças realmente são de mesma intensidade (Lei da Ação e Reação), mas as acelerações sofridas pelos dois corpos são diferentes porque eles possuem massas muito diferentes (Princípio Fundamental da Dinâmica). Cinco alunos deixaram esta questão em branco. Cinco alunos responderam que esta força seria muito pequena para ser percebida por nós (talvez quisessem dizer pela Terra), mas não explicaram exatamente por quê. Um aluno respondeu que a reação da força peso seria a força normal e estas duas forças se cancelariam. Dois alunos responderam sim, mas não prestaram nenhum tipo de esclarecimento compreensível. Apenas dois alunos acertaram a questão.

Situação semelhante pode ser vista no trabalho de Dias et. al. (2004), em que alunos da terceira série do Ensino Médio encontraram dificuldade para responder à seguinte pergunta: “*Se o Sol atrai a Terra, a Terra também atrai o Sol?*” (DIAS et al, 2004, p. 268). Embora todos os alunos questionados já tivessem tido contato com a terceira Lei de Newton, 46% destes erraram ou não souberam responder à questão, o que mostra que nem sempre as Leis de Newton são aprendidas de forma significativa.

A Segunda Lei é retomada na seguinte questão da atividade aplicada no dia 10 de junho:

A Terra nos atrai com uma força chamada peso. Pela lei da Ação e Reação, nós também atraímos a Terra com uma força de mesma intensidade. Porém, vemos os objetos caindo sobre a superfície da Terra, mas não vemos a Terra subindo em direção a nenhum objeto. Por quê?

As respostas mais satisfatórias foram as que justificaram com base na fórmula do Princípio Fundamental da Dinâmica ( $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ ). Como as forças são de mesma intensidade, o objeto de maior massa deve ter aceleração menor do que o objeto de menor massa. Dois alunos apenas responderam de forma semelhante e insatisfatória: “*Porque a força peso depende da massa e a massa da Terra é muito menor que a do objeto.*”

Já a Terceira Lei foi retomada na seguinte questão aplicada nesta mesma atividade:

Quando apoiamos um livro sobre uma mesa, aparece uma força sobre o livro chamada *força normal*. Em muitos casos, esta força se anula com a força peso. Podemos dizer então que, neste caso, ação e reação se cancelam?

Três alunos responderam de forma correta, mas limitaram-se a dizer apenas: “*Peso e normal não são par ação-reação.*” Apenas um aluno acrescentou que estas forças atuam em corpos diferentes e um aluno respondeu: “*Não. Porque ação e reação estão entre a Terra e o livro, e (sic) as forças entre o livro e a mesa é normal e força de compressão (sic).*”

A Segunda e a Terceira Lei também estão presentes no questionário final. Vejamos a questão em que se aborda a Segunda Lei de Newton:

Por que, quando abandonamos um objeto no ar, vemos a sua queda, mas não vemos a Terra subindo?

Lembrando que, na atividade avaliativa, três dos cinco alunos que participaram da atividade responderam de forma satisfatória, pode-se dizer que houve uma melhora significativa neste questionário final. Seis alunos responderam à pergunta corretamente, enquanto os outros dois violaram a Terceira Lei de Newton ao afirmar que “a força com que a Terra nos atrai é diferente da força com que nós atraímos a Terra.”

Já para a Terceira Lei, foi proposta esta questão:

Onde está a força de reação à força peso? Por que existem situações em que peso e força normal se cancelam e outras em que isto não ocorre?

Desta vez, o resultado foi até mesmo contraditório com o da avaliação anterior. Nenhum aluno respondeu que a reação à força peso se encontrava no centro da Terra. Todos os alunos responderam que, nas situações em que o peso e a força normal não tinham a mesma direção, essas forças não poderiam ser canceladas, mas isto é apenas uma propriedade de vetores e não uma consequência da Terceira Lei de Newton. Esperava-se que o aluno dissesse que, de acordo com esta lei, forças de ação e reação atuam em corpos diferentes. Logo, peso e força normal não podem ser um par ação-reação. A reação à força peso encontra-se no centro da Terra e a força normal é uma

reação à força de compressão dos objetos no solo ou em qualquer lugar onde eles estejam apoiados. Não se sabe se tais erros foram devidos ao fato de os alunos terem esquecido a Terceira Lei de Newton, visto que alguns deles já haviam inclusive acertado uma questão semelhante anteriormente ou se os alunos simplesmente não compreenderam a pergunta.

#### Conceito-chave 6: As observações de Galileu

Este conceito-chave aparece de forma bastante isolada nas avaliações em comparação com os demais. Não aparece no questionário inicial nem no final. Porém, a terceira atividade avaliativa (ver Anexo C) é dedicada inteiramente a este tema. A atividade foi aplicada após uma breve explicação teórica descrita no capítulo anterior. Após a explicação, os alunos foram ao laboratório de Informática, onde fizeram uma simulação das observações de Galileu do planeta Vênus durante um ano.

A atividade pedia para o aluno “observar” e registrar em uma folha o desenho do planeta Vênus em 12 dias ao longo de um ano (uma “observação” por mês) com auxílio do software Stellarium e, a seguir, explicar o porquê das figuras registradas.

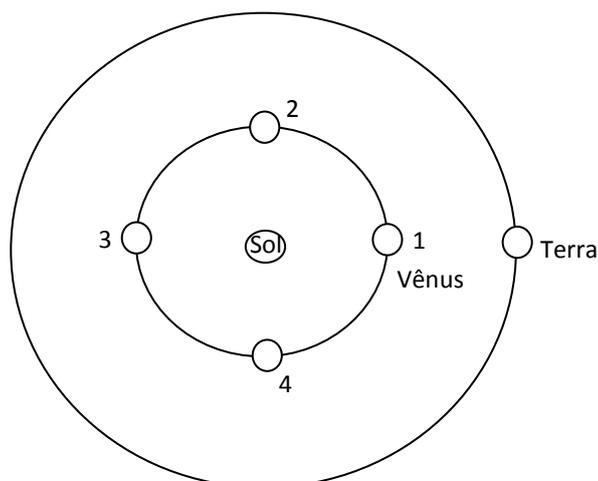
Na parte referente às observações, não houve nenhum tipo de dificuldade. Todos os alunos conseguiram observar que o planeta Vênus possuía “fases”, assim como a Lua, fenômeno que até então nenhum dos alunos conhecia.

Na explicação do fenômeno, surgiram algumas dificuldades. Alguns alunos conseguiram explicá-lo perfeitamente. Por exemplo:

*“A partir do modelo heliocêntrico, dependendo do lugar que Vênus está (sic) conseguimos vê-lo inteiro, nada ou apenas uma de suas partes. Se Vênus estiver na posição 1, não iremos enxergar nada pois não haverá iluminação do Sol. Na posição 2, Vênus estará crescente, na posição 3 veremos Vênus cheio. Já na posição 4, veremos Vênus minguante.”*

Uma figura semelhante à feita pelo aluno para ilustrar sua explicação é apresentada a seguir:

Figura 06 – Ilustração feita por alunos para explicar as fases de Vênus



Fonte: Elaborado pelo autor

Outras respostas, com figura semelhante, foram:

*“De acordo com o modelo heliocêntrico, as fases de Vênus deve-se (sic) ao movimento que Vênus executa em torno do Sol. Em diferentes épocas do ano, conforme a posição que ele se encontra no espaço (sic) em relação ao sol, é possível observar partes diferentes iluminadas, o que da (sic) impressão de observarmos Vênus em diferentes fases.”*

*“De acordo com o movimento de rotação de Vênus ao redor do sol podemos identificar as suas fases. A) Vênus crescente (01/08); B) Vênus cheio (01/09) C) Vênus minguante (01/03); D) Vênus novo (01/06)”*.

Percebe-se, pela última resposta dada, que os alunos ainda não compreendem bem a diferença entre rotação e translação. Por causa desta dificuldade, a última aula do curso foi destinada quase que exclusivamente a explicar a diferença entre as componentes dos movimentos planetários.

#### Conceito-chave 7: Leis de Kepler

Este conceito-chave, extremamente fundamental para o curso, aparece de três formas diferentes, ao longo das avaliações. No questionário inicial, buscando-se evitar aprofundamento matemático a respeito do assunto, pediu-se aos alunos um desenho com o intuito de verificar se eles entendiam como era a

órbita da Terra em torno do Sol (o que exige compreensão da primeira Lei de Kepler):

Faça um desenho da Terra em sua órbita ao redor do Sol mostrando o formato desta órbita e onde se encontra o Sol. Você pode acrescentar comentários por escrito, se julgar necessário.

Por esta questão, pretendia-se compreender a noção que os alunos têm a respeito da órbita da Terra: o quão excêntrica ela é, como é a translação da Terra ao longo desta órbita e onde se encontra o Sol. Dois alunos deixaram a questão em branco. Um aluno desenhou o Sol e a Terra, mas não desenhou a órbita. Cinco alunos desenharam uma órbita bastante excêntrica com o Sol aproximadamente em um dos focos. Três alunos desenharam uma órbita bastante excêntrica, mas colocaram o Sol no centro. Quatro alunos desenharam uma órbita aproximadamente circular com o Sol no centro. Destes quatro, apenas um acrescentou comentários a respeito das Leis de Kepler.

É importante ressaltar que um desenho por si só dificilmente avaliaria a compreensão do aluno sobre o assunto, uma vez que uma boa ilustração deste movimento necessitaria de uma figura em três dimensões. Fica difícil saber se uma órbita excessivamente excêntrica é um sinal de que o aluno desconhece a real excentricidade da órbita da Terra ou se ele simplesmente fez um desenho de uma órbita de baixa excentricidade sobre outra perspectiva. Uma discussão a respeito deste problema pode ser feita em cima de um trabalho de Rodolpho Langhi e Roberto Nardi, no qual se discute as concepções dos alunos sobre a órbita da Terra e as estações do ano tiradas a partir dos livros didáticos (LANGHI, 2007, p.91-92).

Outro autor que aponta as dificuldades dos estudantes em compreender o formato da órbita em torno do Sol é Sobreira (2010). O autor aponta como principais problemas a explicação excessivamente simplificada presente nos livros didáticos (normalmente acompanhada por uma única figura em duas dimensões, algumas vezes sem nenhuma legenda explicativa) agravada pela formação insuficiente em Astronomia de professores desta etapa de ensino (SOBREIRA, 2010, p. 43-45).

Este conceito-chave é retomado na quarta e última atividade avaliativa (ver Anexo C). No momento desta atividade, os alunos já haviam tido contado com simuladores que ilustravam a Primeira e a Segunda Lei. Pediu-se então que os alunos construíssem uma tabela com valores de período orbital e raio médio da órbita de 5 corpos girando em torno do Sol com o objetivo de verificar a Terceira Lei.

Nesta atividade, a maioria dos alunos não apresentou dificuldades. Praticamente todos os alunos conseguiram construir a tabela pedida e verificar que a razão  $\frac{T^2}{r^3}$  é constante para todos os corpos. Apenas um dos seis alunos que realizaram a atividade não se atentou à observação de que se deveria utilizar a mesma unidade de medida em todos os corpos e, portanto, encontrou valores completamente diferentes para a razão.

Todos os alunos construíram as suas tabelas com planetas girando ao redor do Sol. Apenas um aluno incluiu o planeta-anão Plutão em sua tabela, o que não alterava em nada os resultados, visto que Plutão também é um corpo girando ao redor do Sol e, portanto, também obedece à Terceira Lei de Kepler.

No entanto, nem todas as tabelas foram construídas com as mesmas unidades de medida. Três alunos preferiram registrar os valores do período orbital em dias, enquanto os outros três preferiram registrá-lo em anos. Da mesma maneira, três alunos utilizaram a unidade astronômica (U. A.) para a medida do raio médio, enquanto dois preferiram utilizar quilômetros. O último aluno, como já mencionado, não convencionou uma unidade de medida para este dado. Devido à ausência de convenção de unidades, muitos alunos sentiram-se incomodados por não terem encontrado o mesmo valor que o colega. Explicou-se que, no entanto, isto ocorreu apenas porque eles utilizaram unidades de medida diferentes, mas o resultado era o mesmo. Ele apenas estava expresso em outra unidade. Explicou-se ainda que eles poderiam realizar a mesma atividade utilizando outro astro central em vez do Sol (por exemplo, satélites girando em torno de Júpiter); porém, se fizessem isto, aí sim a constante encontrada seria realmente diferente da encontrada para o Sol. Não seria apenas um problema de unidades.

Esta atividade demonstrou que, apesar de muitos dos alunos terem estudado as Leis de Kepler no Ensino Médio ou no Ensino Superior, este assunto não havia sido totalmente compreendido, provavelmente pela falta de tempo e de atenção a este tema que a maioria dos livros didáticos dá. Uma exceção a esta regra pode ser encontrada em Torres et. al (2010), que dedica uma grande parte do conteúdo destinado ao primeiro ano ao ensino de Astronomia.

O último momento no qual este conceito-chave aparece é no questionário final. Neste momento, os alunos já haviam tido a última aula sobre as componentes do movimento da Terra (rotação, translação, precessão etc.) e as consequências de cada uma destas componentes. Buscou-se verificar se os alunos não estavam cometendo um erro bastante comum: a confusão entre a primeira Lei de Kepler e explicação do fenômeno das estações do ano, uma dificuldade também apontada em Sobreira (2010).

Como sabemos pelas leis de Kepler, os planetas possuem órbitas elípticas. É esta a causa da existência das estações do ano? Por quê?

Seis alunos responderam a esta questão corretamente. Afirmaram que a verdadeira causa da existência das estações do ano é a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao seu plano de translação. Destes seis, cinco acrescentaram a suas respostas que a excentricidade da órbita da Terra apenas acentua a diferença entre verão e inverno em um hemisfério e a reduz no outro, o que nem sequer foi comentado ao longo do curso. Apenas dois julgaram que a afirmação acima estava correta. Estes mesmos alunos estavam ausentes na aula em que foi esclarecida a diferença entre as componentes do movimento da Terra.

Para Sobreira, um agravante na relutância em mudar suas pré-concepções a respeito das estações do ano é a falta de consciência que alunos e professores têm sobre suas concepções errôneas. A grande maioria dos professores e alunos sabe dizer que o eixo da Terra é “inclinado”, mas nem todos compreendem as consequências da inclinação do eixo de rotação em relação ao plano da órbita da Terra (SOBREIRA, 2010, p. 47). Percebe-se, pelas respostas acima, que a informação está correta (as estações do ano são causadas pela inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao seu plano

de translação), mas as pré-concepções dos alunos não foram totalmente abandonadas (muitos afirmam ainda que a excentricidade da órbita da Terra acentua a diferença entre inverno e verão).

#### Conceito-chave 8: Centro de Massa

Este último conceito-chave aparece em dois momentos da avaliação do curso: nos questionários inicial e final. Por ser um dos últimos tópicos trabalhados, não houve tempo para se fazer uma atividade avaliativa com questões sobre o tema, optando-se por cobrar perguntas referentes a este tema diretamente no questionário final. Vejamos primeiramente a questão presente no questionário inicial:

Como funciona o movimento relativo entre um planeta e seu satélite natural (por exemplo, Terra e Lua) no espaço?

- ( ) O planeta não sofre influência em seu movimento por causa do satélite. Já o satélite gira em torno do centro do planeta.
- ( ) O satélite não sofre influência em seu movimento por causa do planeta. Já o planeta gira em torno do centro do satélite.
- ( ) Ambos giram em torno do centro de massa dos dois, que pode ou não estar dentro do planeta.
- ( ) Nenhum dos dois apresenta movimento em relação ao outro.

Nesta questão de múltipla escolha, a resposta correta seria a terceira alternativa. Esta questão visava verificar se o aluno possuía noção a respeito do que é o centro de massa dos corpos, o que normalmente não é discutido no Ensino Médio. Vale lembrar que 9 alunos que responderam ao questionário já haviam cursado o primeiro ano da Licenciatura em Química e já haviam passado pela disciplina de Física Básica. Portanto, estes alunos pelo menos deveriam saber responder a esta pergunta. No entanto, apenas 4 alunos acertaram a questão. Apenas um aluno marcou a segunda alternativa e um deixou a questão em branco. Os demais assinalaram a primeira alternativa, o que mostra que a maioria veio para o curso com a impressão de que o corpo de maior massa fica estático enquanto o corpo de menor massa gira ao seu redor.

Já no questionário final, aplicado após a aula sobre centro de massa e marés, havia a seguinte pergunta:

Se houvesse apenas a Terra e a Lua, quem iria girar em torno do quê? Explique como isto interfere nas marés da Terra.

Dos seis alunos aos quais foi solicitado responder esta pergunta, apenas três responderam corretamente que a Terra e a Lua giram em torno do centro de massa do sistema formado por estes dois corpos. Já a explicação do fenômeno das marés foi considerada insatisfatória por parte de todos os alunos, visto que todos tentaram justificar o fenômeno pelo alinhamento entre Sol, Terra e Lua, o que em momento algum apareceu na sala de aula ou no material fornecido aos alunos. Este “alinhamento”, que raramente ocorre de forma perfeita, pode até contribuir com o fenômeno, uma vez que o Sol também tem papel importante nas forças de maré, mas não explica por si só a mudança no nível da água do mar ao longo do dia. Fernando Lang aponta como as pessoas confundem a real participação da Lua no fenômeno das marés com explicações astrológicas (SILVEIRA, 2003, p.11). Este “alinhamento” proposto por alguns alunos é exemplo desta confusão, uma vez que muitas coisas são justificadas em Astrologia pelo alinhamento entre astros, mas, para esta questão, tal explicação é insatisfatória.

### Conclusão:

Percebe-se, pela análise acima uma evolução satisfatória na compreensão dos conceitos-chave Campo Gravitacional e Força-Peso, Força de Atração Gravitacional e o Movimento dos Astros, Segunda e Terceira Lei de Newton, Observações de Galileu e Leis de Kepler. Não se pode dizer o mesmo dos conceitos Referenciais e Centro de Massa, onde o resultado se mostrou aquém do esperado. Quanto à Lei da Inércia, fica uma dúvida: embora o resultado da avaliação tenha se mostrado satisfatório, fica difícil crer numa compreensão significativa deste conceito sem a devida compreensão de Referenciais.

Como justificativas para as falhas do material, pode-se apontar a indevida atenção que se deu ao tema Referenciais, que poderia ter sido abordado já nos primeiros questionários, diagnosticando desde o início este problema, assim

como poderia ter havido mais aulas sobre o tema Centro de Massa, principalmente sobre Marés, que acabou sendo um assunto visto muito rapidamente.

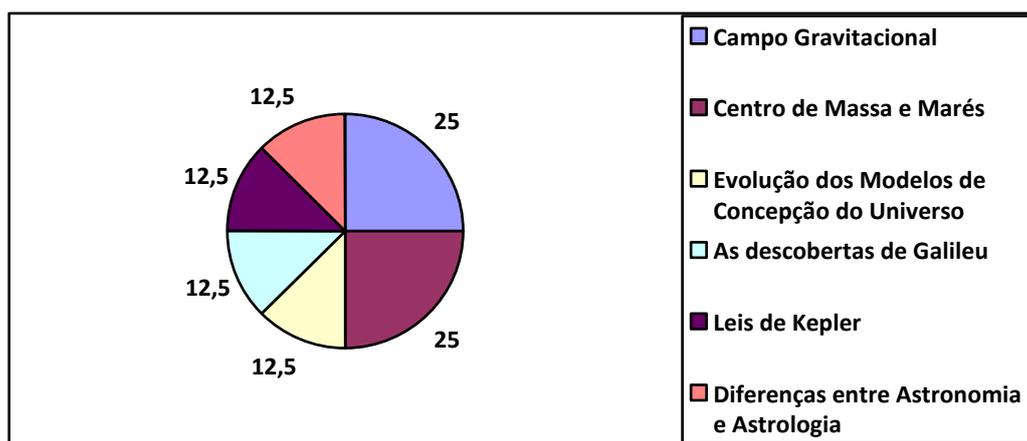
## **Parte II – Análise das opiniões pessoais dos alunos a respeito do curso**

Para esta análise, um conjunto de 7 questões (6 para os alunos de Ensino Superior) foi entregue ao final do curso, como uma segunda parte do questionário final. Estas perguntas visavam verificar o aproveitamento e as opiniões pessoais de cada aluno. A seguir são apresentados os resultados deste questionário:

Qual foi o assunto do qual você mais gostou durante o curso? Por quê?

Nesta questão, houve dois votos para Campo Gravitacional, dois votos para Centro de Massa e Marés, um voto para Evolução dos Modelos de Conceção do Universo, um voto para As Descobertas de Galileu, um voto para Leis de Kepler e um voto para Diferenças entre Astronomia e Astrologia. Os resultados em porcentagens são expressos a seguir:

Figura 07 – Tópicos preferidos dos alunos



Fonte: Elaborado pelo autor

Qual foi o assunto que menos lhe interessou? Por quê?

Nesta questão, houve um voto para Campo Gravitacional, um voto para Força Peso e um voto para Diferenças entre Astronomia e Astrologia. Os demais alunos deixaram a questão em branco ou disseram que nenhum tópico havia lhes desagradado.

Há algum assunto que você queria que tivesse sido abordado durante o curso, mas não foi? Qual?

Houve algum assunto que você achou desnecessário abordar durante o curso? Qual?

Na primeira questão, quatro alunos (50%) disseram que queriam ter estudado mais sobre os planetas e as estrelas e um aluno disse que queria ter estudado mais a fundo as diferenças entre Astronomia e Astrologia. Nenhum aluno julgou nenhum tópico desnecessário.

Você gostaria de fazer alguma sugestão ao curso? Qual?

Apenas duas sugestões foram apresentadas: três alunos sugeriram uma atividade de observação noturna e outros dois sugeriram a utilização de mais vídeos e softwares.

Como você avalia a sua participação no curso (Atribua a si mesmo uma nota de 0 a 10).

A nota atribuída a cada aluno oscilou entre 7,0 e 9,0. Os alunos que se atribuíram as menores notas justificaram que isso se devia às suas ausências durante o curso.

7) Atribua uma nota de 0 a 10 a cada uma das atividades elaboradas pelos seus colegas que você realizou. (apenas para alunos do Ensino Médio)

Esta questão, restrita aos alunos de Ensino Médio, visava avaliar as atividades desenvolvidas pelos alunos de Ensino Superior, que se encontram no anexo D. Ao todo, quatro atividades foram desenvolvidas: “Por que adotamos o horário de verão?”, “Descobrimo os satélites dos planetas do Sistema Solar” “Conhecendo as fases da Lua” e “Medindo as distâncias do Sistema Solar”. Destas atividades, as três primeiras tiveram média 8,0 enquanto a última teve média 10,0. Como justificativa, os alunos disseram que esta atividade era bem completa e que tinham achado interessante construir um Sistema Solar com distâncias em escala, pois nunca tinham parado para pensar como seria esta figura.

Faça os comentários que julgar pertinentes.

De todos os comentários feitos pelos alunos, destacam-se aqui quatro, considerados mais relevantes para a avaliação do curso:

*“Gostei do curso, pois a Astronomia desperta muito interesse tanto dos alunos quanto dos professores.”*

*“Achei muito importante o curso, pois não temos esta matéria na nossa grade, mas provavelmente teremos que dar aula sobre este conteúdo.”*

*“Tive um pouco de dificuldade com os cálculos, mas gostei muito da parte histórica.”*

*“Gostei do curso, mas achei a carga horária muito pequena. Gostaria de ter explorado mais softwares e vídeos sobre o assunto.”*

Nota-se, pelo primeiro comentário, que o aluno vê na Astronomia um grande potencial motivador, ou como apontado pela teoria ERG, vê na Astronomia algo que desperta sua necessidade de crescimento. Já o segundo comentário aponta também uma necessidade de baixo nível: as exigências do mercado de trabalho: o conhecimento a respeito de Astronomia lhe é exigido pelo ambiente de trabalho. Se a falta deste conhecimento fosse penalizada com a não obtenção do seu diploma de graduação ou algo do tipo, poderíamos encaixar esta situação na teoria X de McGregor, mas não é o caso. O estudante busca este conhecimento porque quer se destacar dos demais profissionais da área, no caso, professores de Ciências e obter melhores oportunidades no futuro. Isto está muito mais de acordo com a teoria Y do mesmo autor do que com a teoria já citada.

O terceiro comentário mostra que o curso atendeu às exigências de rigor matemático, o que era uma das grandes preocupações do curso. É digno de nota que, apesar deste rigor, o estudante que fez este comentário não se sentiu desmotivado a continuar o curso, tanto que o acompanhou até o final, apesar de suas dificuldades mencionadas. Por último, o comentário final mostra que as possibilidades a se explorar com a Astronomia são inúmeras, tanto que o estudante julgou a carga horária e a exploração dos softwares insuficientes para os seus propósitos. Os dois últimos comentários mostram que a Astronomia nem sempre é um assunto simples de assimilar, mas ainda assim é um tema bastante motivador para o ensino de qualquer outra disciplina.

## **Capítulo 6**

### **Considerações Finais:**

Este trabalho teve como objetivo mostrar uma forma de utilizar a Astronomia como um tema motivador para o Ensino de Física.

Diferentemente dos cursos de Física tradicionais, nos quais o atendimento às exigências do mercado de trabalho e das Instituições de Ensino Superior são vistas não apenas como uma consequência natural do esforço realizado pelo estudante, mas sim como o objetivo em si do estudo, este curso procurou motivar o estudo da Física pela necessidade de crescimento do indivíduo e por sua vontade natural, muitas vezes desprezada, de aprender alguma coisa relacionada a esta disciplina.

Como mostram os trabalhos de pesquisa já realizados nesta área, a Astronomia possui um grande poder motivador para o Ensino de Física e sua inserção no currículo é inclusive incentivada pelas PCN+. Porém, é importante destacar que a maneira como a Astronomia foi inserida nesta proposta diverge em muitos pontos das propostas que seguiram muito rigidamente as Orientações. Neste contexto, a Astronomia (ou Universo, Terra e Vida, de maneira mais ampla) não foi tomada como um tema estruturador nem foi proposto que se trabalhasse este conteúdo durante algum momento específico ao longo do Ensino Médio. Nesta proposta que, infelizmente, só pôde contemplar o ensino de Física relacionado à área de Mecânica, a Astronomia foi sempre vista em paralelo com os tópicos abordados, ou seja, houve uma fusão entre os temas estruturadores propostos pelas PCN+.

O trabalho, como pode ser verificado ao longo desta dissertação, passou por várias modificações até que se atingisse um resultado interessante para ser apresentado. Desde uma edição inicial com resultados pouco satisfatórios até uma nova, com um público diferente do previsto. O curso, que era previsto como uma extensão a alunos do Ensino Médio e, no entanto, teve mais alunos de Licenciatura do que do público-alvo, adquiriu um caráter de curso de formação de professores, algo totalmente imprevisto. No entanto, como

mostram os dados coletados pela avaliação, este público mostrou-se tão adequado aos objetivos do trabalho quanto o público-alvo idealizado. Como se pôde verificar ao longo das avaliações, o estudante de Ensino Superior possui tantas dificuldades em compreender significativamente conceitos básicos quanto estudantes de Ensino Médio e, muitas vezes, possui até mesmo mais relutância para fazer uma transposição de aprendizagem do que estes.

Este curso procurou transformar a aprendizagem exclusiva de fórmulas por parte dos alunos em conceitos físicos. Como mostram as avaliações, houve situações em que esta transposição foi árdua, mas aconteceu, assim como houve situações em que a aprendizagem mecânica foi mantida, revelando imperfeições do curso que precisam ser trabalhadas caso haja uma nova oportunidade de realizar um trabalho semelhante.

É importante lembrar que, embora este curso tenha focado apenas a parte de Física referente à área de Mecânica, este estudo pode ser estendido a diferentes áreas, como Óptica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna, possibilitando assim a confecção de novos materiais paradidáticos que utilizem a Astronomia como um tema motivador para o Ensino de Física.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se implementar esse tipo de abordagem utilizando outros conteúdos de Física relacionados com Astronomia e Astrofísica, como por exemplo os conceitos relacionados a luz e ondas, bem como a inserção dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea.

## REFERÊNCIAS:

BOCZKO, R. **Conceitos de astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: MEC, 1996. 31p. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>. Acesso em: 19/06/2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Fundamental – Volume 04: Ciências Naturais**. Brasília: MEC, SEF, 1998. 139 p. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em: 19/05/2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio – Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 1998. 58 p. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 05/05/2012.

\_\_\_\_\_. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. 141 p. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 05/05/2012.

BURKARTER, E. et al. **Física – Ensino Médio**. Curitiba: Secretaria de Estado da Educação. 2006. Disponível em:<[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/File/livro\\_e\\_diretrizes/livro/fisica/seed\\_fis\\_e\\_book.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/File/livro_e_diretrizes/livro/fisica/seed_fis_e_book.pdf)>. Acesso em: 30/06/2012.

CHIBENI, S. S. **O que é ciência?** Disponível em:<<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/ciencia.pdf>>. Acesso em: 15/01/2012.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal (Um Texto para o Ensino Médio). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 257-271, 2004.

DREYER, J. L. E. **A History of astronomy**: from Thales to Kepler. New York: Dover, 1957.

FERNANDES, J. A. **A Seleção de conteúdos**: o professor e a sua autonomia na construção do currículo. São Carlos: EdUFSCar. 2010. 65p. (Coleção UAB-UFSCar – Pedagogia).

GASPAR, A. **Compreendendo a Física – volume 1**. São Paulo: Ática, 2011.

GLEISER, M. **A dança do universo**: dos mitos de criação ao Big Bang. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física vol. 1 – Mecânica**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HAWKING, S. W. **Uma breve história do tempo**: do Big Bang aos buracos negros. Rio de Janeiro: Rocco, 1988.

INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION (IAU). **General assembly**: result of the IAU resolution votes. Disponível em: <<http://www.iau.org/static/archives/releases/pdf/iau0603.pdf>>. Acesso em: 05/01/12.

KEMPER, E. **A Inserção de Tópicos de Astronomia Como Motivação Para o Estudo de Mecânica em Uma Abordagem Epistemológica Para o Ensino Médio**. 2008. 127 p. (Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

KHUN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R. Erros de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes nos livros didáticos de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n.1, p.87-111, 2007.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Astronomia nos livros didáticos de Ciências – um panorama atual. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XIV, 14. 2005. Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física. (online) Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0225-1.pdf>> Acesso em: 30/04/2012.

MARTINS, R. A. Como distorcer a física: considerações um exemplo de divulgação científica 1 – física clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 243-264, 1998.

\_\_\_\_\_. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2 – física moderna. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 265-300, 1998.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física de olho no mundo do trabalho**. São Paulo: Scipione, 2005.

MEDEIROS, A. Entrevista com Tycho Brahe. **Física na escola**. v. 2, n. 2, p. 19-30, 2001.

MEES, A. A. **Astronomia: Motivação Para o Ensino de Física na 8ª série**. 2004. 132 p. (Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MENEZES, L. C. (Org.). **Professores, formação e profissão**. Campinas: Ed. Autores Associados, 1996.

MOURA, R.; CANALLE, J. B. G. Os mitos dos cientistas e suas controvérsias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 238-251. 2001.

MOTA, A. **Astronomia, Uma Nova Abordagem da Física no Ensino Médio**. 23/11/2006. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Física – Licenciatura) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006. 53p.

MOTA, A. T.; BONOMINI, I. A. M.; ROSADO, R. M. M. Inclusão de Temas Astronômicos numa Abordagem Inovadora do Ensino Informal de Física para Estudantes do Ensino Médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 8, p. 7-19, 2009. Disponível em:< [http://www.relea.ufscar.br/num8/RELEA\\_A1\\_n8.pdf](http://www.relea.ufscar.br/num8/RELEA_A1_n8.pdf)>. Acesso em: 20/04/2012

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia & Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

PIRES, A. S. T. **Evolução das ideias da física**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

ROBBINS, S. P. **Comportamento organizacional**. Tradução de Reynaldo Marcondes. 11. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

ROCHA, J. F. (Org.). **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

ROSADO, R. M. M., Qualidade no Ensino Público: Uma Visão Crítica Sobre as PCN+ e a Proposta Curricular do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. 19., 2011. Manaus. **Resumos...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2011. (online) Disponível em:< <http://www.sbfisica.org.br/~snef/xix/>>. Acesso em: 30/04/2011.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Física – volume único**. 3. ed. São Paulo: Atual, 2008.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. **Caderno do Aluno – Física – Ensino Médio – 1ª série (4 volumes)**. São Paulo: SEE, 2009.

\_\_\_\_\_. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo – Física – Ensino Médio**. São Paulo: SEE, 2008, 64p. Disponível em:<[http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Prop\\_FIS\\_COMP\\_red\\_md\\_20\\_03.pdf](http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Prop_FIS_COMP_red_md_20_03.pdf)>. Acesso em: 30/06/2012.

SCMITT, C. E. **O Uso da Astronomia Como Instrumento Para a Introdução ao Estudo das Radiações Eletromagnéticas no Ensino Médio**. 2005. 113 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVEIRA, F. L. Marés, Fases Principais da Lua e Bebês. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 10-29, 2003.

SOBREIRA, P. H. A. Estações do Ano: concepções espontâneas, alternativas, modelos mentais e o problema da representação em livros didáticos de Geografia. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Átomo, 2010. p. 37-59.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Física, Ciência e Tecnologia – volume 1**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

**PÁGINAS CONSULTADAS:**

<http://www.if.ufrgs.br>. Acesso em 26/08/11.

<http://www.winstars.net>. Acesso em 16/09/11.

<http://www.shatters.net/celestia>. Acesso em 16/09/11.

<http://www.stellarium.org>. Acesso em 16/09/11.

<http://www.pion.sbfisica.org.br>. Acesso em 07/10/11

# **ANEXOS**

**ANEXO A:**  
**MATERIAL UTILIZADO AO LONGO**  
**DO CURSO**

## LISTA DE FIGURAS:

Figura 01: Referenciais.....	VII
Figura 02: Modelo Ptolomaico.....	XVIII
Figura 03: Epíclis.....	XIX
Figura 04: 1ª Lei de Kepler.....	XXIV
Figura 05: 2ª Lei de Kepler.....	XXIV
Figura 06: Cônicas.....	XXVI
Figura 07: Elipses de diferentes excentricidades.....	XXVI
Figura 08: Parábola.....	XXVII
Figura 09: Hipérbole.....	XXVII
Figura 10: Centro de Massa.....	XXIX
Figura 11: Marés (modelo hipotético).....	XXX
Figura 12: Marés (modelo real).....	XXX
Figura 13: Corpo extenso.....	XXXI
Figura 14: Rotação de um corpo extenso.....	XXXII
Figura 15: Translação de um corpo extenso.....	XXXII
Figura 16: Esfera Celeste.....	XXXVI
Figura 17: Observador no hemisfério sul.....	XXXVII
Figura 18: Observador no hemisfério sul 12 horas depois.....	XXXVII
Figura 19: Movimento das estrelas para um observador nos hemisférios norte e sul.....	XXXVIII
Figura 20: Observador no Equador.....	XXXVIII
Figura 21: Movimento das estrelas para um observador no Equador.....	XXXIX
Figura 22: Observador nos polos.....	XXXIX
Figura 23: Movimento das estrelas para um observador nos polos.....	XL
Figura 24: Imagem de longa exposição de um céu no hemisfério sul.....	XLI

## LISTA DE TABELAS:

Tabela 01: Diferenças entre massa e peso.....	XII
Tabela 02: Dias da semana em latim e em diferentes línguas românicas....	XVII
Tabela 03: Distâncias entre os planetas e o Sol.....	XX
Tabela 04: Excentricidades das órbitas de diferentes astros.....	XXVII
Tabela 05: Duração do trânsito solar pelas diferentes constelações da eclíptica.....	XLIII

**SUMÁRIO:**

Prefácio.....	VI
Referenciais: Estamos Parados ou não?.....	VII
O Campo Gravitacional.....	IX
A Força Peso.....	XI
As Leis de Newton.....	XIII
Evolução dos Modelos de Concepção do Universo.....	XVI
O Modelo de Ptolomeu.....	XIX
O Modelo de Copérnico.....	XX
As Observações de Brahe e as Leis de Kepler.....	XXIII
Centro de Massa e as Marés.....	XXIX
O Movimento da Terra e Seus Componentes.....	XXXII
A Eclíptica.....	XLII

**Prefácio:**

Gostaria de iniciar este curso com uma citação do livro *Uma breve história do tempo* do físico Stephen Hawking, um dos livros mais vendidos sobre Astronomia no mundo.

Em uma conferência sobre Astronomia do filósofo Bertrand Russel, em que a Terra era descrita como um objeto que girava em torno do Sol e o Sol como um objeto que girava em torno do centro da nossa galáxia, uma senhora no fundo da sala levantou-se e disse que aquilo era uma tolice, que a Terra era um objeto plano apoiado sobre as costas de uma tartaruga gigante e que havia infinitas tartarugas debaixo desta.

Acho interessante este trecho, pois nos remete à ideia de geocentrismo, ou seja, a Terra no centro do universo, e geoestatismo (Terra em absoluto repouso). Hoje, este modelo de universo pode nos parecer ridículo, afinal ensinamos desde cedo às crianças que é a Terra que gira em torno do Sol, e não o contrário! Porém, você já parou para pensar como é difícil provar isto? Faça o teste: quantas evidências você consegue encontrar de que a Terra realmente está girando em torno do Sol? Não vale citar fenômenos como o nascer e o pôr do sol ou outras coisas que poderiam ser justificadas tão bem quanto pelo modelo geocêntrico.

Não foi fácil, não é? Não foi à toa que a humanidade demorou tanto tempo para saber o que sabemos hoje. É assim que funciona a Ciência: nós criamos modelos para explicar o que observamos até surgir alguma coisa que não possa ser explicada pelo modelo. A partir daí, surgem novos modelos mais aprimorados e assim por diante, de modo que nunca podemos ter certeza de que o modelo em que acreditamos será o último. Mas isto não desmerece a Ciência. Muito pelo contrário! É muito bom saber que, apesar de conhecermos tanta coisa sobre o nosso Universo, ainda há muito o que descobrir.

Este material tem por objetivo introduzi-lo a uma antiga Ciência: a Astronomia. Você verá o quanto de Ciência foi necessário para sabermos o que sabemos hoje. Espero que gostem!

### Referenciais: Estamos parados ou não?

Considere a figura abaixo, na qual temos um observador O e um carro se afastando dele:

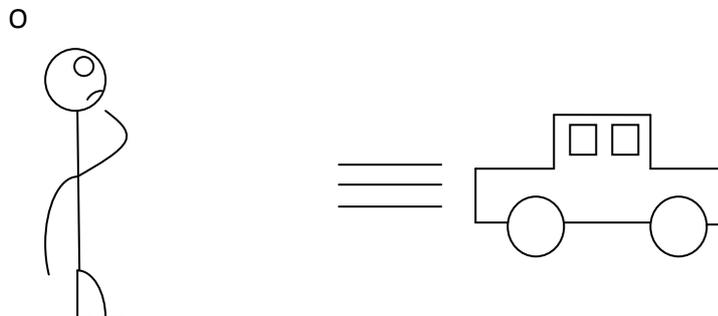


Figura 01 – Referenciais inerciais

Em relação ao observador O, o carro está em movimento e o observador está parado.

Em relação ao motorista, o carro está parado e o observador está em movimento em sentido contrário ao observado pelo observador O.

Afinal, o observador O está em movimento ou está parado?

É impossível responder a esta pergunta sem antes informar qual referencial está sendo adotado. Um objeto pode estar em movimento para um determinado referencial, mas em repouso para outro, como é o caso do observador O no exemplo acima.

E nós? Será que podemos dizer que estamos parados?

Novamente, a pergunta só faz sentido depois que definimos um referencial. Em relação a um observador dentro da sala em que você está, você muito provavelmente está parado. Mas e em relação a um observador fora da Terra?

Em relação a este observador, nós apresentamos movimento de rotação em torno do eixo da Terra, afinal, a Terra está girando. Nós só não consideramos esta velocidade no exemplo anterior porque um observador na mesma sala que você apresenta exatamente a mesma velocidade em relação ao eixo da Terra que você.

Se este observador estivesse em um ponto mais distante, nosso movimento seria ainda mais complexo, pois envolveria não só a rotação da Terra em torno do seu próprio eixo, mas também a translação – movimento da Terra em torno do Sol.

E, se levarmos este observador para um ponto ainda mais longe, o movimento ficaria mais complexo ainda, pois o Sol apresenta movimento em relação à Via Láctea, que por sua vez, também apresenta movimento em relação às outras galáxias.

Você deve estar se perguntando qual é o melhor referencial então para se adotar? A resposta é simples: não há um melhor referencial! Não existe um “ponto imóvel” no Universo para qualquer referencial. Não existe um centro do Universo! As galáxias se deslocam umas em relação às outras sem, no entanto, existir um referencial melhor para se escolher. Qualquer referencial que você quiser adotar vai ser tão bom quanto qualquer outro. Você escolhe, portanto, o referencial mais adequado para cada situação.

Agora, se nós podemos analisar o nosso movimento em relação a um colega ao nosso lado ou em relação a um ponto qualquer da Via Láctea e obter repouso em um caso e um movimento extremamente complexo em outro, você deve estar se perguntando por que nós não sentimos este movimento complexo!

É simples! Considere o exemplo de um trem se movendo ao longo de uma ferrovia com velocidade constante em relação a esta. Para a pessoa que está no interior do veículo, tudo se passa exatamente como se ela estivesse do lado de fora. Ela poderia até jogar pingue-pongue dentro do trem se este conseguisse manter sua velocidade constante (sem sacolejos) que o resultado seria o mesmo de um jogador do lado de fora! Logo, percebemos que não somos capazes de sentir velocidades, e sim, alterações na velocidade! Em outras palavras, nós conseguimos sentir quando a velocidade aumenta (aceleração) ou quando ela diminui (desaceleração), mas não conseguimos determinar a priori em que velocidade estamos apenas com os nossos órgãos do sentido. Para se ter uma ideia, neste momento, você está girando em torno do eixo da Terra com uma velocidade provavelmente muito maior do que de

um carro de fórmula 1 e, mesmo assim, você não está sentindo absolutamente nada de extraordinário<sup>1</sup>! É por isso que não há problema algum em trocar o referencial e obter uma velocidade diferente. A velocidade, por si só, não causa diferença nos movimentos, por mais estranho que isto possa parecer a princípio.

### **O Campo Gravitacional:**

A lei da Gravitação Universal de Isaac Newton diz que todo objeto dotado de massa cria ao redor de si um campo gravitacional. A intensidade deste campo pode ser calculada como:

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad (1)$$

onde:  $G$  = constante gravitacional (no SI, esta constante vale  $6,67 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>);

$M$  = massa do objeto que cria o campo;

$r$  = distância entre o objeto que cria o campo e o ponto em que queremos calculá-lo;

$g$  = valor do campo gravitacional.

E se quisermos calcular o campo gravitacional da Terra em sua superfície? Neste caso, precisamos saber a massa da Terra ( $m_T$ ) e o raio da Terra ( $r_T$ ). Consultando estes valores na referência bibliográfica, obtemos:

$$M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$r_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Substituindo estes valores, encontramos:

$$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \cong 9,8 \text{ N/kg} \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> A velocidade exata depende da latitude do observador. No Equador, ela atinge o seu valor máximo, que é de 463 m/s, o que equivale a aproximadamente 1670 km/h.

E se colocarmos um objeto de massa  $m$  em algum ponto onde existe um campo gravitacional  $g$ ? Surgirá sobre este corpo uma força de atração dada pelo produto entre a massa do objeto e o campo gravitacional. De maneira geral, podemos escrever esta força então como:

$$F = \frac{GMm}{r^2} \quad (3)$$

Esta expressão acima é conhecida como Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton. Ela serve para calcular a atração gravitacional entre quaisquer dois objetos dotados de massa. Mas, a princípio, pode parecer estranho isto: existe uma força de atração entre quaisquer dois objetos dotados de massa? Isto significaria que existe uma força de atração entre você e a cadeira onde você está sentado ou até mesmo entre duas canetas no seu estojo! Por que não percebemos todas estas forças então?

Vamos fazer um teste simples. Vamos calcular a força entre dois objetos de massas aparentemente grandes para o nosso dia a dia, mas relativamente muito pequenas se comparadas com a massa da Terra ou da Lua, por exemplo. Vamos supor que temos um melão de massa 2 kg e uma melancia de massa 5 kg separados em uma mesa de uma distância de 10 cm (0,1 m). Utilizando a expressão acima, podemos calcular facilmente a força de atração entre estes dois objetos:

$$F = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,2}{(0,1)^2} = 6,67 \cdot 10^{-8} N \quad (4)$$

Como podemos ver, esta força é muito pequena e, portanto, desprezível se comparada com as forças com as quais lidamos no nosso dia a dia!

### **A Força Peso:**

Em casos em que pelo menos um dos corpos possui massa suficientemente grande para que a força de atração gravitacional não seja desprezível, esta força é chamada **força peso**.

Como vimos anteriormente, a força de atração gravitacional possui intensidade dada por:

$$F = \frac{GMm}{r^2} \quad (5)$$

Lembrando que definimos a intensidade do campo gravitacional como:

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad (6)$$

Ou seja, a intensidade da força de atração gravitacional é o produto da intensidade do campo gravitacional pela massa sujeita a este. Em outras palavras:

$$F = mg \quad (7)$$

Mas, como chamamos esta força de **peso**, vamos utilizar a letra P em vez de F para denotá-la:

$$P = mg \quad (8)$$

Como o peso é uma força, sua unidade de medida é o **newton** (N). No Sistema Internacional de Unidades, também conhecido como SI, medimos a massa em quilogramas (kg) e o campo gravitacional em newtons por quilogramas (N/kg).

Peso e massa são duas grandezas bastante diferentes na Física. Embora seja muito comum no dia a dia ouvir frases como “Meu peso é 60 kg”, esta frase não está fisicamente correta. Não se mede peso em quilogramas. O correto seria dizer “Minha massa é 60 kg”. Para saber o peso de uma pessoa, é necessário multiplicar o valor da sua massa pelo campo gravitacional ao qual ela está sujeita. Na Terra, o valor do campo gravitacional é de aproximadamente 9,8 N/kg no nível do mar. Logo, uma pessoa de massa 60 kg possui peso aproximadamente igual a 588 N nestas condições.

Além disto, massa é uma grandeza **escalar**, ou seja, a massa é uma grandeza que pode ser suficientemente expressa através de um número e sua unidade. Se alguém lhe disser “uma massa igual a 5 kg”, esta pessoa não lhe precisará informar mais nada. Já com forças, isto não é verdade. Não basta dizer “uma força de 2 N” sem informar a direção e sentido em que esta força é aplicada. Logo, as forças são grandezas **vetoriais**. O peso, por ser uma força, é uma grandeza vetorial também. A direção do peso é a direção da reta que une o

corpo em questão ao centro da Terra (ou do corpo que esteja criando o campo gravitacional em questão). Já o sentido é: apontando para o centro da Terra (ou para o corpo que cria o campo gravitacional). A intensidade é o valor numérico e sua unidade (se estivermos usando o SI, esta unidade é o newton).

E, para finalizar, a massa não depende do campo gravitacional. Uma laranja de massa 0,5 kg possuirá massa igual a 0,5 kg em qualquer lugar em que ela estiver. Não importa se esta laranja está na Terra, na Lua, em Marte ou em Vênus. Sua massa continua sendo de 0,5 kg. Já o peso da laranja é variável. Na superfície da Terra, o campo gravitacional tem intensidade 9,8 N/kg. Logo, esta laranja possuirá peso igual a  $0,5 \times 9,8 = 4,9$  N se for colocada na superfície da Terra. Já na superfície da Lua, o campo gravitacional tem intensidade 1,6 N/kg. Logo, o peso desta laranja na superfície da Lua será de  $0,5 \times 1,6 = 0,8$  N. Seguindo o mesmo raciocínio, pode-se calcular o peso desta laranja na superfície de Marte, de Vênus ou de qualquer outro astro.

Resumindo:

<b>Massa:</b>	<b>Peso:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• É medida em kg no SI;</li> <li>• É uma grandeza escalar;</li> <li>• Não depende do campo gravitacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É medido em N no SI;</li> <li>• É uma grandeza vetorial;</li> <li>• Depende do campo gravitacional.</li> </ul>

Tabela 01: Diferenças entre massa e peso

### **As Leis de Newton:**

Além da Lei da Gravitação Universal, Isaac Newton é conhecido principalmente pelas suas três leis da Mecânica Clássica. Neste capítulo, veremos as três leis (e suas respectivas aplicações na Astronomia) em ordem inversa. Vamos, portanto, começar pela terceira lei:

#### **A Terceira Lei de Newton (Lei da Ação e Reação):**

Esta lei diz que, para todo corpo que aplica uma força de ação em outro corpo, este aplica naquele uma força de reação de mesma direção e intensidade, porém sentido contrário.

Entretanto, é importante ressaltar que estas forças **não** se cancelam, pois atuam em corpos diferentes.

Esta lei é fácil de se observar no dia a dia. Quando damos um soco em uma parede, sentimos em nossas mãos uma força de mesma intensidade e direção da força aplicada, porém em sentido contrário. É por isso que sentimos dor. Pelo mesmo motivo, nós somos capazes de andar. Quando damos um passo, o que estamos fazendo na verdade é aplicando uma força no chão em sentido contrário ao sentido no qual queremos andar. Quem nos empurra para frente é a força de reação a esta força aplicada.

Agora, vejamos a força que acabamos de estudar: a força peso. Como vimos, esta força é consequência do campo gravitacional criado pela Terra ou por algum outro astro. No nosso caso, é a Terra então que nos aplica esta força. Sendo assim, a força de reação só pode então estar aplicada na Terra! É muito comum as pessoas confundirem a reação da força peso com outra força, chamada **força normal**. Esta força é a reação à compressão que exercemos sobre o solo. Ela recebe este nome porque forma sempre um ângulo de 90° em relação à superfície.

#### A Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica):

Uma pergunta que você deve estar se fazendo agora a respeito da terceira Lei de Newton é: se nós atraímos a Terra com uma força de mesma intensidade com que ela nos atrai, como não vemos ela subindo quando um corpo está em queda livre?

A resposta para esta pergunta não está na terceira Lei, mas sim na segunda, que relaciona a força resultante (soma vetorial de todas as forças aplicadas em um corpo) com a sua aceleração adquirida. Matematicamente, ela pode ser escrita como:

$$F = ma \quad (9)$$

Como a Terra possui massa muito maior do que nós, um corpo sujeito à força peso irá adquirir uma aceleração para baixo muito maior do que a aceleração que a Terra irá adquirir para cima.

Também podemos interpretar a expressão matemática da força peso como uma aplicação da segunda Lei de Newton:

$$F = m \cdot a$$



$$P = m \cdot g$$

Isto nos mostra que o valor do campo gravitacional  $g$  possui a dimensão de uma **aceleração**. Portanto, podemos usar tanto a unidade N/kg para medi-lo quanto a unidade de aceleração no SI: metros por segundo por segundo, ou simplesmente, **metros por segundo ao quadrado** ( $m/s^2$ ). As duas unidades são equivalentes.

#### A Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia):

Esta Lei, embora seja conhecida como Primeira Lei de Newton, foi praticamente toda elaborada por outro cientista muito importante para a Astronomia: o italiano **Galileu Galilei**. Newton apenas deu o formalismo matemático relacionando-a com a segunda Lei, como faremos a seguir:

Vamos considerar que um corpo não esteja sujeito a nenhuma força ou que a resultante de todas as forças é nula. Nestes casos,  $F = 0$ . Porém uma multiplicação só possui resultado igual a zero quando um dos termos é igual a zero. Obviamente, a massa não pode ser este termo. Logo, o único termo que pode ser igual a zero é a aceleração.

Mas o que significa dizer que a aceleração de um corpo é igual a zero? Há duas situações possíveis:

- I) O corpo está em **repouso**, ou seja, ele não possui velocidade nem aceleração. Sua tendência, portanto, é de permanecer em repouso até que alguma força lhe seja aplicada.
- II) O corpo está em **movimento retilíneo uniforme**, ou seja, ele se desloca em linha reta com velocidade constante. Sua tendência é de permanecer neste movimento até que uma força lhe seja aplicada.

Esta segunda conclusão pode parecer estranha à primeira vista. Sabemos que, se chutarmos uma bola, ela irá perder velocidade até parar. Mas este pensamento só é verdadeiro porque nos acostumamos com os nossos exemplos cotidianos aqui na Terra, onde sempre existe uma força chamada **atrito**, por menor que ela seja. É por isto que a bola no exemplo citado para. Se quiséssemos verificar a primeira Lei de Newton de fato, teríamos que realizar esta experiência em algum ponto do espaço longe da influência do campo gravitacional da Terra.

### **Evolução dos Modelos de Concepção do Universo:**

Desde a antiguidade, muitos filósofos e cientistas elaboraram modelos para explicar o movimento dos astros no céu. Alguns destes modelos eram **geocêntricos** (Terra no centro) e outros eram **heliocêntricos** (Sol no centro). Havia também modelos que combinavam um pouco do modelo geocêntrico com um pouco do modelo heliocêntrico.

Entre eles, um filósofo que merece destaque é o grego **Aristóteles**. Ele acreditava que a Terra estava parada no centro do Universo (ou seja, além de geocêntrico, o seu modelo era também **geoestático**) e que tudo na Terra era composto por 4 elementos: terra, água, ar e fogo. A explicação para o fato de uma pedra abandonada cair no chão era de que a pedra era constituída do elemento terra. Logo, quando abandonada, deveria procurar o seu lugar, ou seja, o chão, junto com os outros objetos constituídos deste mesmo elemento. Era como se o elemento “mais pesado” (para não usar o termo “mais denso”) tivesse maior tendência a ficar embaixo dos mais leves. Inclusive, Aristóteles acreditava que os objetos mais pesados deveriam cair com maior velocidade, o que Galileu mostrou anos mais tarde não ser verdade. A ideia dos 4 elementos não era originalmente de Aristóteles, mas sim de outro grego, **Empédocles**. Aristóteles aproveitou-se desta ideia e fez um modelo de universo mais completo acrescentando ainda um quinto elemento: o **éter**, uma substância extremamente leve e capaz até mesmo de atravessar paredes. Para os gregos da Antiguidade, não existia vácuo. Todos os espaços aparentemente vazios seriam preenchidos pelo éter.

No modelo aristotélico, havia uma divisão bem clara entre o mundo **sublunar** (abaixo da Lua) e **supralunar** (acima da Lua). No mundo sublunar, a tendência natural dos movimentos seria a linha reta. Todos os objetos na Terra subiriam e desceriam segundo trajetórias retilíneas, mesmo que não fosse um lançamento vertical. Hoje sabemos que isto não é verdade: os objetos tendem a seguir trajetórias parabólicas nestes casos. Já no mundo supralunar, a tendência seria a do movimento circular. Logo, os planetas deveriam mover-se ao redor da Terra segundo trajetórias circulares. Era como se houvesse duas Físicas completamente diferentes: uma para o nosso mundo aqui na Terra e outra para os objetos no céu. Esta ideia só foi quebrada com Isaac Newton, que mostrou, com sua Lei da Gravitação Universal, que a Física que rege o movimento dos corpos celestes é a mesma Física presente aqui na Terra.

### Os planetas:

A palavra “planeta” vem do grego e significa “errante”, ou seja, aquele que caminha pelo universo. Observando o céu, vemos que a maioria dos astros permanece aparentemente fixa em relação aos demais. Apenas 7 astros visíveis a olho nu possuem movimento relativo: o Sol, a Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Por este motivo, estes sete astros foram inicialmente denominados “planetas”, ainda que hoje possa parecer estranho incluir o Sol e a Lua nesta denominação!

Uma curiosidade a respeito destes sete planetas é o nome dos dias da semana em diversas línguas. Você já se perguntou por que existem sete dias na semana? Existem várias teorias a respeito disto, mas a mais provável é a de que cada dia seria associado a um planeta e o seu respectivo deus (é importante lembrar que, na mitologia romana, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno são também os nomes dos deuses associados a estes planetas: Hermes, Afrodite, Ares, Zeus e Cronos, pois os romanos apenas modificaram os nomes dos deuses da mitologia grega). Vejamos os nomes dos dias da semana em latim e nas outras línguas latinas (com exceção do português):

	Latim	Espanhol	Francês	Italiano	Romeno
Domingo	dies Solis	domingo	dimanche	domenica	duminică
Segunda-feira	dies Lunae	lunes	lundi	lunedì	luni
Terça-feira	dies Martis	martes	mardi	martedì	marți
Quarta-feira	dies Mercurii	miércoles	mercredi	mercoledì	miercuri
Quinta-feira	dies Jovis	jueves	jeudi	giovedì	joi
Sexta-feira	dies Venëris	viernes	vendredi	venerdì	vineri
Sábado	dies Saturni	sábado	samedi	sabato	sâmbătă

Tabela 02: Dias da semana em latim e em diferentes línguas românicas

(<http://www.novomilenio.inf.br/porto/mapas/nmcalenn.htm>)

Percebe-se facilmente que, com exceção do sábado e do domingo, os outros dias da semana têm nome semelhante ao nome em latim. A palavra *sábado* (e seus semelhantes em outras línguas) tem origem na expressão latina *sabbatum*, que significa “sabá” ou “shabat”, o dia de descanso entre os judeus. Já a palavra *domingo* vem da expressão também latina *dies Dominicus*, que significa “dia do Senhor”.

Por outro lado, em línguas anglo-saxônicas, como o inglês por exemplo, esta associação é muito mais visível no sábado e no domingo do que nos outros dias da semana. Em inglês, sábado é “Saturday”, que significa “dia de Saturno” e domingo é “Sunday”, ou seja, o “dia do Sol”. Também é fácil perceber a associação da segunda-feira (Monday) com a Lua, que em inglês é *moon*. Os outros dias da semana Tuesday (terça-feira), Wednesday (quarta-feira), Thursday (quinta-feira) e Friday (sexta-feira) são associados aos deuses Tyr, Odin (ou Wotan), Thor e Frigga, deuses da mitologia nórdica com características semelhantes às dos deuses Marte, Mercúrio, Júpiter e Vênus na mitologia romana. Os nomes dos dias da semana em alemão, sueco, finlandês, norueguês, dinamarquês e holandês têm a mesma origem dos nomes em inglês. Daí a semelhança.

Mas e em português? Por que não há semelhança entre os dias da semana com planetas e deuses como nas outras línguas? Isto acontece porque, em português, os nomes dos dias da semana foram tirados do latim eclesiástico (o latim utilizado pela Igreja Católica Apostólica Romana), e não pelo latim

clássico. No século VI d.C., o bispo Martinho de Dume achou impróprio utilizar deuses pagãos para nomear os dias da semana e passou a denominá-los como: *dominica*, *feria secunda*, *feria tertia*, *feria quarta*, *feria quinta*, *feria sexta* e *sabbatum*. Em latim, a palavra *feria* significa “dia santo”. Com esta medida, o bispo santificou os dias da semana. Ele tentou também mudar os nomes dos planetas, mas nisso não teve sucesso, tanto que conhecemos os planetas pelos nomes dos deuses romanos até hoje.

### **O Modelo de Ptolomeu:**

Na Idade Média, o modelo geocêntrico de Cláudio Ptolomeu teve bastante importância por ter sido abraçado pela Igreja Católica como um modelo de perfeição do Universo. Ptolomeu publicou seu modelo em uma obra conhecida como Almagesto (o maior, em árabe). No modelo de Ptolomeu, a Terra estava parada no centro do Universo. Os planetas e as estrelas giravam em torno da Terra em órbitas circulares:

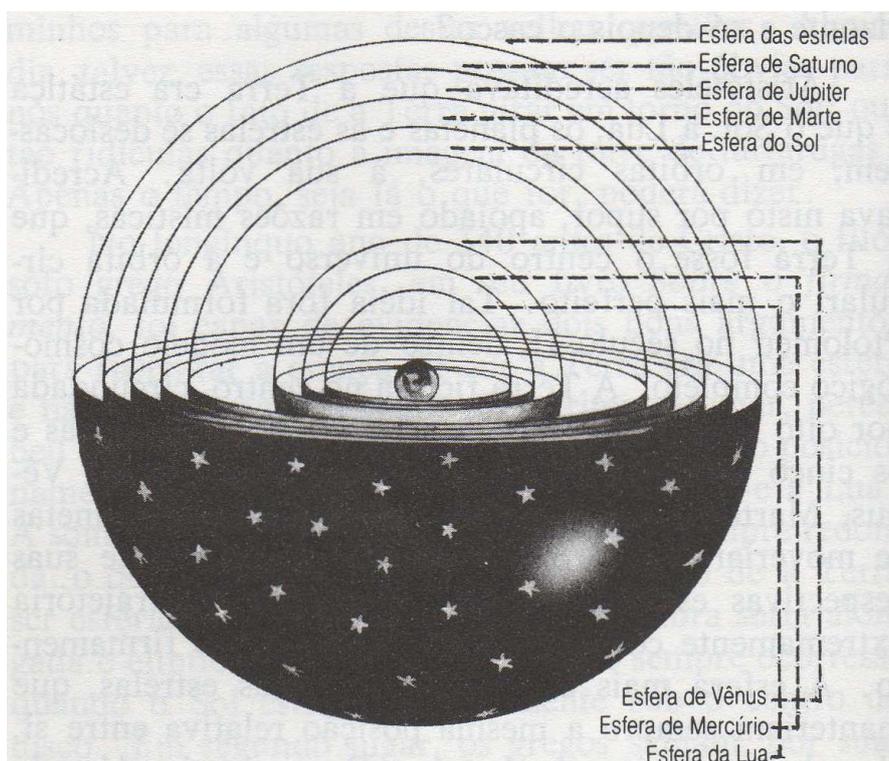


Figura 02: Modelo Ptolomaico (Hawking, 1998, p. 3)

Uma inovação do modelo de Ptolomeu foi introduzir o conceito de epiciclo e deferente para explicar o movimento retrógrado de alguns planetas:

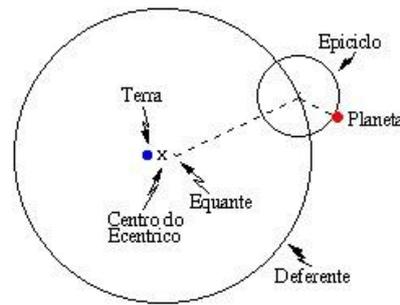


Figura 03: Epiciclos ([http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html))

A ideia do epiciclo era explicar por que alguns planetas, como Marte, Júpiter e Saturno, podem apresentar movimento retrógrado em relação à Terra. Ou seja, se esses planetas realmente girassem em torno da Terra, como seria possível que, em algumas épocas do ano, alguns planetas aparentemente se deslocassem “para trás”. Hoje sabemos que isto é possível porque estes planetas possuem órbitas externas à da Terra. Mas o modelo de Ptolomeu não era heliocêntrico! Logo, ele não poderia explicar o movimento retrógrado desta maneira. A ideia então foi postular que o planeta deveria estar girando em uma circunferência em torno de um ponto, e este ponto estaria girando em uma circunferência em torno da Terra. Chamamos de epiciclo a circunferência menor e de deferente a circunferência maior. Com o passar do tempo, as medições foram ficando mais precisas e um único epiciclo não era suficiente para sustentar o modelo geocêntrico de Ptolomeu. Fez-se então necessário introduzir mais de um epiciclo para prever a posição de um único planeta com precisão. Alguns historiadores registram que já houve modelos com até 53 epiciclos num planeta só!

### **O Modelo de Copérnico:**

Evidentemente, a ideia de um modelo com tantos epiciclos pode não nos parecer tão agradável nos dias atuais, ainda mais tendo em vista que somos ensinados desde as primeiras séries escolares a crer em um modelo heliocêntrico. Por que então demorou tanto para que o modelo geocêntrico fosse deixado de lado?

Primeiramente, é importante mencionar que modelos heliocêntricos não são uma novidade que surgiu após questionamentos do modelo ptolomaico. O

grego **Aristarco** (310 a. C. – 230 a. C.) já propunha desde a Antiguidade um modelo no qual o Sol era o centro do Universo. Porém, por se tratar de um modelo antigo, o modelo de Aristarco oferecia muito menos precisão do que o modelo de Ptolomeu. Logo, não fazia sentido substituir o modelo ptolomaico por outro com muito mais falhas. Era necessária uma releitura do modelo de Aristarco para se criar um novo modelo heliocêntrico em condições de pôr em conflito o modelo vigente.

Quem fez esta releitura foi o polonês **Nicolau Copérnico** (1473 – 1543), que propôs um modelo com o Sol no centro do Universo e a Terra como um dos planetas girando em torno do Sol, assim como Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. No modelo copernicano, apenas a Lua girava em torno da Terra. Copérnico chegou inclusive a calcular a distância entre os planetas e o Sol, obtendo valores bem próximos dos conhecidos atualmente. Na tabela abaixo, são mostrados os valores calculados por Copérnico e os valores atuais. A unidade de medida é a UA (unidade astronômica), que corresponde à distância entre o Sol e a Terra (1 UA  $\approx$  150 milhões de km)

<b>Planeta</b>	<b>Distância até o sol (cálculo de Copérnico)</b>	<b>Distância até o sol<sup>2</sup> (cálculo atual)</b>
Mercúrio	0,38	0,387
Vênus	0,72	0,723
Terra	1	1
Marte	1,52	1,523
Júpiter	5,22	5,202
Saturno	9,17	9,554

Tabela 03: Distâncias entre os planetas e o Sol (Copérnico e atual)

(<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas>)

Todos os planetas neste modelo possuíam órbita circular e fez-se necessária a inclusão de novos epíclis, pois não era possível elaborar um modelo heliocêntrico com órbitas circulares que fosse mais preciso do que o modelo geocêntrico vigente. Isto fez com que, de início, o modelo copernicano

---

<sup>2</sup> Valor médio da distância, visto que, atualmente, utilizam-se órbitas elípticas e, no modelo de Copérnico, utilizavam-se órbitas circulares.

encontrasse mais opositores do que simpatizantes, pois, em Ciências, não basta apenas substituir uma teoria com um problema por outra também que também possui um problema. É necessário que a nova teoria explique algo que a teoria antiga não conseguia explicar e mais tudo aquilo o que ela já conseguia. Foi por isso que os astrônomos mais conservadores preferiram não abrir mão do modelo de Ptolomeu com todos os seus epiciclos, por mais estranho e impreciso que ele parecesse ser.

Porém, mesmo com toda esta resistência, um cientista italiano já mencionado neste material ousou acreditar no modelo de Copérnico e foi importantíssimo para que se conseguisse provar que os modelos geocêntricos estavam incorretos. Estamos falando de **Galileu Galilei**.

Conforme já foi mencionado, Galileu descobriu a Lei da Inércia, que permite explicar, por exemplo, por que podemos jogar uma pedra verticalmente para cima e vê-la caindo exatamente sobre nossas mãos, mesmo pressupondo um modelo em que a Terra apresente movimento de rotação em torno do próprio eixo<sup>3</sup>. Galileu também desmentiu outro pressuposto de Aristóteles: de que a velocidade de queda de um corpo depende de sua massa. Galileu demonstrou experimentalmente que, desprezando-se os efeitos de resistência do ar, dois corpos abandonados da mesma altura levam exatamente o mesmo tempo para chegar ao chão, independentemente das suas massas<sup>4</sup>!

Mas a importância de Galileu para a Astronomia não termina aí. Galileu também foi importante no campo da Astronomia observacional. Galileu não foi o inventor da luneta (esta foi inventada provavelmente na Holanda por volta do ano 1600), mas foi um dos primeiros a utilizar este instrumento para

---

3 Este argumento foi utilizado na Antiguidade por defensores do geostatismo. Para eles, não era concebível que a Terra girasse em torno de um eixo imaginário a uma velocidade tão grande e nós não percebêssemos nenhuma consequência desta velocidade no nosso dia a dia. A falha neste argumento é que nós não sentimos velocidades, e sim, forças; e não há nenhuma força que mantém a Terra em movimento. Ela se desloca por inércia!

4 Há uma crença muito forte de que Galileu teria feito esta experiência no alto da torre de Pisa com um martelo e uma pena na frente de várias pessoas. Esta história, no entanto, provavelmente não passa de uma lenda, assim como a história de que Isaac Newton descobriu a lei da gravitação universal após observar a queda de uma maçã.

observações celestes, além de aperfeiçoá-lo. Entre as observações de Galileu, podemos destacar algumas importantes:

- que Vênus possuía “fases”, assim como a Lua;
- que Júpiter possuía satélites;
- que Saturno possuía anéis;
- que havia mais estrelas do que o olho nu conseguia enxergar.

Estas observações fizeram com que Galileu se tornasse um defensor do modelo heliocêntrico proposto por Copérnico, em oposição ao modelo geocêntrico, proposto por Ptolomeu e sustentado pela Igreja Católica. Galileu foi forçado a abjurar e repudiar suas ideias em frente ao Tribunal da Santa Inquisição para evitar uma punição maior, como tortura ou até mesmo a sua morte.

### **As Observações de Brahe e as Leis de Kepler:**

Não é possível falar nas leis de Kepler sem antes mencionar o astrônomo dinamarquês **Tycho Brahe** (1546-1601). Pode parecer estranho, mas as a contribuição de Kepler à Astronomia deve muito a um astrônomo defensor do modelo geocêntrico do Universo!

Tycho Brahe tem importância significativa na Astronomia por ter aprimorado os instrumentos de medição que existiam antes mesmo da invenção do telescópio. Numa época em que a distinção entre Astronomia e Astrologia não era tão clara, Brahe contou com o apoio do rei Frederico II, que ofereceu local apropriado e recursos para a construção de um observatório na Dinamarca em troca de previsões e interpretações astrológicas que Tycho fazia<sup>5</sup>.

Mas Brahe tinha um interesse muito maior do que o de apenas fazer interpretações. Ele queria, através de suas observações, defender o seu

---

<sup>5</sup> Algumas diferenças entre Astronomia e Astrologia serão abordadas no fim deste material. Entretanto, é importante mencionar desde já que a Astronomia obedece a uma metodologia de pesquisa comum a todas as Ciências, enquanto que a Astrologia nem sequer pode ser classificada como Ciência justamente porque não segue esta metodologia. Hoje em dia, não existem mais pessoas trabalhando com Astronomia e Astrologia simultaneamente.

modelo de concepção do Universo. Brahe acreditava em um modelo híbrido mais próximo do geocêntrico, com Terra parada no centro do Universo, mas com Mercúrio e Vênus girando em torno do Sol. A Lua, o Sol e os demais planetas girariam em torno da Terra<sup>6</sup>.

No entanto, Brahe não foi capaz de sustentar o seu modelo apenas com suas observações, pois não era um matemático tão habilidoso quanto observador. A pessoa capaz de resolver este problema era o alemão **Johannes Kepler** (1571 – 1630).

Mas a convivência entre os dois astrônomos não foi tão simples. Kepler e Brahe possuíam muitas diferenças pessoais, entre elas, o fato de Kepler defender o modelo de Copérnico, que era totalmente diferente do modelo de Brahe. Estas diferenças fizeram com que Brahe relutasse a entregar o seu catálogo de observações a Kepler por muito tempo. Foi só em seu leito de morte que Tycho Brahe permitiu que o astrônomo alemão fizesse uso das suas observações.

Kepler teve muito trabalho até conseguir adequar o modelo defendido por ele às observações de Brahe. O grande problema é que o modelo de Copérnico previa órbitas circulares para os planetas e não havia como encontrar órbitas perfeitamente circulares que satisfizessem às observações coletadas. Kepler viu-se em um impasse: ou as observações de Brahe estavam imprecisas ou havia algo de errado no modelo de Copérnico. Kepler preferiu acreditar na segunda opção, pois sabia que os equipamentos utilizados por Brahe eram extremamente precisos!

Para adequar o modelo às observações, Kepler teve então que fazer uma pequena mudança no modelo de Copérnico. Esta mudança é conhecida como primeira lei de Kepler:

#### 1ª lei de Kepler:

---

6 Novamente, Brahe não foi o primeiro a propor um modelo deste tipo. Muitos historiadores apontam que alguns gregos, como **Heráclides** (390 a. C – 310 a. C.), já imaginavam um modelo parecido.

Os planetas movem-se em órbitas elípticas<sup>7</sup> com o sol ocupando um dos focos.

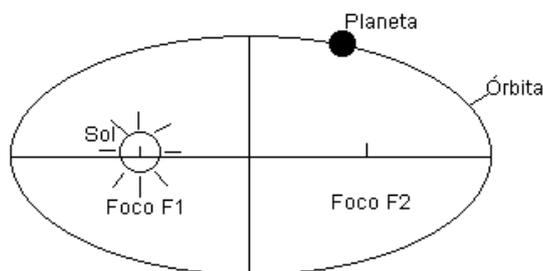


Figura 04: 1ª Lei de Kepler (<http://www.colegioweb.com.br/fisica/as-leis-de-kepler.html>)

Isto significava que a órbita dos planetas era ligeiramente diferente do que o previsto pelo modelo de Copérnico. É importante ressaltar que, mesmo sendo elípticas, as órbitas dos planetas mais próximos do sol são de excentricidade baixíssima! Ou seja, são órbitas “quase circulares”. Isto mostra o quanto Kepler confiou na precisão das medidas de Tycho Brahe.

Já a segunda lei de Kepler diz respeito à velocidade com que o planeta se desloca ao longo de sua órbita. No modelo de Kepler, a velocidade de translação dos planetas não era constante como nos modelos anteriores. Kepler previa uma pequena aceleração do planeta quando este se aproximava do periélio – ponto da órbita mais próximo do Sol (e uma desaceleração quando se aproximava do afélio – ponto da órbita mais distante do Sol):

### 2ª lei de Kepler:

*O planeta “varre” áreas iguais na órbita em intervalos de tempo iguais.*

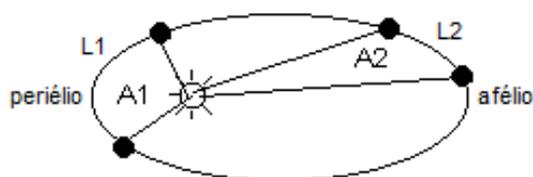


Figura 05: 2ª Lei de Kepler (<http://www.colegioweb.com.br/fisica/as-leis-de-kepler.html>)

Repare que, na figura acima, as duas áreas destacadas  $A_1$  e  $A_2$  são iguais, mas o comprimento dos seus arcos correspondentes na órbita não. O arco  $L_2$ ,

<sup>7</sup> Para mais detalhes sobre a elipse, consulte a seção sobre as *cônicas*.

que delimita a área  $A_2$ , é visivelmente bem menor do que o arco  $L_1$ , que delimita a área  $A_1$ . No entanto, pela segunda lei de Kepler, o planeta deve percorrer estes dois arcos no mesmo intervalo de tempo, o que significa que sua velocidade será maior quando passar por  $L_1$  do que quando passar por  $L_2$ .

A terceira e última lei de Kepler relaciona o período de translação do planeta com a sua distância em relação ao Sol. Vamos chamar de  $T$  o período de translação do planeta e de  $r$  o raio médio de sua órbita (lembre-se de que as órbitas são elípticas, por isso a necessidade de um raio médio). A terceira lei de Kepler diz que:

### 3ª lei de Kepler:

*A razão entre o quadrado do período de translação e o cubo do raio médio da órbita é constante para todos os planetas. Em outras palavras:*

$$\frac{T^2}{r^3} = \text{constante} \quad (10)$$

O valor desta constante para os planetas em torno do Sol depende da unidade que estamos utilizando. Se estivermos medindo o período em anos e o raio médio em quilômetros, o valor desta constante é de  $3,0 \times 10^{-25}$  anos<sup>2</sup>/km<sup>3</sup>, por exemplo. Mas o mais interessante é que esta lei não vale apenas para os planetas em torno do Sol. Se quisermos aplicar a terceira lei de Kepler para os satélites em torno de Júpiter, por exemplo, ela continua funcionando. Porém, o valor da constante não será o mesmo. É por isso que não se coloca nenhum valor numérico para a constante na fórmula. Seu valor depende do caso estudado.

### As cônicas:

Chamamos de *cônicas* as figuras geométricas que podemos obter quando cortamos um cone. Existem três tipos de cônicas: as elipses (das quais a circunferência é um caso particular), a parábola e as hipérbolas.

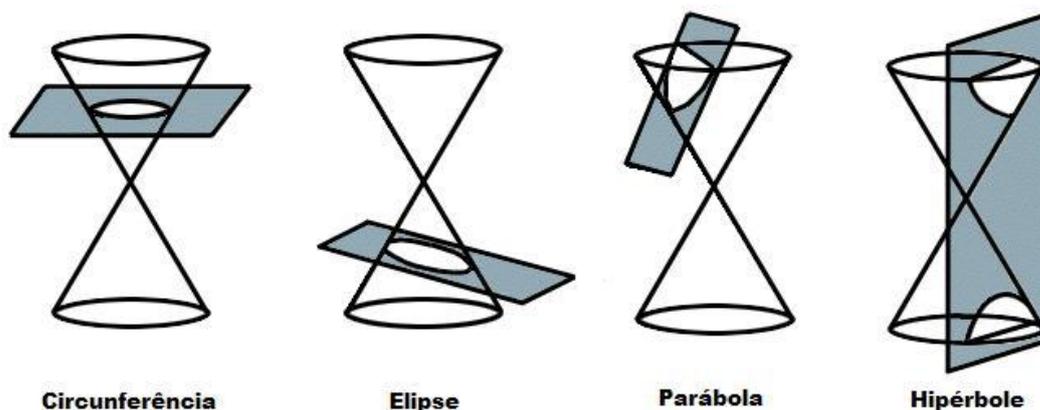


Figura 06: Cônicas ([http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg\\_9t.php](http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg_9t.php))

A circunferência é o lugar geométrico em que todos os pontos estão à mesma distância de um centro. A definição da elipse é parecida, mas em vez de um centro, temos dois *focos*. Definimos a elipse como o lugar geométrico em que a soma das distâncias de qualquer ponto aos focos é sempre a mesma. Observe que a circunferência nada mais é do que uma elipse em que os dois focos estão juntos, ou seja, a circunferência é uma elipse de excentricidade zero.

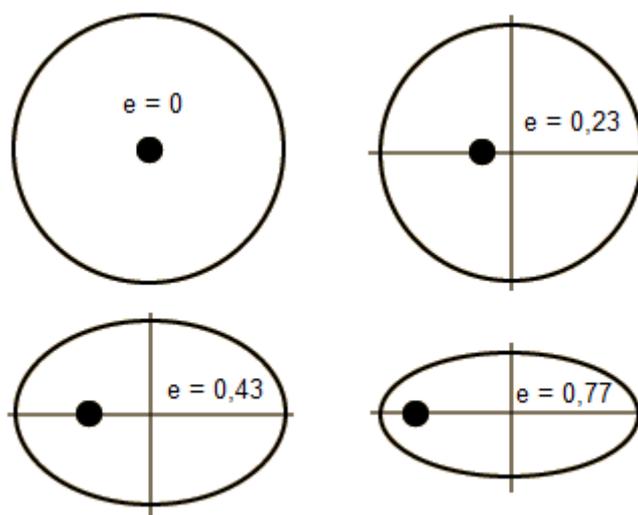


Figura 07: Elipses de diferentes excentricidades  
([http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg\\_9t.php](http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg_9t.php))

O que vai dizer se a elipse é mais próxima de uma circunferência ou mais “achatada” é a sua *excentricidade*. A excentricidade da elipse é um número que varia entre zero e um. No caso da circunferência, a excentricidade é igual a zero, pois os focos estão juntos. Na medida em que os focos se afastam, a

elipse vai ficando mais achatada e a sua excentricidade vai aumentando. A parábola é como se fosse uma elipse em que os focos estão tão distantes que um deles está “no infinito”. Por isso, a parábola apresenta excentricidade igual a 1. A figura abaixo mostra um exemplo de parábola:

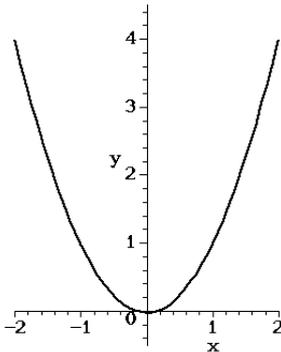


Figura 08: Parábola ([http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg\\_9t.php](http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg_9t.php))

Já a hipérbole é uma figura geométrica que também possui dois focos, assim como a elipse. Porém na hipérbole é a diferença entre as distâncias de um ponto qualquer aos focos que é sempre constante. A hipérbole possui excentricidade sempre maior do que 1. A figura abaixo mostra um exemplo de hipérbole:

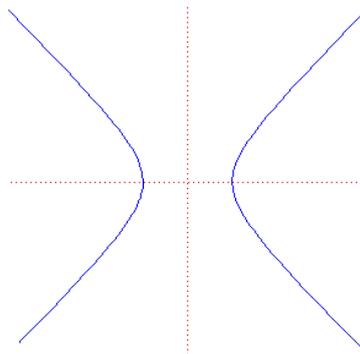


Figura 09: Hipérbole ([http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg\\_9t.php](http://www.mat.uel.br/geometrica/php/dg/dg_9t.php))

Todos os planetas do sistema solar possuem órbitas elípticas nas quais o centro de massa do sistema Sol-planeta ocupa um dos focos. Porém estas órbitas são de baixa excentricidade, ou seja, são quase circulares. Não é a toa que os primeiros modelos heliocêntricos do sistema solar pressupunham órbitas circulares para os planetas. Afinal de contas, a diferença é quase que

imperceptível. A órbita da Terra, por exemplo, apresenta excentricidade 0,017 aproximadamente. O planeta com órbita mais excêntrica é Mercúrio, cuja excentricidade é aproximadamente 0,21. Todos os outros planetas possuem excentricidade menor do que 0,1. Alguns objetos transnetunianos possuem órbita mais excêntrica do que a de Mercúrio.

Cometas em geral possuem órbitas mais excêntricas ainda. Inclusive, suas órbitas não são necessariamente elípticas. Podem ser também parabólicas ou mesmo hiperbólicas. Nestes dois últimos casos, o planeta passa próximo ao Sol apenas uma vez.

A tabela abaixo mostra exemplos de excentricidades de alguns astros:

<b>Astro</b>	<b>Excentricidade</b>
Mercúrio	0,21
Vênus	0,0068
Terra	0,017
Marte	0,093
Ceres	0,079
Júpiter	0,048
Saturno	0,056
Urano	0,047
Netuno	0,0086
Plutão	0,25
Éris	0,44
Sedna	0,86
Cometa Halley	0,97
Cometa Hale-Bopp	0,99
Cometa Lulin	1,0002

Tabela 04: Excentricidades das órbitas de diferentes astros  
(<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas>)

### **Centro de massa e as marés:**

É muito comum falarmos que a Terra gira em torno do Sol ou que a Lua gira em torno da Terra, como se a Terra girasse em torno de um ponto no centro do Sol e a Lua girasse em torno do centro da Terra, mas isto não é exatamente verdade.

Quando temos dois corpos girando um em torno do outro, não é nem o de menor massa que gira em torno do de maior massa nem o contrário. São os dois que giram em torno de um ponto chamado **centro de massa**.

Para ter uma ideia do que é o centro de massa, tente equilibrar uma régua com apenas um dedo. Você verá que só consegue fazer isto colocando o dedo na metade da régua. É porque aí está o seu centro de massa. Tente fazer a mesma experiência com um martelo. Desta vez, o ponto de equilíbrio não está na metade do martelo, porque há mais massa de um lado do que do outro, mas continua existindo um centro de massa, onde é possível equilibrar o martelo com um dedo só.

Quando jogamos uma pedrinha bem pequena para o alto e para o lado, podemos dizer que ela descreve uma trajetória parabólica. Se fizermos a mesma experiência com um taco de baseball, por exemplo, o movimento de cada um dos seus pontos pode ser bem mais complicado, principalmente se o taco estiver girando. Mas o movimento do centro de massa é simplesmente um arco de parábola, tal qual o movimento da pedrinha.

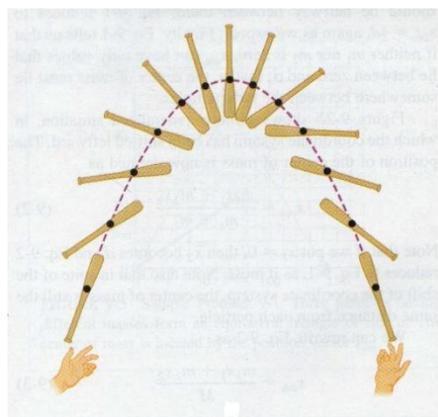
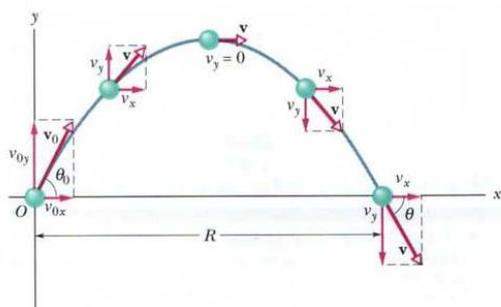


Figura 10: Centro de massa (Halliday, 2008, p. 151).

Isto significa que a Lua não gira em torno do centro de massa da Terra. Ambos giram em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua (que ainda está no interior da Terra, mas não no seu centro!). Isto explica um fenômeno muito conhecido por quem vive no litoral: as **marés**.

Para entender as marés, precisamos lembrar primeiramente que a Lua atrai a Terra com uma força de mesma intensidade que a força com que a Terra atrai a Lua. Isto explica por que a porção da Terra voltada para a Lua está sujeita a maré alta.

Se fosse esta a única razão para a existência das marés, teríamos algo assim:

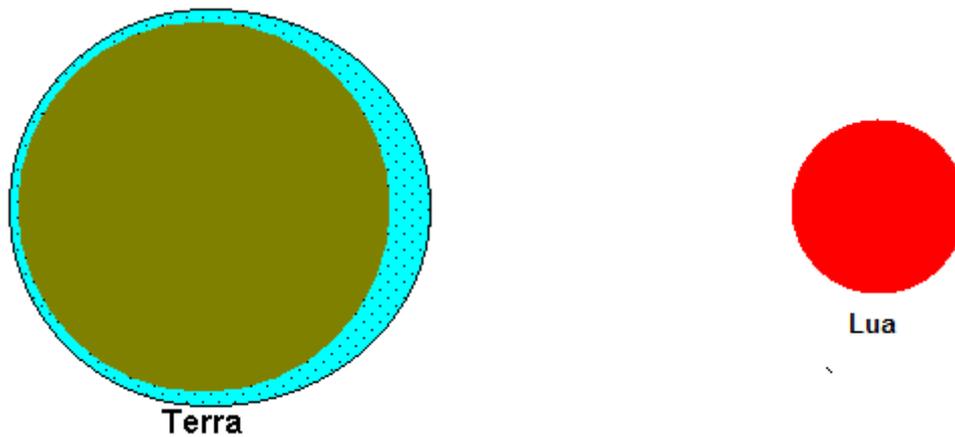


Figura 11: Marés (modelo hipotético) (Lang, 2003, p.3)

Mas não é apenas nesta porção da Terra que se verifica a maré alta. Na porção diametralmente oposta, verifica-se o mesmo fenômeno. Isto acontece em decorrência de a Terra também apresentar movimento de rotação em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua, pois este centro de massa não coincide com o centro da Terra, e da lei da Inércia, que faz com que esta porção de água tenda a permanecer com a mesma velocidade com que estava. Em um linguajar bem grosseiro, é como se a Terra desse um “tranco” em direção ao centro de massa e a água permanecesse em sua posição de equilíbrio. Logo, o que temos é uma figura deste tipo:

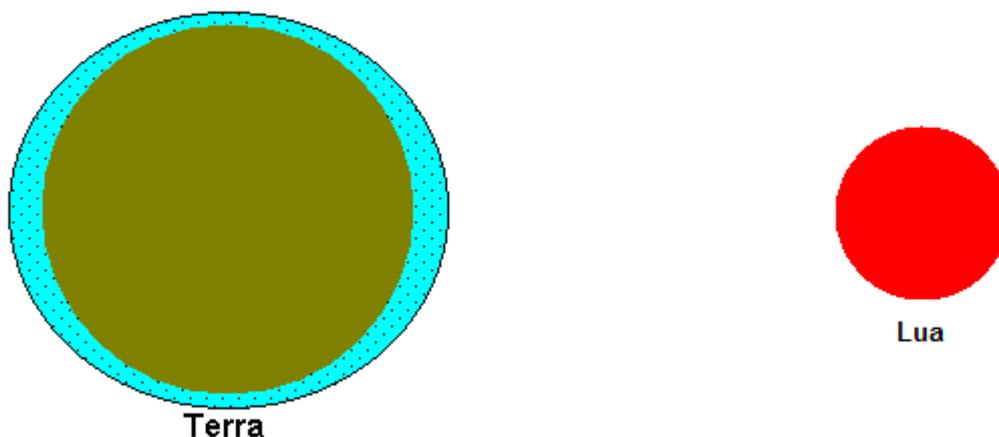


Figura 12: Marés (Modelo Real) (Lang, 2003, p. 3)

No caso do sistema Sol-Terra, assim como qualquer sistema Sol-planeta do sistema solar, o centro de massa também está no interior do Sol, mas não no seu centro. Um caso digno de nota é o do sistema Plutão-Caronte. Plutão é um

planeta anão do sistema solar que até 2006 foi classificado como um “nono planeta”. Caronte é o maior satélite de Plutão. Sua massa equivale a mais da metade da massa de Plutão. Como a massa de Caronte é relativamente grande se comparada à massa de Plutão, o centro de massa dos dois está fora dos dois astros. Ou seja, Plutão e Caronte giram em torno de um ponto que não está no interior nem de Caronte nem de Plutão.

### **O movimento da Terra e seus componentes:**

Você com certeza já ouviu falar que a Terra apresenta dois movimentos: um de rotação e um de translação. Mas o que isto quer dizer?

Primeiramente, esta informação não está muito correta. A Terra não possui “movimentos”. O correto seria dizer que a Terra possui um movimento só e que este movimento por sua vez tem várias componentes, dentre as quais a rotação e a translação. Também é importante ressaltar que estas não são as únicas componentes. São apenas as duas mais significativas. Há também a precessão e a nutação, só para citar duas outras.

Mas voltemos à questão da rotação e da translação. Qual é a diferença entre estas duas coisas? Primeiramente, rotação e translação não são exclusivas dos planetas. Nós podemos fazer uma rotação ou uma translação de um objeto qualquer. Basta apenas que não seja um corpo de dimensões desprezíveis. Ou seja, na prática, todos os corpos podem apresentar rotação ou translação.

E qual é a diferença entre as duas? Vamos considerar um corpo extenso, ou seja, um corpo cujas dimensões não podem ser desprezadas. Vamos marcar dois pontos A e B neste corpo e traçar um segmento de reta unindo estes dois pontos:

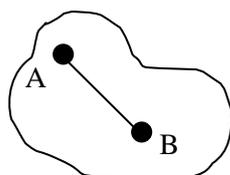


Figura 13: Corpo extenso

Vamos agora mostrar o que seria uma rotação com este corpo. Vamos escolher um eixo passando pelo centro do objeto e rotacioná-lo de  $90^\circ$  em relação a este eixo:

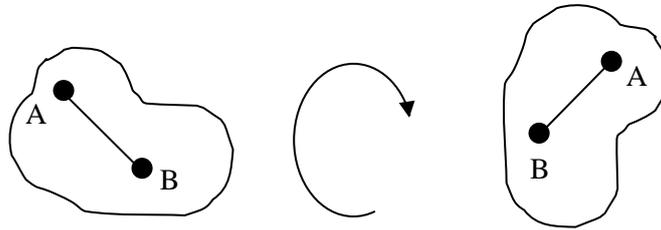


Figura 14: Rotação de um corpo extenso

Perceba que a reta sofreu uma variação na sua inclinação. Compare agora com um movimento de translação do mesmo corpo:

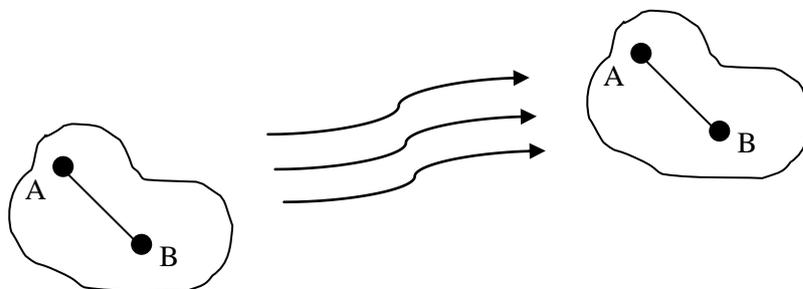


Figura 15: Translação de um corpo extenso

Repare que agora o segmento AB permanece “intacto”. Sua inclinação permanece a mesma. A translação de um corpo pode ser retilínea (em linha reta) ou curvilínea, como no exemplo acima. Pode ser inclusive que a translação seja ao longo de uma curva fechada, como uma circunferência ou uma elipse.

Agora, vamos ver como funciona a rotação e a translação dos planetas. Sabemos que a Terra apresenta rotação e translação. Como vimos, a rotação se dá ao longo de um eixo. Ou seja, no caso da Terra, há um eixo imaginando que passa pelos polos norte e sul. É ao redor deste eixo que a Terra gira. Como o Sol permanece praticamente parado ao longo de uma rotação terrestre, a rotação da Terra faz com que existam o dia e a noite. A rotação também é responsável pelo movimento que vemos da esfera celeste, uma vez que as estrelas estão tão longe de nós que aparentemente estão paradas também.

Toda rotação possui um **período**, que nada mais é do que o tempo necessário para que o corpo complete uma volta. No caso da Terra, este período é de 23h 56min 4s. Já veremos porque ele é um pouquinho menor do que 24h.

Já no caso da translação, temos um caso particular. A translação da Terra (e de outros planetas) é curvilínea e fechada, o que não é necessário para toda translação. Os planetas giram ao longo de trajetórias elípticas, ou seja, eles após algum tempo eles voltam para posição em que estavam. É por isto que medimos o **período de translação** dos planetas, embora nem toda translação tenha período. No caso da Terra, este período é de 365,242199 dias. É importante notar que, se é uma translação, o eixo da Terra deve permanecer apontando praticamente para o mesmo lugar enquanto a Terra gira ao longo do Sol. Caso o eixo girasse junto com a Terra, não seria uma translação, e sim uma rotação em torno de um ponto fora do corpo.

É por causa da translação que o período de rotação não coincide exatamente com a duração do dia. Dizemos que o dia tem 24 horas porque este é o tempo que a Terra leva para fazer com que o Sol volte à mesma posição em que estava. Só que, quando a Terra completa uma rotação, ela também se desloca um pouquinho por causa da translação. Logo, ela precisa de mais alguns minutos para fazer com que o Sol volte à posição em que estava. É por isto que o dia dura 24 horas, mas a Terra completa uma rotação em 23h 56min 4 s.

A translação da Terra é responsável pelas estações do ano. O eixo de rotação da Terra mantém uma inclinação praticamente constante com o plano de sua órbita de aproximadamente  $23^{\circ}27'$ . Esta inclinação faz com que existam dias em que o Sol atinge mais diretamente o hemisfério Norte e dias em que ele atinge mais diretamente o hemisfério Sul.

Existem dois dias especiais nesta trajetória chamados de **solstícios**. No dia 21 de junho, por exemplo, os raios solares atingem a Terra perpendicularmente ao trópico de Câncer. Este dia é conhecido então como solstício de verão para os habitantes do hemisfério Norte e como solstício de inverno para os habitantes do hemisfério Sul. Neste dia, as noites são as mais curtas do ano no hemisfério Norte e as mais longas do ano no hemisfério Sul. É neste dia que o verão se inicia no hemisfério Norte e o inverno se inicia no hemisfério Sul. No dia 21 de

dezembro, ocorre exatamente o oposto. Os raios solares atingem a Terra perpendicularmente ao trópico de Capricórnio. Ou seja, este dia é conhecido como solstício de inverno para os habitantes do hemisfério norte e como solstício de verão para os habitantes do hemisfério Sul.

Por outro lado, existem também dois dias conhecidos como **equinócios**. Nestes dias, temos aproximadamente 12 horas de claridade e 12 horas de escuridão para um habitante em qualquer ponto da Terra. Não importa se ele está no hemisfério Norte ou no hemisfério Sul. Também não importa se está mais próximo do Equador ou mais próximo dos polos. É por isto que o equinócio tem este nome. O prefixo “equi-” indica igualdade. Os equinócios marcam o início do outono e da primavera (23 de março é o início do outono no hemisfério sul e da primavera no hemisfério norte e no dia 23 de setembro ocorre o inverso).

As diferenças entre períodos de claridade e escuridão ficam mais gritantes à medida em que nos afastamos da linha do Equador. Para um habitante no Equador, o dia e a noite têm a mesma duração o ano inteiro. Os raios solares atingem sua cabeça perpendicularmente duas vezes por ano: nos equinócios. E isto vai acontecer duas vezes por ano para qualquer habitante localizado entre o Equador e um dos trópicos, porém em dias diferentes. Para um habitante localizado em um dos trópicos, o Sol só vai incidir perpendicularmente á sua cabeça no solstício de verão do seu hemisfério. Este habitante já sente alguma diferença entre a duração do dia e da noite no verão e no inverno, mas não tanto quanto um habitante das regiões temperadas. Estes habitantes nunca veem o Sol atingir suas cabeças perpendicularmente e, quanto mais próximos eles estão dos círculos polares, maiores as diferenças entre dia e noite no verão e no inverno. Já para um habitante localizado em um dos círculos polares (ou em latitudes maiores ainda), haverá pelo menos um dia em que o Sol não vai nascer e um dia em que o Sol não vai se pôr, tamanhas as diferenças entre o dia e a noite. Estas diferenças atingem o seu máximo nos polos, em que temos seis meses de claridade e seis meses de escuridão.

Até agora, consideramos o eixo de rotação da Terra como praticamente imóvel. Porém, ele não é tão imóvel assim! Ao longo dos anos, o eixo da Terra sofre uma pequena mudança de posição em virtude da perda de energia de rotação (algo semelhante ao que ocorre com um pião). A este fenômeno, damos o nome de **precessão**. Mas, como a perda de energia na rotação da Terra é muito pequena, essa mudança é praticamente imperceptível para nós. A Terra demora cerca de 26.000 anos para completar um período de precessão! Ou seja, só ao longo de milhares de anos é que se pode perceber alguma consequência do fenômeno da precessão.

Outra componente bastante famosa do movimento da Terra é a **nutação**. Esta componente não possui um período como as anteriores. Ela é causada pela atração gravitacional principalmente do Sol, da Lua e de Júpiter, que faz com que às vezes a Terra termine o seu período de translação pouco menos de um segundo antes do comum. É claro que esta diferença é tão pequena que ela praticamente não faz diferença nas nossas vidas, mas relógios de altíssima precisão por vezes são adiantados em um segundo quando se inicia um novo ano.

### **A Esfera Celeste:**

Um exemplo de situação em que o referencial é um observador situado na Terra é o conceito de *Esfera Celeste*. Sabemos que as estrelas não estão paradas no céu e sabemos que algumas estrelas estão mais próximas e outras mais distantes de nós (independente do brilho que cada uma emite<sup>8</sup>). Sabemos inclusive que muitas delas são maiores que o Sol, embora não pareçam ser. Só que, como estas estrelas estão tão longe de nós, temos a impressão de que elas estão paradas em relação umas às outras. E o fato de algumas estarem mais próximas de nós e outras mais distantes é praticamente irrelevante! Não há como perceber isto a olho nu. Em outras palavras, podemos imaginar que elas estão fixas no céu em uma esfera girando em torno da Terra. É

---

8 O fato de algumas estrelas parecerem mais brilhantes não significa necessariamente que elas estão mais próximas. A distância realmente faz com que o objeto fique menos brilhante, mas é perfeitamente possível uma estrela que nos parece mais fraca estar mais próxima do que uma que parece mais forte.

exatamente esta esfera que chamamos de *esfera celeste*. Uma gravura da esfera celeste é apresentada abaixo:

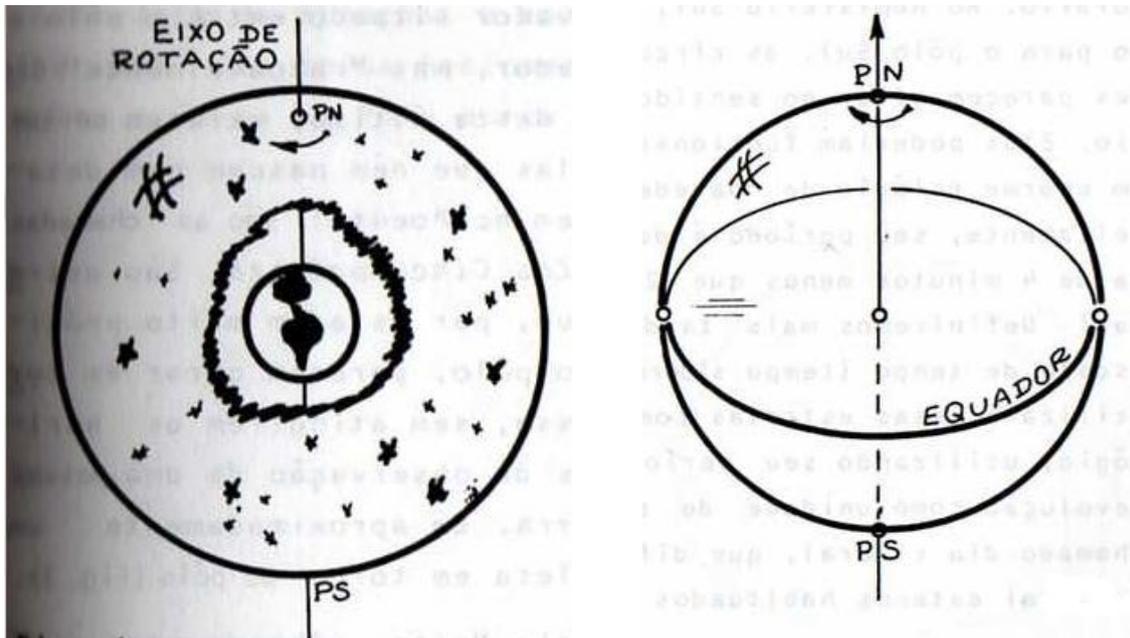


Figura 16: Esfera celeste (Boczko, 1986, p. 48)

Dependendo do ponto que escolhermos, podemos enxergar mais estrelas, ou então enxergá-las por mais tempo. Um observador no Equador por exemplo consegue ver praticamente toda a esfera celeste, só que todas as estrelas vão nascer e se pôr. Já um observador nos polos irá ver apenas metade da esfera celeste, porém nenhuma irá se pôr. Vamos ver com detalhes como isto funciona:

Vamos imaginar que todas as estrelas visíveis da Terra estejam em uma esfera imaginária girando em torno da Terra, ou seja vamos analisar o movimento das estrelas tomando um observador na Terra como referencial.

De qualquer ponto na Terra, podemos traçar um plano do nosso horizonte, que nada mais é do que uma tangente à Terra no ponto desejado. Este plano define quais são as estrelas que conseguimos enxergar e quais não conseguimos. A figura abaixo ilustra o plano do horizonte de um observador situado no hemisfério sul (pode até ser no Brasil) em um determinado horário. O tamanho da Terra é insignificante neste exemplo, de modo que sempre conseguimos enxergar “metade” da esfera celeste.

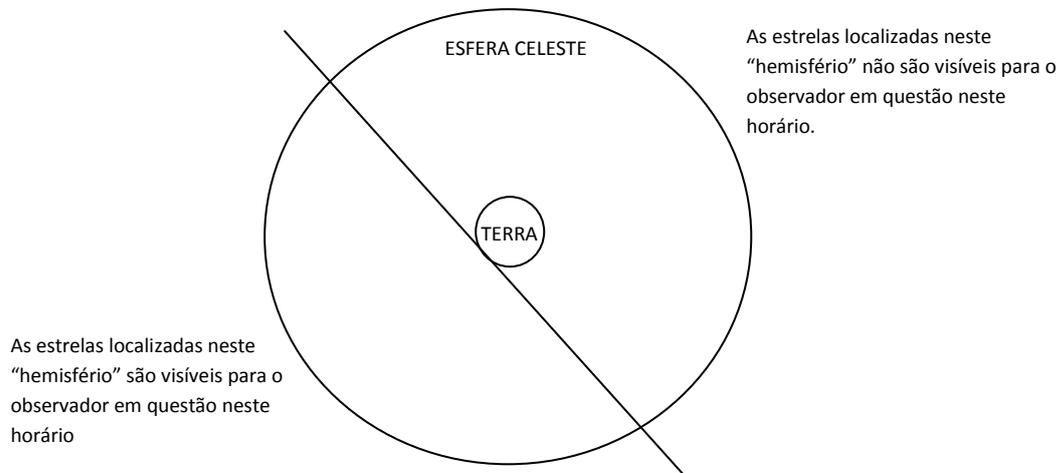


Figura 17: Observador no hemisfério sul

Desprezando o efeito de ofuscamento causado pelo Sol, a mesma figura 12 horas depois seria algo do tipo:

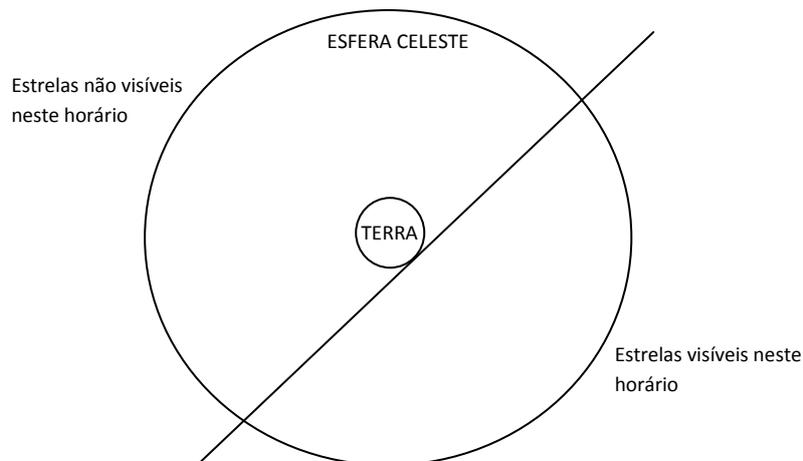


Figura 18: Observador no hemisfério sul 12 horas depois

Repare que há estrelas da esfera celeste que são visíveis nas duas situações, estrelas que são visíveis apenas na primeira ou apenas na segunda e estrelas que nunca são visíveis. As estrelas do primeiro grupo chamam-se *estrelas circumpolares*, ou seja, estrelas que estão sempre visíveis, não nascem e nem se põem. Já as do segundo grupo, são as estrelas que nascem e se põem em horários bem definidos. As estrelas do terceiro grupo não são visíveis para o observador em questão em nenhum horário.

Temos a impressão de que as estrelas no céu descrevem o seguinte movimento:

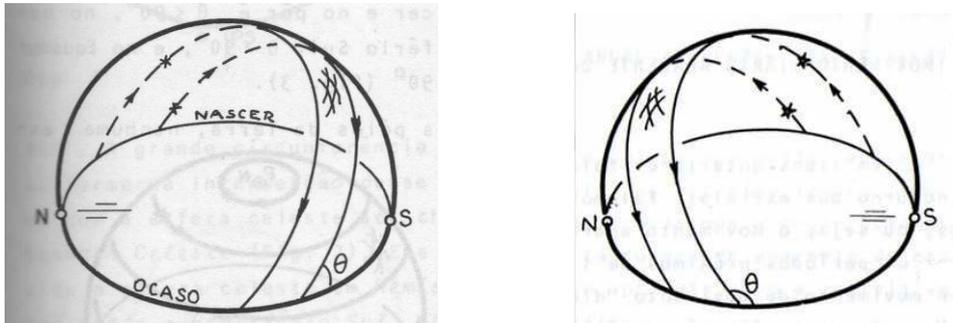


Figura 19: Movimento das estrelas para um observador nos hemisférios norte e sul  
(Boczko, 1986, p. 49)

Vamos ver o que aconteceria se tivéssemos um observador estivesse sobre a linha do Equador:

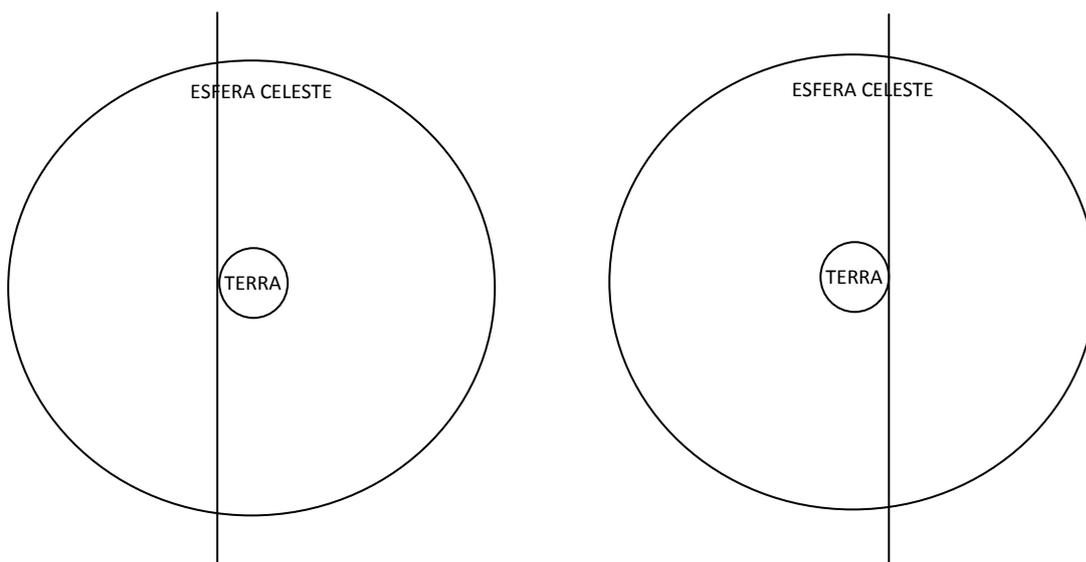


Figura 20: Observador no Equador

A figura acima mostra o plano do horizonte em duas situações separadas por um intervalo de 12 horas. Em uma delas, o observador vê todas as estrelas que estão “à esquerda” na figura e na outra, todas as que estão “à direita”. Lembrando que o diâmetro da Terra é desprezível em relação ao tamanho da esfera celeste, podemos dizer um observador no Equador veria todas as estrelas da esfera celeste ao longo de um dia se não fosse o ofuscamento causado pelo Sol e os obstáculos naturais como montanhas, que dificultam a visão de objetos mais baixos no horizonte. Repare também que, para este

observador não há estrelas circumpolares, ou seja, todas as estrelas nascem e se põem em algum horário:

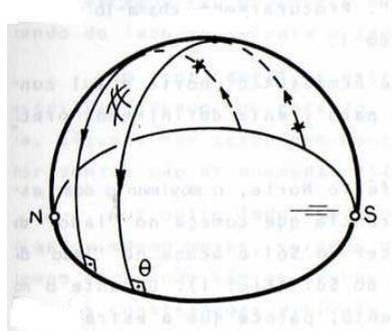


Figura 21: Movimento das estrelas para um observador no Equador (Boczko, 1986, p. 50)

Agora observe o que acontece para um observador localizado no Polo Norte ou no Polo Sul:

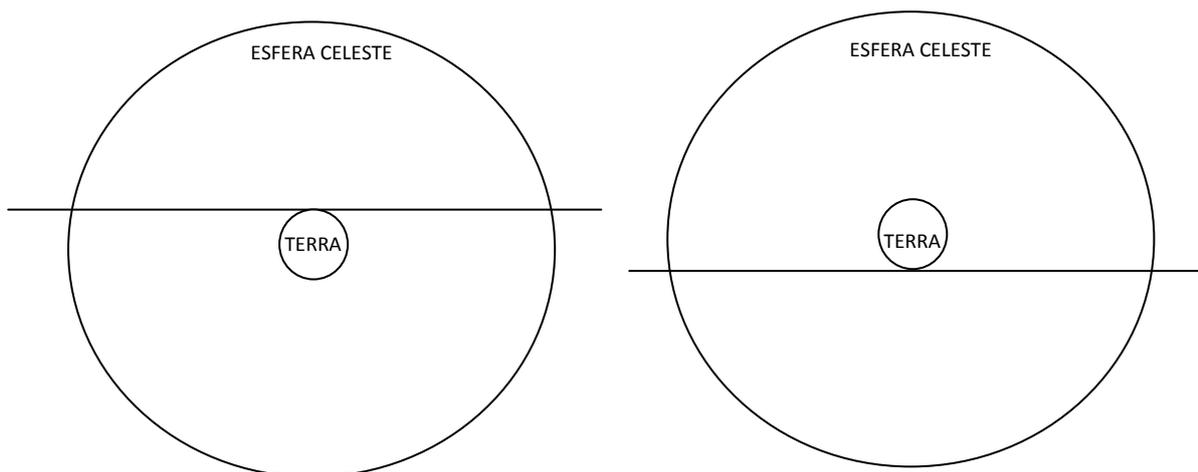


Figura 22: Observador nos polos

A figura da esquerda mostra a porção da esfera celeste que um observador no Polo Norte consegue ver. Repare que a mesma figura 12 horas depois é exatamente igual, pois a rotação da Terra em nada vai influenciar na definição do plano do horizonte. Já a figura da direita ilustra a mesma coisa para um observador no Polo Sul.

Repare agora que todas as estrelas para os dois observadores são circumpolares. Ou seja, um observador no Polo Norte vê apenas as estrelas do hemisfério norte da esfera celeste, independente do horário ou da época do

ano, assim como um observador no Polo Sul vê apenas as estrelas do hemisfério sul.

Poderíamos também pensar o seguinte: se prolongássemos o eixo de rotação da Terra, ele “furaria” a esfera celeste em dois pontos. Vamos chamá-los de Polo Norte Celeste (PNC) e Polo Sul Celeste (PSC). Um observador no hemisfério norte tem a impressão de que todas as estrelas giram em torno do Polo Norte Celeste. Já um observador no hemisfério sul tem a impressão de que elas giram em sentido horário em torno do Polo Sul Celeste. Quanto maior a latitude do observador, mais elevado se encontra o seu respectivo polo celeste: para um observador no Equador, ambos os polos se encontram na linha do horizonte; para um observador em um dos polos terrestres, o polo celeste se encontra sobre a sua cabeça (em um ponto que conhecemos como *zênite*).

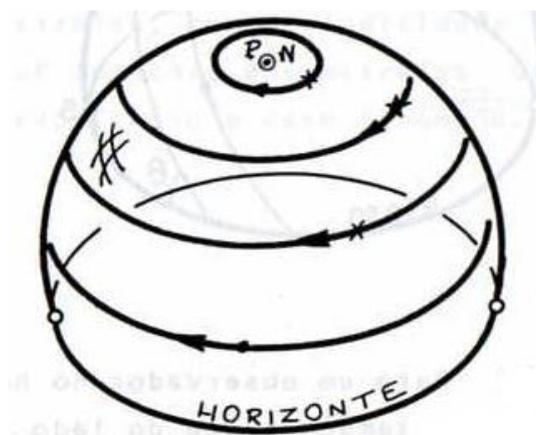


Figura 23: Movimento das estrelas para um observador nos polos (Boczeko, 1986, p. 52)

O *equador celeste* também não é igual para todos os observadores: para um observador no equador terrestre, uma estrela que nasce exatamente no leste passa pelo zênite e se põe no oeste; mas para um observador no hemisfério sul, uma estrela que nasce no leste não passa pelo zênite, e sim um pouco mais para o norte, mas se põe exatamente no oeste. Da mesma forma, para um observador no hemisfério norte, uma estrela que nasce no leste não passa pelo zênite, e sim um pouco mais ao sul, para se pôr no oeste.

A figura abaixo mostra o que acontece com as estrelas para um observador em algum ponto do hemisfério sul. Na foto abaixo, uma câmera teve o seu filme

exposto durante 90 minutos. Veja como as estrelas parecem girar em torno de um ponto imaginário:



Figura 24: Imagem de longa exposição de um céu no hemisfério sul ([www.spiegelteam.de/startrai.htm](http://www.spiegelteam.de/startrai.htm))

### **A eclíptica:**

Agora que já vimos o que é a esfera celeste, podemos definir o que é a eclíptica. Se considerarmos as estrelas fixas na esfera celeste, temos a impressão de que o Sol descreve uma trajetória passando por 13 constelações. Essa trajetória imaginária é chamada de *eclíptica*. As constelações pelas quais o Sol “passa” são: Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Ofiúco, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixes. Estes nomes devem parecer familiares. Tratam-se das constelações do zodíaco, de onde a Astrologia criou o horóscopo! Você deve ter notado que o seu signo possui o mesmo nome de uma destas constelações.

Porém, eu duvido que você seja ou conheça alguém do signo de Ofiúco. Isto acontece porque as constelações do zodíaco têm um significado para a Astrologia diferente do significado que têm para a Astronomia. Vamos primeiramente esclarecer a diferença entre Astrologia e Astronomia. A Astronomia, como já dissemos, é uma ciência, ou seja, faz observações dos

astros e cria teorias para explicar o funcionamento do universo. Já a Astrologia é baseada em crenças, e não em observações. Ou seja, a Astrologia não é considerada ciência! Não há nada que lhe impeça de acreditar na Astrologia, mas é importante que se diga que não há nada de científico em um horóscopo ou alguma outra previsão astrológica, assim como não há nada de científico em associar o signo de uma pessoa à sua personalidade.

Mas o que são os signos? Teoricamente, o signo de uma pessoa deveria ser a constelação na frente da qual o Sol estava no momento do seu nascimento. Ou seja, se você é do signo de Áries, isto deveria significar que no momento do seu nascimento, o Sol estava passando pela constelação de Áries. Mas nem sempre isto é verdade. Primeiramente porque a Astrologia existe há aproximadamente cinco mil anos, e nesta época os limites entre as constelações não eram muito bem definidos. Os signos foram divididos em um intervalo de aproximadamente um mês entre um signo e outro, de modo que todos os signos têm praticamente a mesma duração, como se o Sol demorasse o mesmo tempo para atravessar cada uma das constelações do zodíaco, o que não é verdade! Para ter uma ideia, o Sol na verdade demora aproximadamente 45 dias para atravessar a constelação de Virgem e apenas 7 para atravessar a constelação de Escorpião.

Além disso, em um período de cinco mil anos, começa a ficar relevante a *precessão* do eixo da Terra. Nosso eixo de rotação não fica imóvel ao longo dos anos. Ele tem um movimento semelhante ao de o eixo de um pião, porém muito mais lento. Enquanto a rotação da Terra demora cerca de 24 horas e a translação cerca de 365 dias, a precessão demora cerca de 26 mil anos para completar um ciclo. Ou seja, o eixo da Terra não irá sempre apontar para a Estrela Polar no hemisfério norte e Polar Austral no hemisfério Sul. Pode parecer lento demais este movimento, mas a trajetória do Sol na Esfera Celeste já mudou significativamente em cinco mil anos! Entretanto, a divisão dos signos permanece inalterada. Por exemplo, uma pessoa que nasce entre os dias 21 de março e 20 de abril é considerada do signo de Áries, e realmente o Sol passava pela constelação de Áries aproximadamente entre estas datas há cinco mil anos. Mas hoje em dia o Sol passa por esta constelação entre os

dias 19 de abril e 13 de maio. Ou seja, a precessão já fez com que a passagem do Sol por Áries se atrasasse em cerca de um mês!

Outra modificação importante devido à precessão é a inclusão da constelação de Ofiúco (ou o Serpentário) no Zodíaco. Há cinco mil anos, o Sol não passava por esta constelação, mas hoje em dia passa, logo depois de passar por Escorpião. Mas nem por isso, criou-se um novo signo. Ou seja, pode ser que você seja “astronomicamente” do signo de Ofiúco!

A tabela abaixo mostra algumas das diferenças entre as datas de início e fim de cada um dos signos para a Astrologia e as datas da passagem do Sol por cada uma das constelações do zodíaco<sup>9</sup>:

<b>Constelação</b>	<b>Duração para a Astrologia</b>	<b>Duração Real</b>
Áries	21 de março a 20 de abril	19 de abril a 13 de maio
Touro	21 de abril a 20 de maio	14 de maio a 20 de junho
Gêmeos	21 de maio a 21 de junho	21 de junho a 19 de julho
Câncer	22 de junho a 22 de julho	20 de julho a 10 de agosto
Leão	23 de julho a 23 de agosto	11 de agosto a 15 de setembro
Virgem	24 de agosto a 22 de setembro	16 de setembro a 30 de outubro
Libra	23 de setembro a 22 de outubro	31 de outubro a 22 de novembro
Escorpião	23 de outubro a 22 de novembro	23 de novembro a 29 de novembro
Ofiúco	(não há este signo)	30 de novembro a 17 de dezembro
Sagitário	23 de novembro a 22 de dezembro	18 de dezembro a 19 de janeiro
Capricórnio	23 de dezembro a 19 de janeiro	20 de janeiro a 15 de fevereiro
Aquário	20 de janeiro a 19 de fevereiro	16 de fevereiro a 11 de março
Peixes	20 de fevereiro a 20 de março	12 de março a 18 de abril

Tabela 05: Duração do trânsito solar pelas constelações da eclíptica

<sup>9</sup> Esta tabela serve apenas para ilustrar as discrepâncias entre as datas aceitas pela Astrologia e as datas reais de passagem do Sol por cada uma das constelações do zodíaco. Pequenas diferenças entre os dados desta tabela e os dados encontrados em outra fonte podem ocorrer.

**REFERÊNCIAS:**

BOCZKO, R. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher. 1984.

DREYER, J. L. E. **A History of Astronomy: from Thales to Kepler**. New York: Dover. 1957.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo: Ática. 2011.

GLEISER, M. **A Dança do Universo: dos Mitos de Criação ao Big Bang**. São Paulo: Companhia das Letras. 1997.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de Física vol. 1 – Mecânica**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC. 2008.

HAWKING, S. W. **Uma Breve História do Tempo: do Big Bang aos Buracos Negros**. Rio de Janeiro: Rocco. 1988.

INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION (IAU). **General Assembly: Result of the IAU Resolution Votes**. Disponível em: <http://www.iau.org/static/archives/releases/pdf/iau0603.pdf>. Acesso em 05/01/12.

MÁXIMO, A. ALVARENGA, B. **Física de Olho no Mundo do Trabalho**. 1ª ed. São Paulo: Scipione. 2005.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia & Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física. 2004.

PIRES, A. S. T. **Evolução das Ideias da Física**. São Paulo: Livraria da Física. 2008.

ROCHA, J. F. (org.) **Origens e Evolução das Ideias da Física**. Salvador: EDUFBA. 2002

SAMPAIO, J. L. CALÇADA, C. S. **Física – volume único**. 3ª ed. São Paulo: Atual. 2008.

SILVEIRA, F. L. Marés, Fases Principais da Lua e Bebês. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 20, n. 1. 2003. p. 10-29.

TORRES, C. M. A., FERRARO, N. G., SOARES, P. A. de T. **Física, Ciência e Tecnologia**. 2ª ed. São Paulo: Moderna. 2010.

**PÁGINAS CONSULTADAS:**

<http://ventosdouniverso.blogspot.com.br>. Acesso em 05/08/11.

<http://www.novomilenio.inf.br>. Acesso em 18/08/11.

<http://www.if.ufrgs.br>. Acesso em 26/08/11.

<http://www.winstars.net>. Acesso em 16/09/11.

<http://www.shatters.net/celestia>. Acesso em 16/09/11.

<http://www.stellarium.org>. Acesso em 16/09/11.

<http://www.colegioweb.com.br/fisica>. Acesso em 30/09/11.

<http://www.mat.uel.br/geometrica>. Acesso em 30/09/11.

<http://www.pion.sbfisica.org.br>. Acesso em 07/10/11

<http://www.spiegelteam.de>. Acesso em 16/09/11.

**ANEXO B:**  
**CRONOGRAMA INICIAL DO CURSO**

Aula 1	Referenciais: Estamos parados ou não?
Nesta aula, discutiremos o nosso movimento e a nossa velocidade em relação a diferentes referenciais, por exemplo: em relação ao solo, em relação ao eixo da Terra, em relação ao Sol. Espera-se que três resultados bastante discrepantes causem certo espanto aos alunos. Em seguida, será discutida a questão do referencial: por que as três respostas encontradas estão corretas? A aula terminará com a seguinte questão: se a nossa velocidade em relação a outros referenciais pode ser tão alta, por que não somos jogados para fora da superfície ou para fora da órbita da Terra?	
Aula 2	O conceito de inércia
A aula começará com o levantamento das respostas encontradas para a questão anterior. Em seguida, será apresentado o conceito da inércia, proposto por Galileu. As discussões sobre a inércia levarão à conclusão de que o que nós percebemos são forças e não velocidades.	
Aula 3	A atração gravitacional
Como a última aula terminou mostrando que nós sentimos forças, é interessante mostrar de onde vêm estas forças. Então, nesta aula, será apresentada a lei da atração gravitacional, que mostra que todo objeto dotado de massa cria ao redor de si um campo gravitacional.	
Aula 4	A força peso
Nesta aula, será calculado, a partir da lei da atração gravitacional, o valor do campo gravitacional na superfície da Terra. Mesmo que haja alguns alunos familiarizados com o valor de $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , a unidade utilizada será o N/kg, que será muito mais coerente com a sequência adotada. Com este valor, os alunos poderão calcular os pesos de diversos objetos na Terra ou na superfície de qualquer outro planeta, desde que conheçam o valor do seu campo gravitacional.	
Aula 5	A segunda e a terceira lei de Newton
A partir dos conceitos desenvolvidos na última aula, será possível escrever a segunda lei de Newton na sua forma mais conhecida, $F = m \times a$ . Com esta forma, poderemos esclarecer por que $g$ tem dimensão de aceleração. Com a terceira lei de Newton, poder-se-á mostrar que a Terra sofre a mesma força de atração sentida por nós, mas experimenta uma aceleração bem menor, devido à sua massa.	
Aula 6	Avaliação
Avaliação dos conhecimentos obtidos até o momento.	
Aula 7	Modelos de concepção do sistema solar
Serão apresentados nesta aula os principais modelos de concepção do sistema solar, desde os modelos da Antiguidade até os medievais, com destaque para os modelos de Ptolomeu e Copérnico. Espera-se que o aluno perceba que o modelo de Ptolomeu é muito mais aceitável do ponto de vista do senso comum, mas que, com os conhecimentos obtidos até então, perceba por que o modelo de Copérnico é muito mais próximo do “correto” do que o de Ptolomeu.	
Aula 8	As observações de Tycho Brahe
Nesta aula, serão apresentadas as observações de Tycho Brahe, que levaram Johannes Kepler a deduzir sua primeira lei: as órbitas dos planetas são elípticas, e não circulares.	
Aula 9	Centro de massa e as marés
Quando se apresenta a primeira lei de Kepler, é muito comum dizer que o Sol ocupa um dos focos da elipse. Entretanto, esta informação não é precisa, pois na verdade quem ocupa esta posição é o centro de massa do sistema Sol-planeta. A mesma coisa acontece com o sistema Terra-Lua, e isto serve para explicar o fenômeno das marés, que serão o assunto desta aula.	
Aula 10	A segunda lei de Kepler
Sem entrar em detalhes sobre os cálculos de energia cinética e potencial gravitacional, pode-se mostrar exemplos de situações em que a soma destas duas energias é conservada. Através desta observação, será apresentada a segunda lei de Kepler: a velocidade de um planeta em seu periélio é maior do que em seu afélio.	
Aula 11	A terceira lei de Kepler
Com a lei da atração gravitacional esclarecida e uma breve introdução sobre movimentos circulares, poder-se-á mostrar a relação entre o quadrado do período e o cubo do raio médio da órbita de um planeta, que nada mais é do que a terceira lei de Kepler.	
Aula 12	Avaliação final
Avaliação dos conhecimentos obtidos ao longo do curso.	

**ANEXO C:**  
**QUESTIONÁRIOS E ATIVIDADES**  
**APLICADAS AO LONGO DO CURSO**

**Questionário de Conhecimentos Prévios:**

Curso: \_\_\_\_\_

Ano: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

1. Foi muito difícil provar que a causa da existência do dia e da noite é o movimento de rotação da Terra em torno de um eixo imaginário (e não o movimento do Sol ao redor da Terra como se pensava antigamente). Um dos argumentos mais difíceis de derrubar é o de que, quando jogamos uma pedra verticalmente para cima, ela cai exatamente sobre a nossa mão (e não atrás de nós, como era de se supor). Explique por que, mesmo havendo o movimento de rotação da Terra, a pedra cai sobre a nossa mão.

---

---

---

---

---

---

2. A força que nos mantém unidos à superfície da Terra é de mesma natureza que a que mantém a Lua em órbita? Se você respondeu sim, explique por que a Lua não cai na Terra. Se respondeu não, explique quais são estas forças então.

---

---

---

---

---

---

3. Como funciona o movimento relativo entre um planeta e seu satélite natural (por exemplo, Terra e Lua) no espaço?

( ) O planeta não sofre influência em seu movimento por causa do satélite. Já o satélite gira em torno do centro do planeta.

( ) O satélite não sofre influência em seu movimento por causa do planeta. Já o planeta gira em torno do centro do satélite.

( ) Ambos giram em torno do centro de massa dos dois, que pode ou não estar dentro do planeta.

( ) Nenhum dos dois apresenta movimento em relação ao outro.

4. Você sabe que você é atraído pela Terra por uma força denominada “força gravitacional” ou, simplesmente, “peso”. Porém, você já deve ter ouvido falar (mesmo que você ainda não tenha estudado as leis de Newton) que “a toda ação corresponde uma reação”. Sendo assim, podemos dizer que nós também atraímos a Terra assim como ela nos atrai? Se você respondeu sim, explique por que não sentimos esta força. Se respondeu não, explique a lei da Ação e Reação não se aplica neste caso.

---

---

---

---

---

---

5. Faça um desenho da Terra em sua órbita ao redor do Sol mostrando o formato desta órbita e onde se encontra o Sol. Você pode acrescentar comentários por escrito, se julgar necessário.

6. Como funciona o movimento aparente das estrelas à noite na região em que você mora?

- Ficam todas paradas no céu.
- Não ficam paradas, mas nenhuma estrela “nasce” ou “se põe”.
- Há estrelas que “nascem” e “se põem”, mas não são todas.
- Todas as estrelas “nascem” e “se põem”, assim como o Sol.

7. O céu para um observador no Hemisfério Sul é igual ao céu para um observador no Hemisfério Norte?

- Sim. Um observador em um hemisfério vê as mesmas estrelas que um observador no outro hemisfério.
- Um observador em um hemisfério pode ver algumas estrelas que seriam do outro hemisfério; dependendo do lugar, pode ver mais estrelas ou menos estrelas.
- Um observador em um hemisfério não vê nenhuma estrela do outro hemisfério.

8. É possível haver Sol à meia-noite em alguma região do mundo? Se for, em qual(is) região(ões) podemos ver isto?

- No Equador.
- Nos trópicos ou latitudes mais altas
- Nos círculos polares ou latitudes mais altas.
- Nos polos somente.
- É impossível ver sol à meia-noite.

9. O Sol nasce exatamente no ponto cardeal leste todos os dias?

- Sim.
- Não, apenas em datas específicas.
- Nunca nasce no ponto cardeal leste.

10. O Sol fica “a pino” ao meio-dia todos os dias em todas as regiões do mundo?

- Sim.
- Fica “a pino” todos os dias, mas não em toda região do mundo.
- Fica “a pino” em toda região do mundo, mas não todos os dias.
- Fica “a pino” apenas em algumas regiões e em datas específicas.
- Nunca fica “a pino”.

**1ª Atividade Avaliativa de Astronomia – 27/05/11:**

1. Uma pessoa possui massa 70 kg. Calcule o peso desta pessoa na Lua, na Terra, em Marte e em Júpiter.

Dados:  $g_{\text{Lua}} = 1,60 \text{ N/kg}$   
 $g_{\text{Terra}} = 9,80 \text{ N/kg}$   
 $g_{\text{Marte}} = 3,72 \text{ N/kg}$   
 $g_{\text{Júpiter}} = 22,9 \text{ N/kg}$

2. Sabendo que Netuno possui um campo gravitacional igual a 11 N/kg na sua superfície, calcule a massa de Netuno.

Dado:  $R_{\text{Netuno}} = 25 \text{ mil km}$

3. É comum as pessoas dizerem que na Lua não há gravidade. Está certa esta afirmação? Por que as pessoas cometem este erro?

4. Saturno possui campo gravitacional igual a 9,05 N/kg na sua superfície. Ou seja, um campo menor do que o da Terra. Mas Saturno possui massa quase 100 vezes maior do que a Terra. Como isso é possível? O que podemos concluir a respeito do raio de Saturno em relação ao da Terra?

5. Se uma pessoa está sobrevoando a Terra a 10 mil metros de altitude, o valor do campo gravitacional para esta pessoa é maior, menor ou igual ao de uma pessoa na superfície? Calcule este novo valor.

Dado:  $R_{\text{Terra}} = 6400 \text{ km}$

**2ª Atividade Avaliativa de Astronomia – 10/06/11:**

1. Durante muito tempo, as pessoas defenderam a teoria geocêntrica com base no seguinte argumento: “quando jogamos uma pedra para cima, ela cai sobre a nossa mão. Logo, a Terra deve estar parada, senão a pedra cairia atrás de nós!” Hoje sabemos que a Terra gira em torno do seu próprio eixo e que uma pessoa no Equador tem velocidade maior que 1600 km/h. Logo, qual é o erro do argumento acima?

2. A Terra nos atrai com uma força chamada peso. Pela lei da Ação e Reação, nós também atraímos a Terra com uma força de mesma intensidade. Porém, vemos os objetos caindo sobre a superfície da Terra, mas não vemos a Terra subindo em direção a nenhum objeto. Por quê?

3. Quando apoiamos um livro sobre uma mesa, aparece uma força sobre o livro chamada *força normal*. Em muitos casos, esta força se anula com a força peso. Podemos dizer então que, neste caso, ação e reação se cancelam?

4. Sabemos que a Lua e a Terra se atraem pela Lei da Gravitação Universal. Entretanto, a Lua não cai sobre a Terra como os corpos em sua superfície. Por que não?

**3ª Atividade Avaliativa de Astronomia – 23/09/11:**

1. Abra o software Stellarium.
2. Na janela de localização, procure a cidade em que você se encontra.
3. Escolha um dia do mês (por exemplo, hoje) e procure o planeta Vênus. Repita o processo no mesmo dia do mês seguinte e assim por diante até completar um ano. Pode ser que Vênus esteja visível logo após o pôr do Sol ou pouco antes do nascer. Pode ser ainda que ele não esteja visível. Faça um desenho de Vênus em cada um destes dias. (use o “zoom” para vê-lo mais de perto, se necessitar)
4. Construa uma tabela com a figura de Vênus vista em cada uma das observações.
5. Como você explica as “fases de Vênus” (segundo o modelo geocêntrico ou heliocêntrico, qual você preferir)?

**4ª Atividade Avaliativa de Astronomia – 21/10/11:**

1. Abra o navegador de Internet do seu computador e pesquise os valores de período orbital e raio médio de 5 ou mais corpos girando ao redor de um mesmo astro (por exemplo, planetas girando ao redor do Sol ou satélites girando ao redor de um mesmo planeta).
2. Construa uma tabela com os valores de T e R para os 5 corpos selecionados.

*Cuidado: utilize as mesmas unidades de medida de T e de R para todos os corpos da sua tabela!*

3. Calcule o valor da razão  $\frac{T^2}{r^3}$  para os cinco corpos selecionados e anote os valores obtidos em uma coluna adicional da tabela.
4. O que você pode concluir a respeito dos resultados obtidos?

### **Questionário Final de Astronomia:**

#### Questões conceituais:

- 1) É muito comum ouvirmos frases como: “A Terra gira em torno do Sol”, “Não é o Sol que gira em torno da Terra”. Comente estas frases.
- 2) Existe algum referencial melhor para observarmos o universo? Se existe, qual é? Se não existe, explique por quê.
- 3) O que um corpo precisa ter para criar um campo gravitacional? Por que o campo gravitacional da Terra é diferente do campo gravitacional de uma bola de boliche?
- 4) Explique o que é a força peso, quais são as diferenças entre peso e massa e como podemos calcular a força peso em diferentes situações.
- 5) Explique por que, quando jogamos uma pedra para o alto, ela cai sobre a nossa mão, mesmo sabendo que a Terra está girando enquanto isso.
- 6) Por que, quando abandonamos um objeto no ar, vemos a sua queda, mas não vemos a Terra subindo?
- 7) Onde está a força de reação à força peso? Por que existem situações em que peso e força normal se cancelam e outras em que isto não ocorre?
- 8) Como sabemos pelas leis de Kepler, os planetas possuem órbitas elípticas. É esta a causa da existência das estações do ano? Por quê?
- 9) Se houvesse apenas a Terra e a Lua, quem iria girar em torno do quê? Explique como isto interfere nas marés da Terra.
- 10) Cite as principais diferenças entre Astronomia e Astrologia e explique por que uma é classificada como ciência e outra não.

#### Questões pessoais:

- 1) Qual foi o assunto do qual você mais gostou durante o curso? Por quê?
- 2) Qual foi o assunto que menos lhe interessou? Por quê?
- 3) Há algum assunto que você queria que tivesse sido abordado durante o curso, mas não foi? Qual?
- 4) Houve algum assunto que você achou desnecessário abordar durante o curso? Qual?
- 5) Você gostaria de fazer alguma sugestão ao curso? Qual?
- 6) Como você avalia a sua participação no curso (Atribua a si mesmo uma nota de 0 a 10).
- 7) Atribua uma nota de 0 a 10 a cada uma das atividades elaboradas pelos seus colegas que você realizou. (apenas para alunos do Ensino Médio)

8) Faça os comentários que julgar pertinentes.

**ANEXO D:**  
**ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**  
**PELOS ALUNOS DE LICENCIATURA**  
**EM QUÍMICA**



CAMPUS  
SERTÃOZINHO

## Por que adotamos o horário de verão?

### Atividade

---

- 1) Abra o software “Winstars 2”;
- 2) Clique no botão “Date and place of the observation” (menu superior do software);
- 3) Ajuste o dia e para o dia 20/06/2000 e as coordenadas do local para o local onde você está (você pode procurá-las na internet ou escolher uma cidade próxima);
- 4) Clique em “Apply”.
- 5) Clique no botão “Find an object” localizado no menu do lado direito do software;
- 6) Nas quatro abas acima, clique em “Solar System”;
- 7) No primeiro quadro (“Planet, Sun, Moon”), localize a opção “Sun” (Sol);
- 8) Clique no botão “Find”;
- 9) Procure nas informações locais o horário de nascimento e pôr do Sol no dia 20/06/2000 (ele está ao lado da palavra “Rise” e “Set”). Anote estes horários;
- 10) Feche a janela (clicando no botão “Close”) e clique novamente no botão “Date and place of the observation”
- 11) Repita os procedimentos acima para as datas: 08/10/2000; 18/02/2001; 20/04/2001; 20/08/2010; 17/10/2010; 20/02/2011; 20/04/2011. Observe os horários encontrados em cada data.
- 12) Escolha agora uma cidade localizada próxima à linha do Equador (ou coloque 0° na latitude) e repita os procedimentos escolhendo as quatro datas dos anos 2000/2001 ou 2010/2011. Observe os horários encontrados em cada data.
- 13) Escolha agora uma cidade localizada abaixo do Círculo Polar (ou coloque 60° na latitude) e repita os procedimentos escolhendo as quatro datas dos anos 2000/2001 ou 2010/2011. Observe os horários encontrados em cada data.

### Questões

---

- 1) O Sol nasce nos mesmos horários todos os dias?
- 2) Em quais datas o Sol nasce mais cedo?

- 3) De acordo com sua observação, realmente faz-se necessário o uso do Horário de Verão?
- 4) De acordo com sua observação, o que é feito para que aproveitemos maior tempo de sol?
- 5) Houve diferença nos horários do nascer e pôr do sol entre os anos 2000/2001 e 2010/2011?
- 6) Houve diferença nos horários do nascer e pôr do sol entre a cidade próxima ao Equador e a cidade que você está localizado (qualquer ano)?
- 7) Houve diferença nos horários do nascer e pôr do sol entre a cidade próxima ao Equador e a cidade abaixo do Círculo Polar?
- 8) Por que nas cidades próximas ao Círculo Polar, temos datas em que o dia é mais longo e em outras que a noite é mais longa?

## Descobrimos os satélites dos planetas do Sistema Solar

### Introdução:

Quase todos os planetas do sistema solar possuem satélites, visto que alguns têm poucos e outros muitos, os tamanhos também variam. Esta atividade tem como proposta que os alunos através do programa Celestia possam conhecer alguns satélites dos planetas do Sistema Solar.

### Preparação:

---

- 1) Utilizando o programa Celestia, vá a Navegação, depois ir para objeto e digite os seguintes satélites e verifique a que planeta eles pertencem, e suas dimensões:
  - a) Lua
  - b) Phobos
  - c) Europa
  - d) Ganymede
  - e) Callisto
  - f) Titan
  - g) Epimetheus
  - h) Ariel
  - i) Triton
  - j) Galatea
- 2) Vá a Navegação, depois, navegador do sistema solar, e selecione os planetas, lembrando-se que Plutão já não faz parte, e verifique suas dimensões.
- 3) Vá a Navegação, depois, navegador do sistema solar, e selecione os planetas, e verifique se todos os planetas tem satélite.
- 4) Utilizando o mesmo método da atividade anterior verifique em especial os satélites do planeta terra e anote suas dimensões.

### Questões:

---

- 1) Primeiramente, quais são os planetas que temos no sistema solar? Lembrando que Plutão só faz parte sendo um planeta anão.
- 2) Identifique qual é o maior planeta e qual é o menor.
- 3) Identifique dos satélites pesquisados qual é o maior satélite e qual é o menor.
- 4) Faça uma análise entre os planetas e satélites, e compare se existe algum satélite maior que um planeta e quais são eles.
- 5) Existe algum planeta que não tenha satélite?
- 6) No planeta Terra temos apenas 1 satélite natural e outros 3 artificiais quais são eles e suas dimensões?

## **Medindo a distância entre o sol e os planetas.**

### **Introdução:**

---

No Ensino Fundamental (6º ano), os alunos aprendem a ordem dos planetas em relação ao sol, através de teorias e ilustrações (figuras).

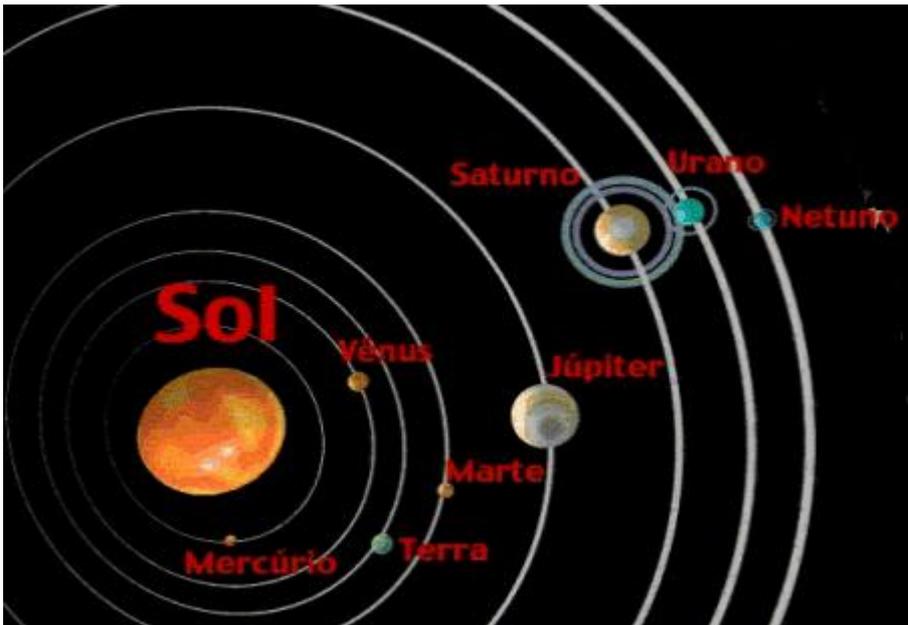
Com esta atividade os alunos poderão visualizar e calcular a distância exata entre o sol e os planetas, podendo comparar os resultados obtidos com os dados fornecidos pelos livros didáticos.

### **Preparação:**

---

- 14) Abra o software “Celestia”;
  - 15) Clique no botão “Navegação” (menu superior do software);
  - 16) Clique na opção “Ir para objeto”;
  - 17) Digite na caixa objeto: Saturno;
  - 18) Clique no botão “Ir para”;
  - 19) Clique no botão “Navegação” (menu superior do software);
  - 20) Clique na opção “Selecionar sol”;
  - 21) Anote a distância obtida;
  - 22) Repetir os procedimentos para os planetas: Vênus, Terra, Mercúrio, Marte, Júpiter, Netuno e Urano;
  - 23) As distâncias obtidas estão em unidades astronômicas, para transformar em Km multiplique por 150.000.
- 

Ordem dos planetas segundo livros didáticos:

**Questões:**

1. Preencha as lacunas a seguir:

Planeta	Distância (Km)

2. Qual o planeta que apresenta maior distância em relação ao sol?
3. Qual o planeta que apresenta menor distância em relação ao sol?

4. Qual a ordem crescente da distância de todos os planetas em relação ao sol?
5. Dê acordo com a distância dos planetas em relação ao sol (exercício 1). Coloque os planetas na escala a seguir:



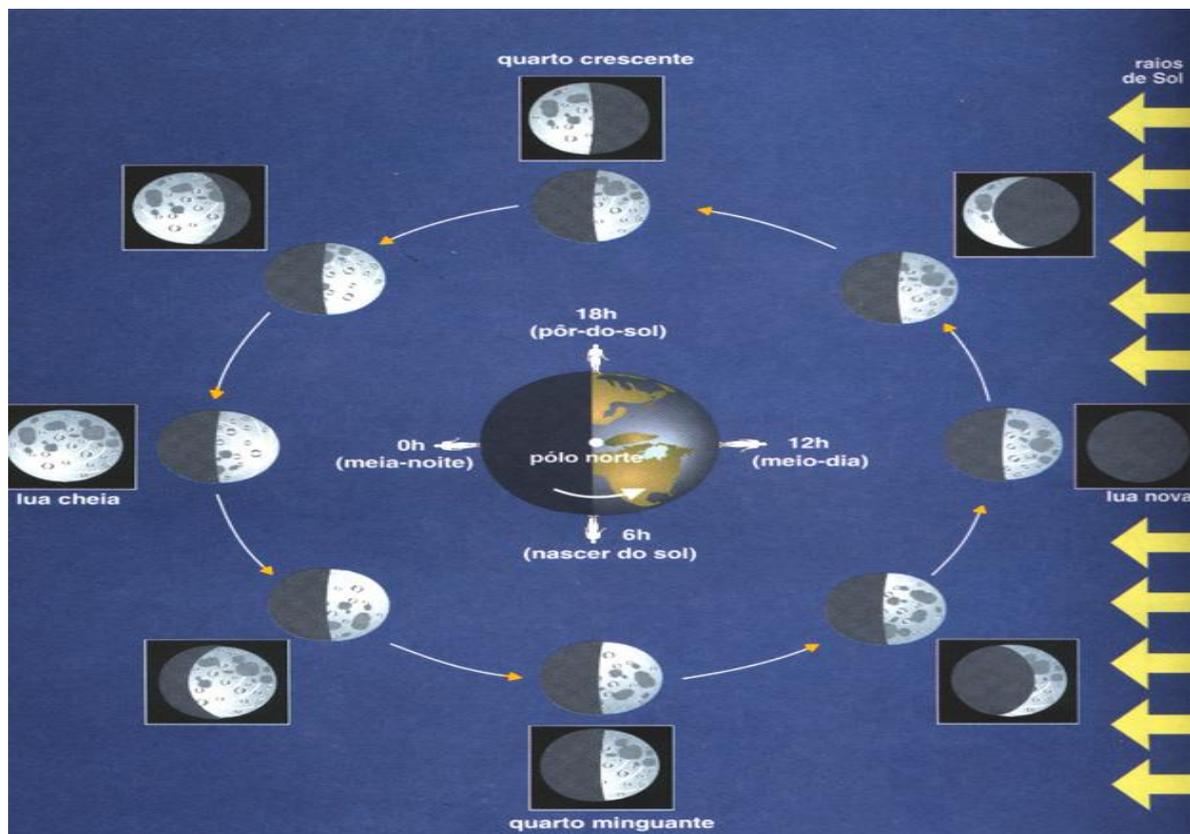
6. Compare as informações obtidas com as informações fornecidas pelos livros. Estão compatíveis?

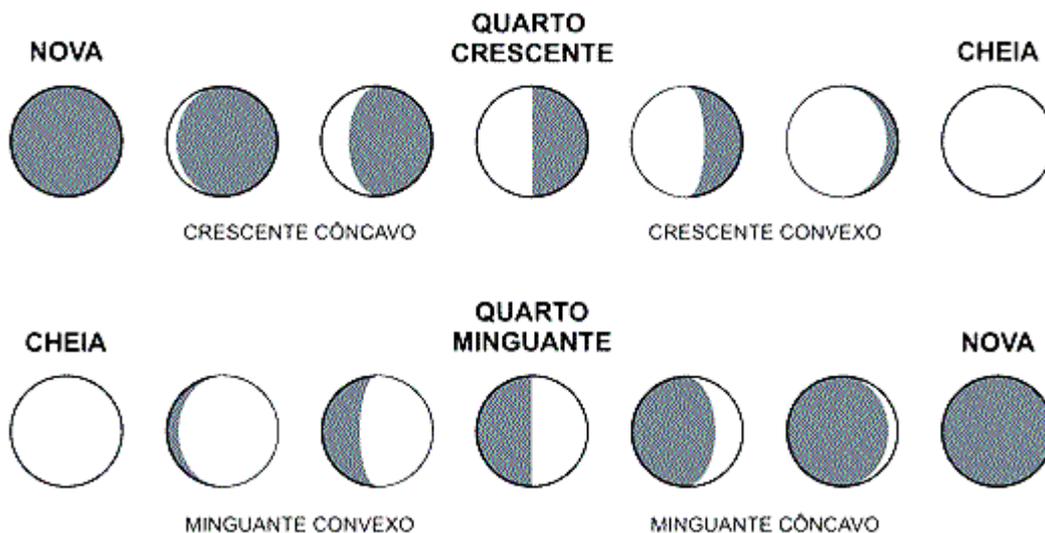
## Conhecendo as fases da lua.

### Introdução:

A Terra e a Lua são iluminadas pelo Sol.

As fases da Lua são resultado de seu movimento em volta da Terra. Por isso, a cada dia vemos a Lua de um jeito diferente lá no céu.





### Preparação:

---

- 24) Abra o software “Winstars 2”;
- 25) Ajuste a cor do céu para “escuro” no botão “natural sky color on/of” localizado ao lado esquerdo da barra de ferramenta.
- 26) Clique no botão “Date and place of the observation” (menu superior do software);
- 27) Ajuste o dia e para o dia de hoje (não se esqueça de pôr -3 no fuso horário)
- 28) Ajuste as coordenadas do local para o local onde você está 21° 08' 33" (você pode procurá-las na internet ou escolher uma cidade próxima);
- 29) Clique em “Apply”.

### Reconhecendo as fases da lua

---

- 1) Clique no botão “Find an object” localizado no menu do lado direito do software;
- 2) Nas quatro abas acima, clique em “Solar System”;
- 3) No primeiro quadro (“Planet, Sun, Moon”), localize a opção “Moon”(lua);
- 4) Clique no botão “Find”;
- 5) Ao aparecer o quadro com informações sobre a lua verifique e anote com relação a data informada:

- a) rise (a hora que a lua nasce):
- b) set (a hora que a lua se põe):
- c) phase (fase em que a lua se encontra):

6) Agora identifique as fases da lua ao longo de um mês e anote:

Em que fase ela estará no primeiro dia do mês, por quantos dias ela permanece em suas fases, a hora em que ela nasce e se põe.

### **Perguntas:**

---

Com base no quadro ilustrativo acima responda:

1. É possível observar a lua em todas as suas fases no céu? Justifique:
2. O que representa a fase da lua?
3. Que parte da lua encontra-se iluminada na fase:

Crescente:

Cheia:

Minguante:

Nova:

- 4-Observamos a mesma fase da lua em diferentes pontos da terra. Justifique sua resposta