

# **Metodologia em Ensino de Física I – 2015**

## **Módulo de Ensino Inovador - Introdução à Astronomia**

**Daniel Fernandes Matsukura**

**João Paulo Muniz Palma**

**Rodrigo Tonon**

Este módulo de ensino foi desenvolvido originalmente como parte das atividades da disciplina Metodologia em Ensino de Física I, ministrada pelo docente Maurício Pietrocola na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, e foi aplicado na forma de mini-curso para os alunos de Ensino Médio da Escola Estadual Ana Rosa de Araújo, localizada à Rua Éden 100 (São Paulo – SP), sob supervisão do professor Vitor Fabrício Machado Souza.

As aulas aconteceram nas dependências da USP, campus da capital, nos dias 13, 14, 20 e 21 de Junho de 2015.

As duas primeiras aulas ocorreram no Instituto de Física, localizado à Rua do Matão, Travessa R, 187. As duas últimas ocorreram na Faculdade de Educação, localizada à Av. da Universidade, 308, sendo que a última atividade foi realizada na Praça do Relógio.

**Temas abordados:** Conceitos básicos de Astronomia (estações do ano, fases da Lua, eclipses); Noções de calendário e contagem do tempo; Astronomia de Posição; Constelações; Telescópios e instrumentação; Evolução dos conceitos de mundo; Lei de Hubble.

**Público alvo:** alunos dos três anos do Ensino Médio

**Duração:** 12 horas (divididas em 4 dias)

**Objetivos gerais da proposta:** Desenvolver um conhecimento mais aprofundado sobre os conteúdos de Astronomia geralmente trabalhados no Ensino Médio, de forma que os alunos possam observar o céu com um olhar científico. Introduzir ferramentas que auxiliem os alunos nessa observação, tornando a atividade mais prazerosa e despertando o interesse neste ramo da Ciência. Estabelecer uma relação entre a astronomia desenvolvida na antiguidade e seu legado na atualidade (na contagem do tempo, nos horóscopos, etc.). Através da história da Astronomia, evidenciar a transitoriedade do pensamento científico.

**Justificativa da proposta:** Embora temas da Astronomia e Astrofísica apareçam com frequência em revistas, noticiários, documentários e filmes, o tempo dedicado a esta área das ciências nos currículos tradicionais de Ensino Médio é muito restrito. Por um lado, temos a mídia estimulando o imaginário dos alunos, e por outro um ensino escolar incapaz de satisfazer-lhes a curiosidade e eliminar concepções equivocadas.

Não é incomum que alunos questionem seus professores sobre estes temas com perguntas que vão muito além do que é contemplado no currículo, até mesmo fora do horário de aula.

Apesar do interesse notável dos alunos, algumas pessoas difundem a idéia de que os conhecimentos celestes pouco se relacionam com a vida cotidiana, ou que as pesquisas em astrofísica não trazem benefícios à população em geral. Com esta proposta de ensino, pretende-se confrontar esta idéia, uma vez que o movimento diário e anual dos astros é responsável pelas estações do ano, marés, duração do dia, e até mesmo pela forma como contamos o tempo, dividindo o dia em 24 horas, o ano em 365 dias, etc. As inovações tecnológicas desenvolvidas para fins de instrumentação astronômica, eventualmente também acabam influenciando no modo como vivemos, como foi o caso dos detectores CCD (Charge-coupled device) que hoje podem ser encontrados em qualquer câmera fotográfica de aparelhos celular.

Ao introduzir conhecimentos básicos sobre o movimento dos astros no céu, coordenadas astronômicas e telescópios, pretendemos também capacitar os alunos a engajar-se em atividades de observação amadora, despertando uma postura investigativa e curiosidade pelo trabalho dos cientistas e pela prática científica de modo geral.

### **Sobre os recursos utilizados**

Em qualquer curso de astronomia, o uso de imagens é de extrema importância. Quando se trata de Astronomia de Posição, em especial, é preciso que fique claro para os alunos o que está sendo representado com as imagens, sendo que em muitos casos um mero desenho em lousa não basta. Muitas vezes precisamos que o desenho “varie no tempo” para representar um fenômeno, e de uma boa impressão de tridimensionalidade.

Assim, este módulo de ensino é baseado no uso de dois recursos computacionais que facilitam a visualização dos conceitos. São eles:

#### **Stellarium**

Software gratuito disponível para download em <http://www.stellarium.org/>

Possui versões para Windows, Linux e Mac OS, e também uma versão portátil, que pode ser executada a partir de um dispositivo removível (ex: pendrive), o que facilita muito o uso em sala de aula, já que não se faz necessária a instalação em computador local.

O programa simula com precisão o céu noturno visto por um observador na Terra, para qualquer localização, data e hora escolhidas. Dentre as várias opções disponíveis, podemos acrescentar linhas de constelações, grade de coordenadas equatoriais e altazimutais, marcações de planetas, marcações de “objetos de céu profundo” (deep sky objects), linha eclíptica, equador celeste, podemos eliminar a atmosfera, controlar o grau de poluição luminosa, etc. Ao clicarmos em um objeto

(uma estrela, por exemplo) ele nos dá informações detalhadas como: ascensão reta/declinação, azimute/altura, magnitudes aparente e absoluta, distância, tipo espectral, etc.

Normalmente o software é utilizado para observações astronômicas amadoras, possuindo inclusive modo noturno (que diminui a luminosidade da tela, deixando tudo vermelho, para evitar dilatação da pupila durante a observação), mas no contexto educacional também se mostra muito útil. Com ele podemos simular a duração do dia para pessoas vivendo em diferentes latitudes do globo terrestre ao longo do ano, o movimento retrógrado dos planetas, entre outros. Um ponto interessante é que ele também mostra as constelações de acordo com várias culturas (ocidental, chinesa, árabe, nórdica, coreana, tupi-guarani, etc.) e acompanha textos explicativos sobre cada uma.

### **Website: Astronomy Education at the University of Nebraska-Lincoln**

Trata-se de um projeto educacional da Universidade de Nebraska que produz material de apoio sobre conceitos introdutórios à Astronomia para alunos de graduação. Estão disponíveis vídeos, simulações, questões, tabelas, e imagens.

Neste módulo iremos utilizar principalmente as simulações, conforme apresentado nas descrições de aulas.

URL para acessar o material: <http://astro.unl.edu/animationsLinks.html>

Também utilizaremos como recurso visual uma maquete em isopor do sistema Sol-Terra-Lua. Em alguns momentos da primeira aula será utilizada em conjunto com as simulações (pois algumas destas carecem de versatilidade e não permitem alterar algumas variáveis).

Para representar a Terra utilizaremos uma esfera de isopor de cerca de 15 cm de diâmetro. Pintaremos as linhas imaginárias do Equador, Trópicos de Câncer e Capricórnio, Círculos Polares Ártico e Antártico. Esta esfera será fixada em uma base de madeira com um ângulo de inclinação. Para a Lua utilizaremos uma esfera de isopor de cerca de 5 cm de diâmetro, presa a um palito de churrasco para facilitar o manuseio. Preparamos uma lâmpada de 60W que será encaixada num soquete ligado à tomada para representar o Sol. Finalmente, utilizaremos alfinetes de costura para representar pessoas em diferentes latitudes.

## **Descrição das Aulas**

Este mini-curso foi elaborado de forma que cada dia tivesse 3 horas de aula, fazendo-se necessário um tempo de intervalo para que os alunos não percam a concentração. Desta forma, as aulas foram divididas em duas partes de uma hora e trinta minutos cada.

### **Aula 1**

**Temas:** Estações do ano; Fases da lua; Eclipses; Contagem do Tempo.

**Assuntos abordados:** inclinação do eixo da Terra; excentricidade da órbita terrestre; solstícios e equinócios; duração do dia em diferentes latitudes; equador, trópicos e círculos polares; “sol da meia-noite” nos pólos; fases da lua; inclinação da órbita lunar; tipos de eclipse; dia solar e dia sideral; noções de calendário.

**Objetivos específicos:** Fazer com que os estudantes reconheçam alguns erros em suas pré-concepções sobre os fenômenos astronômicos, que são geralmente baseados em uma noção intuitiva a partir da observação que fazem do movimento diário dos astros. Espera-se chegar a uma explicação científica após confrontar as opiniões dos alunos.

**Justificativa:** Consideramos a aula inovadora, pois primeiramente a Universidade será mostrada aos alunos, introduzindo-os às questões sociais que a norteiam, além da apresentação de cada faculdade.

Na segunda parte da aula, é importante que se tenha uma noção dos conhecimentos prévios dos alunos e do nível de compreensão que eles possuem sobre determinados assuntos. Todos devem saber quais são as fases da lua, quais são as estações do ano e suas datas correspondentes, quais são os meses do ano, etc. Entretanto, apesar de fazerem parte do cotidiano de todos, poucos compreendem os fenômenos astronômicos que fundamentam essas divisões, ou ignoram o fato de que existiram diversas tentativas de produção de calendários na antiguidade, que foram sendo alterados ao longo do tempo em busca de precisão. Podemos tomar como exemplo a razão pela qual os meses de Setembro a Dezembro, cujos nomes vêm dos números sete, oito, nove e dez, serem hoje os meses de número 9, 10, 11 e 12 respectivamente.

**Recursos Instrucionais necessários:** computador com acesso à internet; dispositivo com o software Stellarium; projetor e tela.

**Atividades Motivadoras:** visita à Universidade de São Paulo; utilização de diversos recursos visuais (Stellarium, simulações e maquete)

### **Momentos da Aula:**

#### Parte 1

Durante os primeiros 45 minutos deste primeiro dia de aula, será solicitado aos alunos que respondam um questionário diagnóstico sobre conceitos básicos em Astronomia. A atividade consiste de perguntas do estilo “verdadeiro ou falso”, questões dissertativas e desenhos. Com isso pretende-se analisar os conhecimentos prévios e possíveis percepções equivocadas acerca do tema a ser trabalhado. Poder-se-á, com base nos resultados, remodelar alguns aspectos das atividades seguintes, e também analisar a evolução dos estudantes ao fim do curso. O questionário completo encontra-se no Anexo I.

Enquanto dois membros do grupo analisam as respostas dos estudantes (de forma que estas já possam dar uma previsão do que esperar na segunda parte da aula), o terceiro integrante do grupo utilizará os 45 minutos seguintes para apresentar, de

forma descontraída, um pouco da Universidade de São Paulo aos alunos. Faremos uma visita aos institutos pertencentes ao chamado “Baixo Matão” (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Instituto Oceanográfico, Instituto de Matemática e Estatística, Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas, e finalmente o próprio Instituto de Física). Explicaremos brevemente sobre os cursos oferecidos por cada unidade e a forma de ingresso. No Instituto de Física contaremos brevemente sobre a história e seu importante papel durante a luta contra a ditadura militar no Brasil.

O objetivo desta visita monitorada é mostrar aos alunos que a Universidade é pública e gratuita, portanto acessível a todos, seja para visitação ou para o ingresso nos estudos de nível superior. Espera-se que os alunos sintam-se motivados para os estudos, diante da possibilidade de vir a fazer parte de nosso corpo discente em um futuro breve. Também será uma forma de aproximar a relação entre professores e alunos, fazendo com que se sintam mais à vontade.

## Parte 2

Na segunda parte da aula, serão tratados os temas: Estações do Ano; Fases da Lua; Eclipses; Duração do dia e Calendário.

Primeiramente, será solicitado que algum dos alunos explique por que ocorrem as estações do ano. Alguns podem imaginar que se devem a uma possível variação de distância entre a Terra e o Sol, uma vez que nos livros didáticos a órbita elíptica é representada de forma exagerada.

No Ensino Médio os estudantes já devem ter a informação de que o eixo de rotação da Terra inclinado em relação à normal da órbita é a causa das estações. Entretanto, é possível que alguns ainda acreditem que os dois motivos (distância variável e inclinação) sejam relevantes. Caso comentários do tipo apareçam, o professor pode fazer questionamentos como “por que em filmes estadunidenses há neve no Natal, enquanto aqui é verão?”. Também se pode mostrar aos alunos uma figura da órbita da Terra com excentricidade correta (que se aproxima muito de um círculo).

Recomenda-se que todas as explicações dos alunos sejam acompanhadas de desenho em lousa, pois eles podem saber “de cor” a resposta correta, mas se confundir ao tentar fazer uma representação gráfica, principalmente ao ter que desenhar a direção do eixo de rotação da Terra.

A relação entre inclinação do eixo da Terra com as estações pode ser visualizada com o auxílio da “*Seasons and Ecliptic Simulator*”<sup>1</sup>.

Após uma explicação cientificamente correta do fenômeno, incluindo os conceitos de solstícios e equinócios, podemos utilizar “*Motions of the Sun Simulator*”<sup>2</sup> para ilustrar a variação da altitude do Sol e da duração do dia ao longo do ano.

Para ilustrar a duração do dia em diferentes latitudes do globo terrestre, pode-se utilizar a maquete espetando alfinetes no equador e nos círculos polares para

representar diferentes observadores. A simulação “*Daylight Hours Explorer*”<sup>3</sup> poderá ser usada em conjunto.

Para encerrar o assunto, simula-se no Stellarium os dias de solstícios e equinócios na cidade de São Paulo (por ser onde os alunos vivem e também por estar localizada no Trópico de Capricórnio), no Equador e nos Pólos Norte e Sul, mostrando o fenômeno do “sol da meia-noite”.

Em seguida, pede-se que algum dos alunos explique com desenho em lousa as fases da Lua. Provavelmente não haverá grandes problemas, e poderemos comparar o desenho com a “*Lunar Phase Simulator*”<sup>4</sup>.

Já na parte sobre Eclipses, explicaremos brevemente o que é um eclipse solar e um eclipse lunar, e por que o lunar pode ser observado de uma região maior da Terra.

A seguir pergunta-se aos alunos: “Em que fases da Lua podem ocorrer Eclipses?”.

Eles devem responder corretamente que “nas fases nova ou cheia”.

Pergunta-se então: “Por que não observamos dois eclipses todos os meses?”

Após ouvir algumas tentativas de resposta, caso eles não obtenham êxito, é possível explicar sobre a inclinação da órbita da Lua utilizando mais uma vez a maquete em conjunto com a simulação “*Moon Inclination*”<sup>5</sup>.

A última parte da aula, sobre contagem do tempo, iniciará com uma discussão sobre os conceitos de “dia solar” e “dia sideral” utilizando “*Sideral and Solar Time Simulator*”<sup>6</sup> e “*Sideral Time and Hour Angle Demonstrator*”<sup>7</sup>.

A seguir será discutida a relação entre o período de translação da Lua ao redor da Terra e o conceito de mês, com uma abordagem histórica: como as civilizações antigas contavam o tempo através de calendários lunares; calendário egípcio; calendário romano e significado do termo “*calenda*”; alterações propostas por Júlio César e por Augusto; de calendário lunar a solar; calendário gregoriano e definição do ano bissexto.

Links para as simulações utilizadas:

1 – *Seasons and Ecliptic Simulator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/eclipticsimulator.html>

2 – *Motions of the Sun Simulator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/sunmotions.html>

3 – *Daylight Hours Explorer*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/daylighthoursexplorer.htm>

↓

4 – *Lunar Phase Simulator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/lunarapplet.html>

5 – *Moon Inclination*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/mooninc.html>

6 – *Sideral and Solar Time Simulator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/siderealSolarTime.html>

7 – *Sideral Time and Hour Angle Demonstrator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/200level/siderealTimeAndHourAngleDemo.html>

## Aula 2

**Temas:** Movimento dos Planetas; Constelações e Signos; Sistemas de Coordenadas.

**Assuntos abordados:** movimento retrógrado dos planetas; explicação através de epiciclos; explicação heliocêntrica; conceito de estrelas fixas; constelações; relação das constelações com a mitologia; signos zodiacais; formas de localizar um ponto em uma superfície esférica; coordenada altazimutais; coordenadas equatoriais.

**Objetivos específicos:** Introduzir o conceito original de planeta, de acordo com os povos antigos; Relacionar a cultura com a forma de interpretar os astros; Discutir as relações entre Astronomia e Astrologia; Apresentar conceitos e ferramentas que auxiliem os estudantes a observar o céu.

**Justificativa:** Muitos estudantes devem ter interesse em temas da Astrologia, e conhecer bem a divisão do ano em 12 signos com mesmo intervalo de tempo. Com esta aula espera-se que conheçam a existência de outras constelações, e o porquê do papel de destaque das constelações zodiacais (que na verdade são 13, e cobrem áreas da esfera celeste de tamanhos distintos).

Também acreditamos ser importante a compreensão de que a divisão Ocidental do céu não é a única que existe, mas que cada povo desenvolve uma mitologia própria baseada em seus costumes e condições geográficas.

Com os sistemas de coordenadas e o programa Stellarium, esperamos que os alunos sintam-se mais motivados a observar o céu de forma crítica e precisa, tentando sempre compreender os motivos pelos quais vemos os astros se moverem de determinada maneira.

**Recursos Instrucionais necessários:** computadores com acesso à internet e o software Stellarium instalado; projetor e tela.

**Atividade Motivadora:** utilização de diversos recursos visuais (Stellarium e simulações); utilização de computadores pelos alunos.

## Momentos da Aula

### Parte 1

Inicia-se a aula com a pergunta “Como podemos identificar um planeta no céu noturno sem auxílio de telescópio?”.

Existem alguns critérios conhecidos popularmente que os estudantes devem apontar, como “os planetas têm cor”, ou “os planetas não cintilam”. Entretanto, estes não são critérios muito precisos, uma vez que podemos perceber a cor de algumas estrelas (ex: Betelgeuse, que apresenta cor avermelhada). Já cintilação de planetas, embora não perceptível a olho nu, trata-se de um fenômeno atmosférico e pode ser medida por instrumentos. Estrelas também não cintilariam para um observador fora da atmosfera.

Neste curso, iremos nos concentrar no critério que dá origem à palavra planeta (do grego, “estrela errante”) e em seus movimentos em relação às “estrelas fixas”.

O movimento retrógrado dos planetas será apresentado aos alunos através de imagens e do Stellarium (fixando a visão em um planeta e fazendo variar a data sem variar o horário), eles deverão tentar explicar o porquê do movimento aparente em forma de laço. A seguir, o professor pode apresentar a explicação histórica que faz uso de epiciclos, com auxílio da simulação “*Ptolemaic Orbit of Mars*”<sup>8</sup>, e finalmente a explicação heliocêntrica, auxiliado pela simulação “*Retrograde Motion*”<sup>9</sup>.

Em um segundo momento, se discutirá por que as estrelas parecem fixas no céu, e como os povos da antiguidade dividiram a esfera celeste em constelações, de acordo com sua mitologia. Também vale ressaltar que apesar de parecerem próximas na esfera celeste (que é uma projeção 2D), as estrelas de uma mesma constelação normalmente não estão fisicamente próximas pois se encontram em diferentes “profundidades”.

Ainda com o auxílio do Stellarium e da “*Ecliptic (Zodiac) Simulator*”<sup>10</sup> serão discutidos o significado astronômico dos “signos” e a linha eclíptica. Espera-se que este tema seja de grande interesse para os alunos, devido à popularidade de horóscopos astrológicos em jornais e revistas. Ao contrário do que é apresentado nesses meios de comunicação, pretende-se mostrar que a eclíptica passa por 13 (e não doze) constelações, e que o tempo que o Sol leva para percorrer cada uma varia. Assim, a posição aparente do astro-rei no dia em que nascemos dificilmente coincide com a divulgada através de horóscopos. Neste ponto solicita-se aos alunos que, em seus respectivos computadores, verifiquem no programa Stellarium a posição do Sol na ocasião de seus nascimentos. É importante ressaltar que na antiguidade Astrologia e Astronomia eram práticas que andavam juntas, de forma que a crença em mapas astrais e horóscopos fez com que reis incentivassem a observação dos céus, construíssem observatórios e financiassem astrônomos/astrologos.

Por fim, utilizaremos a opção do Stellarium que mostra a divisão do céu em



constelações de acordo com várias culturas (ocidental, árabe, coreana, tupi-guarani, etc.), a fim de evidenciar o papel que a mitologia e as condições geográficas tiveram na interpretação do céu, e vice-versa. Ex: na mitologia grega, Orion é morto pelo Escorpião, e a constelação de Orion se põe quando a constelação do Escorpião “nasce”.

## Parte 2

A segunda parte da aula lida com formas de localização e sistemas de coordenadas.

Inicia-se com uma breve revisão sobre como podemos encontrar um ponto qualquer na superfície da Terra através de sua latitude e longitude. A simulação “*Longitude/Latitude Demonstrator*”<sup>11</sup> pode ser utilizada.

Em seguida, serão apresentadas as coordenadas mais comuns utilizadas em Astronomia: altazimutais e equatoriais. Utilizam-se novamente as funções do Stellarium para demonstrações. Serão introduzidos conceitos como zênite, nadir, altura, azimute, horizonte, equador celeste, declinação e ascensão reta, etc. Também poderão ser utilizadas as simulações “*Azimuth/Altitude Demonstrator*”<sup>12</sup> e “*Celestial-Equatorial (RA/dec) demonstrator*”<sup>13</sup>.

Serão apresentadas as formas de localizar o Sul geográfico através do Cruzeiro do Sul, e do Norte geográfico através do asterismo do “Grande Carro”.

Nesta aula, pretende-se ainda apresentar em detalhes o programa Stellarium explicando o uso da maioria de suas funções e o significado de vários termos, para que os estudantes possam explorar por conta própria as maravilhas do céu noturno.

Links para as simulações:

8 – *Ptolemaic Orbit of Mars*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/marsorbit.html>

9 – *Retrograde Motion*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/retrograde.html>

10 – *Ecliptic (Zodiac) Simulator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/zodiac.html>

11 – *Longitude/Latitude Demonstrator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/longlat.html>

12 – *Azimuth/Altitude Demonstrator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/altazimuth.html>

13 – *Celestial-Equatorial (RA/dec) demonstrator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/radecdemo.html>

### Aula 3

**Temas:** Evolução dos Conceitos de Mundo; História da Astronomia

**Assuntos abordados:** Geocentrismo Aristotélico-ptolomaico; Heliocentrismo Copernicano; Leis de Kepler; descobertas de Galileu com o auxílio do telescópio e suas consequências; descobertas experimentais de Edwin Hubble e suas implicações; espectrografia e Efeito Doppler; Lei de Hubble.

**Objetivos específicos:** Estimular o uso dos conhecimentos científicos como forma de argumentar e defender opiniões; Evidenciar o caráter transitório do conhecimento científico.

**Justificativa:** Na escola, tradicionalmente aprendemos que o pensamento geocêntrico foi substituído pelo heliocêntrico de forma linear, após os trabalhos de Copérnico e Galileu. Muitas vezes acaba não ficando claro que mesmo após a morte desses pensadores, muitos continuaram resistindo às novas idéias, tanto entre os intelectuais como na sociedade de forma geral. Também fica a impressão de que o geocentrismo seria errado, enquanto o heliocentrismo seria a explicação correta.

Através de um debate organizado em aula, além de exercitar a capacidade de argumentação, os alunos sentirão a real dificuldade de argumentar a favor do heliocentrismo, quando este parece ir contra nossos sentidos.

Ao discutir sobre o conceito de referenciais na Física, podemos colocar o modelo geocêntrico como mais adequado para determinadas práticas (como a Astrometria), buscando mudar sua reputação de algo totalmente incorreto.

Com a história do grande debate do início do século XX, sobre a existência (ou não) de outras galáxias, espera-se mostrar que grandes mudanças na nossa concepção de universo continuaram ocorrendo na ciência moderna, e que grandes revelações ainda estão por vir.

A história de Henrietta Leavitt, que descobriu estrelas variáveis na Pequena Nuvem de Magalhães e teve a idéia de utilizá-las para o cálculo de distâncias, também pode servir de ponte para que se discuta o papel da mulher na ciência.

**Recursos Instrucionais necessários:** computador com acesso à internet; projetor e tela.

**Atividade Motivadora:** debate; documentário *"The Story of Science"*

#### Momentos da Aula

##### Parte 1

Nos primeiros 45 minutos da aula será organizado um debate onde os alunos serão separados em dois grupos com o mesmo número de integrantes. Um deles terá que defender o sistema Aristotélico-Ptolomaico (geocêntrico) e o outro o sistema Copernicano (heliocêntrico), apresentando sempre bons argumentos. Os defensores

do modelo geocêntrico, por exemplo, poderão dizer “Se a Terra se move, por que não sentimos um vento forte e constante?”, “Por que quando soltamos um objeto do alto de um prédio ele não se desloca horizontalmente?”. Os defensores do heliocentrismo podem utilizar argumentos como a lei da inércia, a explicação para o movimento retrógrado visto na aula anterior, o fato de que o geocentrismo implicaria na “esfera de estrelas fixas” girando a uma velocidade absurda, as observações de Galileu com o telescópio, etc. Espera-se que os defensores do modelo heliocêntrico encontrem maior dificuldade, pois os argumentos envolvem conceitos mais elaborados.

Para a realização deste projeto contamos com três professores. Dois deles deverão auxiliar cada um a um grupo, fomentando as discussões, enquanto o terceiro será responsável por manter a ordem do debate, e anotar os argumentos principais na lousa, como forma de organizar o conhecimento.

Nos 45 minutos seguintes, será feita uma abordagem histórica sobre o peso das argumentações de pensadores como Copérnico e Galileu, numa época em que os ensinamentos da Igreja não podiam ser contestados.

Um ponto importante será a diferenciação dos trabalhos de Galileu, que se baseavam em fundamentos matemáticos e experimentais, dos antigos gregos que não valorizavam a experimentação.

Para evidenciar as dificuldades que uma nova teoria enfrenta para ser aceita no mundo científico, pode-se citar, por exemplo, o fato de Tycho Brahe acreditar em um modelo geocêntrico (com algumas diferenças) mesmo tendo vivido após Copérnico.

## Parte 2

Iniciaremos a segunda parte da aula exibindo os dez minutos finais do documentário “*The Story of Science: Power, Proof and Passion – Episode 1 – What’s out there?*”<sup>14</sup>, que fala sobre as descobertas de Edwin Powell Hubble. As partes restantes do vídeo ficarão como tarefa de casa para os alunos.

Como forma de mostrar que os grandes debates sobre questões cosmológicas continuaram ocorrendo na ciência moderna, e continuam até hoje, iremos discorrer sobre o famoso debate entre Shapley e Curtis em 20 de Abril de 1920.

Quase 150 anos após Immanuel Kant ter predito a existência de outros universos-ilha (galáxias), a comprovação veio somente com a determinação da distância da nebulosa de Andrômeda através da análise de variáveis cefeidas por Edwin Hubble (apoiado nos trabalhos de inúmeros cientistas que o precederam).

Assim como na época de Galileu, a questão só foi solucionada através de árduo trabalho experimental acompanhado de avanços tecnológicos dos instrumentos de observação.

Também merece destaque o tipo de posicionamento empiricista de Hubble, que não se atrevia a especular ou analisar o significado teórico de seus dados, deixando a tarefa para outros. Inclusive usando termos como “nebulosa extragaláctica”

para se referir às galáxias, ou “*redshift*” (que era a grandeza realmente medida pelo experimento) em vez do termo “velocidade de afastamento”, para não se comprometer com a idéia do Universo em expansão.

Para que os alunos compreendam o significado destas descobertas, deverão ter conhecimento de alguns conceitos de astrofísica, que serão introduzidos pela primeira vez neste curso: métodos de determinação de distâncias astronômicas; espectros de emissão e absorção; espectrografia; efeito Doppler.

Mais uma vez é possível utilizar algumas das simulações da Universidade de Nebraska para esse propósito <sup>15, 16, 17, 18</sup>.

Encerra-se a aula com a relação entre a Lei de Hubble e a Teoria do Big Bang.

#### 14 – ***“The Story of Science: Power, Proof and Passion – Episode 1 – What’s out there?”***

Ano: 2010

País: Reino Unido

Duração: 60 min

Idioma original: Inglês

URL no Youtube: <https://youtu.be/M1roRWg5x0U>

Versão com legendas em português:

[http://www.4shared.com/video/6l\\_BlkIba/thestoryofsciences01e01hdtvxi.html](http://www.4shared.com/video/6l_BlkIba/thestoryofsciences01e01hdtvxi.html)

Outra sugestão de tarefa para casa:

#### ***“Cosmos: A Personal Voyage/ Part III – Harmony of the Worlds”***

Ano: 1980

País: EUA

Duração: 60 min

Idioma original: Inglês

URL no Youtube (com legendas em português): <https://youtu.be/SDZiO9xxhXw>

#### 15 – *Spectrum Explorer*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/spectrum010.html>

#### 16 – *Three Views Spectrum Demonstrator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/threeviewsspectra.html>

#### 17 – *Doppler Shift Demonstrator*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/dopplershift.html>

#### 18 – *Galactic Redshift*

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/cosmology/galacticredshift.html>

## Aula 4

**Tema:** Instrumentação Astronômica

**Assuntos abordados:** evolução do telescópio; tipos de telescópios: vantagens e desvantagens; diferenças entre equipamentos profissionais e amadores; telescópios espaciais e de solo.

**Objetivos específicos:** Introduzir a Astronomia contemporânea e suas tecnologias; Orientar na escolha de instrumentos amadores; Retomar alguns conceitos do início do curso através de uma atividade prática e recreativa.

**Justificativa:** Apesar de falar-se muito sobre a Astronomia Renascentista nas escolas, geralmente os alunos têm pouca noção sobre o que é produzido na atualidade, ou sobre a forma como os astrônomos de hoje trabalham. Ainda existe a idéia romantizada de que astrônomos passam as noites em claro, observando através das oculares de seus telescópios, quando na verdade os telescópios modernos podem ser acessados remotamente, a imagem é captada por detectores CCD em espectrógrafos, e os astrônomos trabalham principalmente em frente ao computador.

Normalmente os noticiários comentam apenas as descobertas do telescópio Hubble e sondas da NASA, quando na verdade existem inúmeros telescópios de solo com qualidade de imagem excelente, e que inclusive pertencem a consórcios dos quais o Brasil faz parte. Acreditamos que as imagens dos gigantescos telescópios modernos provocarão espanto e estimularão a curiosidade dos alunos.

Faremos também uma apresentação sobre telescópios amadores e binóculos, com mais ênfase no segundo, visto que são mais simples, versáteis e baratos. Com isso, espera-se evitar que os alunos gastem quantias elevadas em equipamentos inadequados, frustração comum a muitos que tentam se iniciar na astronomia amadora sem orientação.

A construção de um relógio solar, no segundo momento da aula, servirá para retomar alguns conceitos desenvolvidos nas duas primeiras aulas do curso. Também será um momento lúdico, de descontração e confraternização entre os estudantes.

**Recursos Instrucionais necessários:** computador, projetor e tela.

**Atividade Motivadora:** apresentação em Power Point; visita ao relógio solar da USP; construção de um relógio solar.

## **Momentos da Aula**

### Parte 1

A primeira atividade do dia será realizada com o auxílio de uma apresentação em Power Point mostrando principalmente imagens. As explicações ficarão a cargo do professor.

Inicia-se com uma introdução histórica, sobre como Galileu aperfeiçoou a luneta (invenção dos holandeses) e foi pioneiro no uso deste instrumento na Astronomia. Serão apresentadas algumas de suas descobertas utilizando o telescópio:

luas de Júpiter, Via Láctea composta de estrelas, fases de Vênus, crateras na Lua.

Após o telescópio de Galileu, o telescópio refletor de Newton será introduzido e dará início à discussão sobre as vantagens desse tipo de instrumento sobre os refratores: ausência de aberração cromática, possibilidade de “tubos” mais curtos e área coletora maior, maior facilidade de operação. Com o auxílio de imagens, também serão apresentados alguns tipos de foco utilizados em telescópios refletores amadores e profissionais: newtoniano, cassegrain, nasmyth. E os tipos de montagem: equatorial e altazimutal.

Comentaremos sobre algumas das grandes descobertas da Astronomia que foram resultado de avanços na tecnologia de instrumentação, como a descoberta de Urano por William Herschel, ou os trabalhos de Edwin P. Hubble com o telescópio do Observatório de Mount Wilson, que resultaram em sua famosa Lei. Também será destacado o papel do CCD (Charge-coupled device) na Astronomia moderna, que hoje está presente em qualquer câmera fotográfica digital.

A situação atual da instrumentação astronômica no mundo será apresentada aos alunos: telescópios espaciais, telescópios de solo com espelhos de vários metros de diâmetro, os consórcios dos quais o Brasil faz parte, óptica ativa e adaptativa, etc. Neste momento também é interessante discutir os motivos que fazem do Chile e do Havaí os melhores locais para instalação de telescópios profissionais: altura, baixa umidade do ar, baixa poluição luminosa, etc. Também serão mostradas imagens reais de galáxias que vieram diretamente dos telescópios da ESO (European Southern Observatory) no Chile, o que permite uma discussão sobre os tratamentos e coloração (natural, ou falsa para comprimentos de onda não visíveis) que essas imagens recebem antes de estampar os noticiários e revistas.

Finalmente, nos voltaremos aos instrumentos astronômicos para amadores. Haverá uma discussão sobre a relação custo-benefício de vários equipamentos para iniciantes, e sobre o que significam parâmetros como “abertura”, “aumento”, “saída de pupila”, “eye relief”, “tratamento anti-reflexo”, “ângulo de visão”, etc.

Serão levados alguns binóculos próprios para Astronomia, que ajudarão a ilustrar os conceitos. Os alunos poderão utilizá-los para observar o campus durante o intervalo.

## Parte 2

Na atividade de encerramento do curso, faremos um experimento ao ar livre: construção de relógios solares.

A atividade será realizada na Praça do Relógio Solar – Cidade Universitária, Butantã, São Paulo – SP.

Primeiramente, será feita uma explicação sobre as linhas que podemos ver no “chão” do relógio (uma linha para cada hora das 6 às 18; uma linha para solstício de inverno; uma para solstício de verão; uma para os equinócios), e o fato dele estar

apontado para o Polo Sul Celeste, numa inclinação de aproximadamente  $23,4^\circ$  que indica a latitude do local. Também será comentado sobre a questão 46 da FUVEST de 2014, que tinha justamente o relógio solar da USP como tema.

A seguir, daremos início à construção dos relógios, seguindo os procedimentos descritos no vídeo:

“Aperfeiçoamento em Astronomia para a Docência 2013 - Montagem do Relógio de Sol” - <https://www.youtube.com/watch?v=6B1LtMqBKz4>

Solicitaremos que os alunos tragam de casa os materiais necessários:

- Papelão ou cartolina
- Lápis e/ou caneta
- Transferidor ou compasso
- Tesoura

Finalmente, testaremos a funcionalidade dos relógios feitos pelos estudantes, buscando alinhá-los com o relógio da praça e comparando as horas marcadas.

Caso as condições meteorológicas não sejam favoráveis à atividade de construção do relógio solar, será exibido o documentário *“Eyes on the Skies. 400 Years of Telescopic Discovery”*, cujo tema está diretamente relacionado à primeira parte da aula.

Caso a atividade do relógio se realize, o documentário ficará como sugestão para casa.

### ***“Eyes on the Skies. 400 Years of Telescopic Discovery”***

Especificações técnicas:

Ano: 2008

País: Alemanha

Duração: 62 min

Idioma original: Inglês

Página com mais informações e links para assistir ao vídeo em capítulos:

<http://www.eyesontheskies.org/movie.php.html>

Vídeo legendado em português no Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=7ZsxxMhIJ1Y&list=PLMYmeNRzBJ1LgxmZd2jGWGgIGPEhI5Ov>

## Anexo I – Questionário

Classifique como verdadeiro ou falso os seguintes itens:

1) As estações do ano ocorrem pelo fato da órbita terrestre ser elíptica, fazendo com que a Terra esteja ora mais próxima ora mais afastada.

R: Falso

Apesar das órbitas dos planetas serem elípticas (Primeira Lei de Kepler), a excentricidade da órbita da Terra pode ser considerada desprezível quando se trata de estações do ano. (podemos considerar a órbita como circular, nesse caso)

2) As estações do ano ocorrem devido ao eixo de inclinação da Terra em relação à órbita.

R: Verdadeiro

Ver questão dissertativa 1.

3) Tanto a inclinação da órbita quanto o fato da órbita ser elíptica são responsáveis pelas estações do ano.

R: Falso

Ver resposta das questões 1 e 2.

4) Nós (da Terra) sempre vemos a mesma face da Lua.

R: Verdadeiro

Forças de maré entre Terra e Lua atuando desde a formação destes corpos foram desacelerando a rotação da Lua, fazendo com que ela entrasse em “*rotação sincronizada*”, ou seja, seus períodos de rotação e translação se tornaram iguais. Isso faz com que o mesmo hemisfério sempre esteja voltado para a Terra.

5) Se a Terra parasse de girar em torno do seu eixo seria sempre dia em um único hemisfério terrestre.

R: Falso

Se a Terra perdesse seu movimento de rotação, seria o fim do “dia de 24 horas” como o conhecemos. Entretanto, o movimento de translação continuaria a existir, de forma que com o passar do ano, diferentes partes do globo seriam iluminadas. Após 6 meses, haveria uma inversão completa entre dia claro e noite.

6) Apontar para uma estrela faz aparecer uma verruga no dedo.

R: Falso

Trata-se de uma crença popular sem nenhum fundamento científico.

7) A seqüência das fases da Lua é: Lua Nova, Lua Minguante, Lua Cheia e Lua Crescente.

R: Falso

A seqüência correta seria Nova, Crescente, Cheia e Minguante. Na verdade, como se trata de um ciclo, pode-se começar por qualquer uma delas, desde que a Nova seja sucedida pela Crescente, a Crescente seja sucedida pela Cheia, a Cheia pela Minguante, e a Minguante pela nova.

Poderíamos pensar: “Como a Lua Cheia pode crescer ainda mais??”, ou seja, a



Crescente não poderia vir depois da Cheia. A Cheia só pode diminuir (minguar).

8) O eclipse pode ocorrer em qualquer fase da Lua.

R: Falso

Para que o eclipse solar ocorra, a Lua precisa estar entre o Sol e a Terra, portanto só pode ocorrer em fase de Lua Nova.

Para que o eclipse lunar ocorra, a Terra precisa estar entre o Sol e a Lua, portanto só pode ocorrer em fase de Lua Cheia.

9) Astronomicamente falando, uma pessoa que nasce no dia 24 de Outubro é do signo de escorpião.

R: Falso

De acordo com o horóscopo e a astrologia, esta informação seria correta. Porém, astronomicamente falando, no dia 24 de Outubro o Sol encontra-se na constelação de Virgem.

10) É possível ver a Via Láctea a olho nu.

R: Verdadeiro

Em um ambiente com pouca poluição luminosa (Ex: alguma fazenda no interior do país, ou algum deserto) é fácil observá-la sem auxílio de instrumentos.

11) É possível ver do hemisfério Sul a constelação de Ursa Menor.

R: Verdadeiro

Não podemos vê-la de São Paulo, mas para latitudes Sul um pouco menos distantes do Equador é possível vê-la. Verifiquem esta afirmação com o Stellarium, colocando o observador em Manaus, por exemplo.

Entretanto, não podemos vê-la por completo. Um observador no hemisfério Sul, não conseguiria ver a estrela Polaris (Alpha Ursae Minoris), que é a estrela mais brilhante dessa constelação e está bem próxima ao Polo Norte Celeste.

12) O "dia claro" tem sempre a mesma duração em todos os pontos do planeta.

R: Falso

A duração do dia em uma mesma data depende da latitude. (como vimos na 1ª aula)

13) Um telescópio precisa necessariamente de lentes.

R: Falso

Telescópios refletores utilizam principalmente espelhos (apesar de poder ter uma lente ocular).

E também devemos lembrar que existem telescópios que atuam nos mais variados comprimentos de onda do espectro eletromagnético (do rádio aos raios gama). Um radiotelescópio, por exemplo, é como uma antena parabólica e não possui lentes.

14) O Sol é o centro do Universo.

R: Falso

O Sol está posicionado próximo ao centro do Sistema Solar, porém ele também gira ao redor do centro de nossa Galáxia (Via Láctea), que por sua vez, não é única no Universo.

A conservação do momento angular indica que o Universo é isotrópico, portanto não existe uma direção privilegiada, e não existe centro.

15) Uma noite de Lua cheia é melhor para observar as estrelas.

R: Falso

Se estivermos interessados em outros objetos celestes diferentes da Lua, é melhor que a observação seja feita em fase de Lua Nova.

A luz da Lua atrapalha a observação de outros objetos.

Questões dissertativas:

1) Explique com suas palavras por que ocorrem as estações do ano e em seguida faça um desenho para ilustrar seu pensamento.

R: As estações ocorrem devido à inclinação de aproximadamente  $23,4^\circ$  do eixo de rotação da Terra em relação à normal do plano da órbita.

Como a direção do eixo de rotação é constante, ao longo do movimento anual da Terra (translação) haverá momentos em que o Hemisfério Sul estará mais iluminado pelo Sol, e vice-versa (Verão/Inverno). Em dois pontos da órbita ambos os hemisférios serão iluminados igualmente (equinócios de Primavera/Outono).

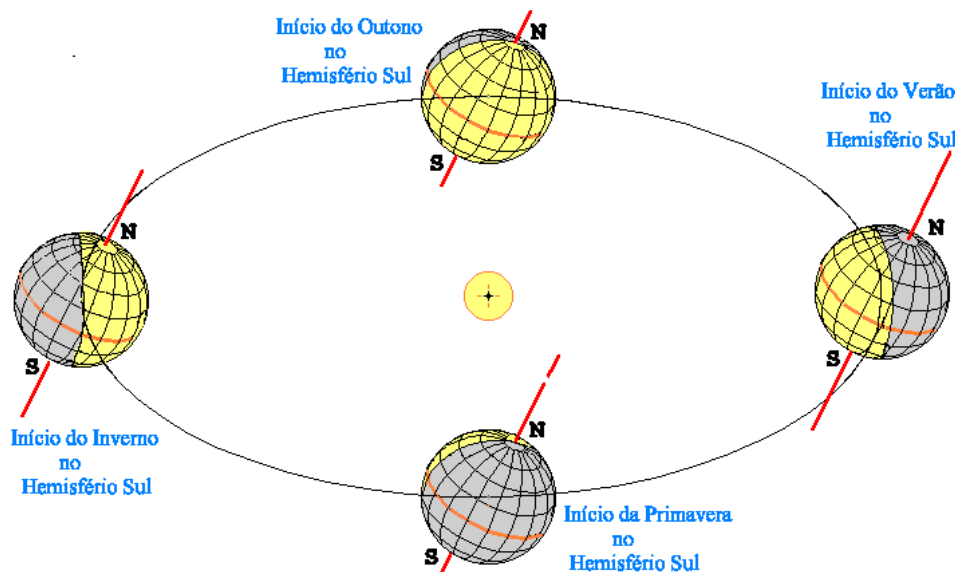


Figura 1 - Esquema representativo das estações do ano terrestre. Note que a órbita está representada como uma elipse exagerada para dar noção de tridimensionalidade.

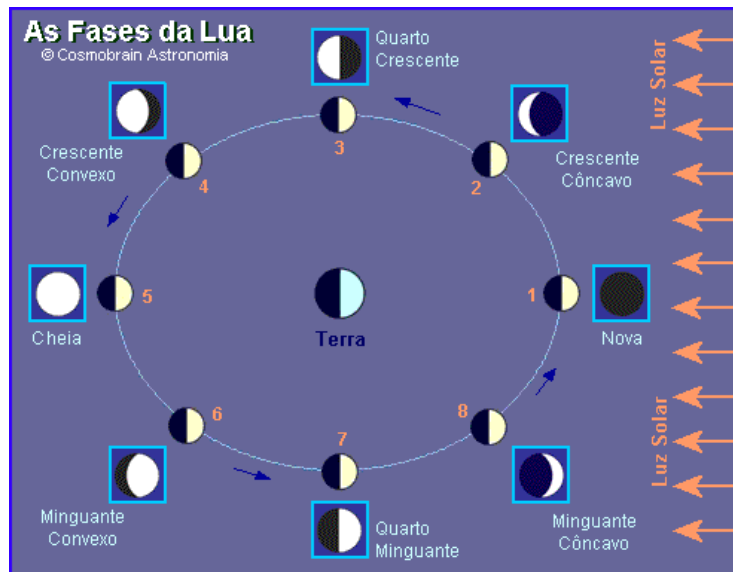
2) Explique com suas palavras por que ocorrem as fases da Lua e em seguida faça um desenho para ilustrar seu pensamento.

R: As fases da Lua ocorrem devido à posição relativa entre Terra, Sol e Lua.

Durante o período da trajetória da Lua em que esta se encontra entre a Terra e o Sol, a face que está voltada para nós não será iluminada (momento 1 na figura), caracterizando a Lua Nova.

Com o passar do tempo, aos poucos a face visível da Lua vai sendo iluminada (2 a 4 na figura, fase Crescente) até que quando passa “por trás” da Terra fica totalmente iluminada (5, Lua Cheia).

Depois ocorre o processo inverso (6 a 8, fase Minguante).



**Figura 2 - Esquema representativo das fases da Lua. Note que essa figura parece não levar em conta a inclinação da órbita da Lua (importante no estudo dos eclipses)**