



Universidade Federal de São Carlos
Programa de Pós-Graduação em ensino de Física.
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA

ASTRONOMIA: SISTEMA SOLAR E EVOLUÇÃO ESTELAR

Professor Ariovaldo Carboni

Sorocaba 2016

Sumário

1 INTRODUÇÃO	3
2 O SISTEMA SOLAR	4
2.1 Algumas unidades de medida de distância usadas na Astronomia	7
2.2 O ano-luz - a.l.	8
2.3 O SOL	9
2.4 Divisão dos Planetas no Sistema Solar	10
2.4.1 Planetas Internos ou Terrestres	10
2.4.2 Planetas Externos ou Jupterianos	10
2.4.3 Planetas Anões	11
2.5 Satélites Naturais	12
2.6 A Lua	13
2.6.1 Fases da Lua	14
2.6.2 Eclipses	16
2.7 Cinturão de Asteroides	19
2.8 Cometas	20
2.9 Nuvem de Oort e Cinturão de Kuiper	21
3 EVOLUÇÃO ESTELAR	23
3.1 Berçário de Estrelas	23
3.2 O Nascimento de uma estrela	25
3.3 Protoestrela	26
3.4 Sequencia Principal	27
3.5 Morte das Estrelas	28
4 REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Desde sempre o ser humano se pergunta, sobre o céu e o Universo, bastava levantar a cabeça e olhar para cima que centenas de questões surgiam espontaneamente, logo, a imaginação dava origem a ideias que tentariam explicar o que se estava vendo que de acordo com a cultura do observador poderia dar início a uma teoria divina ou teoria de destruição. Muitas dessas teorias se perderam, mas outras permanecem até hoje, nas mitologias gregas e romanas, nas lendas indígenas, sempre com a mesma intenção, tentar responder as perguntas que sempre aguçaram o ser humano.

A necessidade de entender as estrelas, como são formadas, qual seu tamanho e distância da Terra, fez com que uma ciência surgisse naturalmente. Essa ciência recebeu o nome de Astronomia.

A Astronomia surgiu da curiosidade do homem, da vontade de entender o universo a sua volta, com toda sua grandeza e mistério. Os filósofos da Grécia antiga foram os primeiros a se indagar sobre as estrelas, pontos luminosos que ficavam estáticos no céu noturno e os que aparentemente se movimentavam..

O que eram? Qual sua constituição? Eram todas iguais? Qual sua distância? Qual seu tamanho? Essas e outras perguntas viviam na mente de vários filósofos da antiguidade, como Aristóteles, Tales de Mileto e antes mesmo dos gregos outras civilizações como a Egípcia e a Babilônica deixaram registros históricos relativos às ideias desenvolvidas por seus estudiosos (CAINATO, 1988).

Até hoje as pessoas se maravilham com o espaço, seja em uma pequena cidade rural, sem praticamente nenhuma iluminação noturna ou nas cidades grandes em parques onde é possível ver o pôr do Sol e algumas estrelas. As pessoas intuitivamente ao olhar para o céu, se perguntam e se deleitam com tamanha beleza.

A Astronomia, a ciência mais antiga de todas, tem como função tentar desvendar todo o mistério em torno deste céu gigantesco e mostrar a todos sua magnitude.

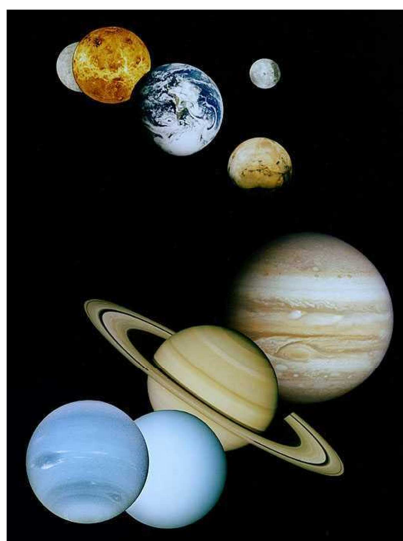
2 O SISTEMA SOLAR

Nos últimos 30 anos aprendemos mais sobre o Sistema Solar do que sobre a maioria das outras áreas da Astronomia. Isto se deve não apenas à melhoria dos detectores e telescópios atualmente existentes nos observatórios terrestres, mas, principalmente, às várias sondas espaciais que cruzaram o Sistema Solar fotografando e realizando experiências científicas ao longo das últimas décadas.

Uma grande série de lançamentos espaciais permitiu que os astrônomos conhecessem cada vez mais detalhes sobre a estrutura dos nossos vizinhos do Sistema Solar. Algumas sondas penetraram nas atmosferas de Vênus, de Marte e de Júpiter. Outras pousaram nas superfícies de Vênus, de Marte, da Lua e do asteroide Eros. Algumas missões colheram material da Lua e do cometa P/Wild2 para posteriores análises em laboratórios.

Até agora sondas espaciais visitaram todos os planetas, com a única exceção de Plutão, que, aliás, não é mais considerado um planeta¹ e sim um planeta anão. Além disso, vários sistemas de satélites e de anéis foram descobertos e estudados por essas sondas, assim como alguns asteroides e cometas.

FIGURA 1 – Concepção artística do nosso Sistema Solar



Fonte: <http://mundoestranho.abril.com.br/materia/qual-a-origem-do-nome-dos-planetes-do-sistema-Solar>

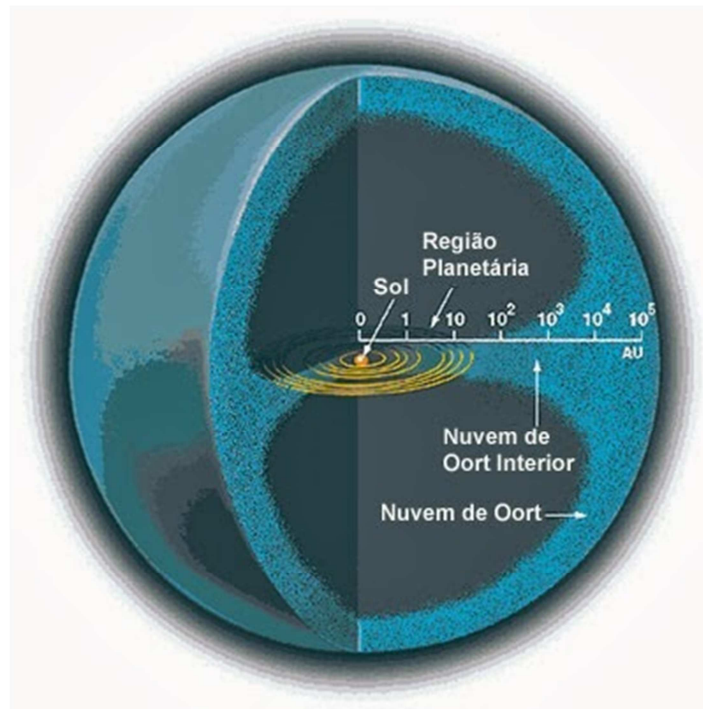
¹ Planeta: do grego, errante; corpo celeste que orbita entorno a uma estrela, como por exemplo, o Sol.

O Sistema Solar é muito mais do que apenas os planetas e seus respectivos satélites. Podemos definir o Sistema Solar como sendo o conjunto de todos os corpos celestes, independente de tamanho, estado físico ou propriedades, que estão gravitacionalmente ligados ao Sol, atraídos pela sua enorme gravidade e que descrevem órbitas em torno dele. Assim, o Sol é o centro de referência em torno do qual todos os objetos pertencentes ao Sistema Solar descrevem suas órbitas. Entre esses objetos estão incluídos os planetas, satélites, asteroides, cometas, e partículas de gás e poeira interplanetárias que se espalham pelo espaço existente entre os moradores desse Sistema.

Para melhor descrever o Sistema Solar os astrônomos preferem dividi-lo em algumas partes que abrigam corpos possuidores de características semelhantes. Além do Sol, planetas terrestres e jupiterianos e seus satélites, existem três regiões no Sistema Solar que, ao invés de abrigarem apenas um corpo celeste, são a moradia de milhares ou milhões de pequenos objetos que também descrevem órbitas em torno do Sol. Essas regiões são:

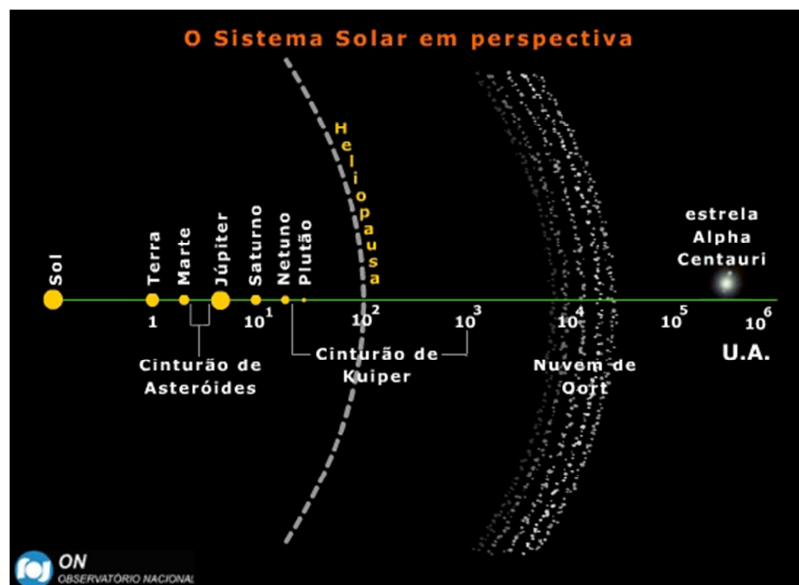
- Cinturão de Asteroides: Localizado entre os planetas Marte e Júpiter, o Cinturão dos Asteroides é o local onde estão distribuídos a maioria dos asteroides que conhecemos.
- Cinturão Trans-Netuniano, também conhecido como Cinturão de Kuiper Esta região em forma de disco, com milhões de objetos, está localizado a partir da órbita do planeta Netuno. Ela é o local de origem de vários cometas que cruzam o Sistema Solar.
- Nuvem de Oort: Com possivelmente milhões de objetos, que seriam restos da formação do Sistema Solar, esta é a região mais longínqua do Sistema Solar, situada muitíssimo depois do planeta anão Plutão. A Nuvem de Oort tem a forma de uma imensa esfera que envolve todo o Sistema Solar.

FIGURA 2 – Esquemática da Nuvem da Oort



Fonte: http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=4&pag=3

FIGURA 3 – Perspectiva do nosso Sistema Solar



Fonte: http://Astronomiacapixaba.blogspot.com.br/2010_03_01_archive.html

Em geral, a primeira divisão que fazemos para estudar o Sistema Solar leva em consideração as distâncias relativas entre o Sol e os diversos corpos pertencentes a esse Sistema.

Atividade 1: Pesquisar as distâncias médias (em km) dos corpos celestes abaixo, em relação ao Sol e completar a tabela 1, abaixo:

Tabela 1 – Corpos celestes por distâncias médias.

Corpos celestes	Distâncias médias (em km), em relação ao Sol.
Mercúrio	
Vênus	
Terra	
Marte	
Cinturão de Asteroides	
Júpiter	
Saturno	
Urano	
Netuno	
Plutão	
Cinturão de Kuiper	
Nuvem de Oort	

Fonte: desenvolvido pelo autor (2015)

Atividade 2: em grupos de cinco alunos desenvolver um modelo em escala de distâncias, dos corpos em relação ao Sol.

Obs.: A atividade deve ser feita na quadra, pátio, corredor ou campo (se a escola tiver), deixando livre aos alunos a maneira de demonstrar as relações de distâncias.

2.1 Algumas unidades de medida de distância usadas na Astronomia

Devido ao fato de trabalhar com distâncias e tamanhos muito grandes, os astrônomos utilizam algumas unidades de medida bastante características. Para não falar constantemente em distâncias de milhões de quilômetros, os astrônomos preferem usar duas outras unidades de medida, o **parsec** e a **unidade astronômica**.

Atividade 3:

- Pesquisar;
- Parsec;
- Unidade astronômica.

- **2.2 O ano-luz - a.l.**

- É a distância que a luz, que pode ser chamada de **fóton**, viaja em um ano no espaço. Sua abreviação é **a.l.**

Qual é o valor de um ano-luz?

Para obter este valor basta calcular o número de segundos que existem em um ano e multiplicar o resultado pelo valor exato da velocidade da luz no vácuo, que é 299.792.458 metros por segundo.

O valor exato do ano-luz é 9.460.528.410.545.436,2688 metros ou 9.460.528.410.545,4362688 km.

Usando a notação científica e técnicas de arredondamento podemos escrever que 1 a.l. = $9,46053 \times 10^{12}$ km, ou **$9,5 \times 10^{12}$ km**.

Atividade 4: Calcular com os alunos a distância da Terra a estrela mais próxima, em km, A Próxima Centauri, utilizando como dados a distâncias de 4,5 a.l. e a velocidade da luz 3×10^5 km.

Sugestão de resolução:

1 ano-luz é equivalente a se deslocar por um ano na velocidade da luz.

Portanto é necessário fazer a transformação de anos em segundos.

Temos então:

$$1 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 31.536.000 \text{ segundos}$$

$$31.536.000 \times 4,5, \text{ pois são } 4,5 \text{ a.l.} = 141.912.000 \text{ segundos;}$$

Temos então o tempo e a velocidade. Basta encontrar a distância percorrida;

$$v = \Delta S / \Delta t \qquad 3 \times 10^5 = \Delta S / 141.912.000;$$

$$300.000 \times 141.912.000 = \Delta S, \text{ portanto:}$$

$$\Delta S = 42.573.600.000.000 \text{ km, transpondo em notação científica:}$$

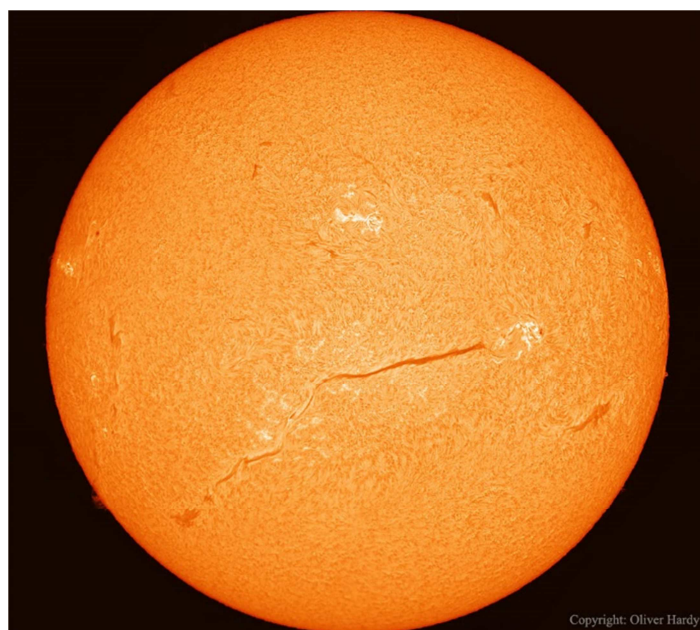
$$\Delta S = 4,3 \times 10^{13} \text{ km.}$$

2.3 O SOL

É a estrela² mais próxima da Terra, o maior corpo do Sistema Solar, com aproximadamente 99% de toda sua massa. A 150 milhões de km da Terra é a fonte de luz e calor de todo o Sistema Solar.

Ao contrario que muitos pensam o Sol não é uma bola de fogo e sim uma esfera de gás incandescente, onde reações nucleares ocorrem incessantemente, produzindo toda a energia necessária à vida em nosso planeta. Composto principalmente por Hidrogênio e Hélio, se mantém estável possibilitando a existência de vida em nosso planeta.

FIGURA 4 – O Sol



Fonte: <http://www.astropt.org/2015/02/10/um-filamento-extremamente-longo-sobre-o-Sol-apod/>

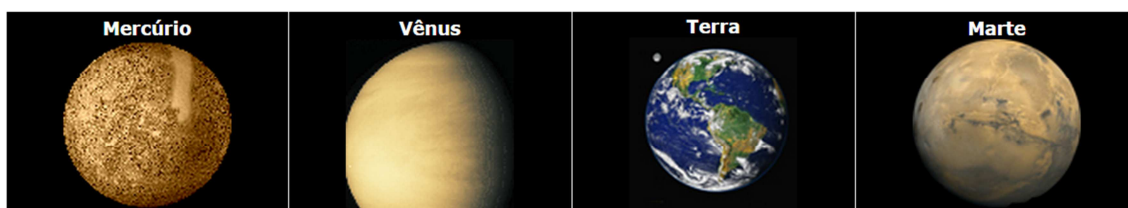
² Estrela: *astr* corpo celeste produtor e emissor de energia, com luz própria, e cujo deslocamento na esfera celeste é quase imperceptível ao observador na Terra; estela.

2.4 Divisão dos Planetas no Sistema Solar

2.4.1 Planetas Internos ou Terrestres

São os quatro primeiros planetas: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, Fig. 5. Que possuem superfícies sólidas e rochosas.

FIGURA 5 – Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.



Fonte: <https://ukladsloneczny.wordpress.com/>

Nota: modificado pelo autor

Atividade 5a: Pesquise as semelhanças e as diferenças que os quatro planetas internos possuem e em seguida complete a tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Características dos planetas terrestres.

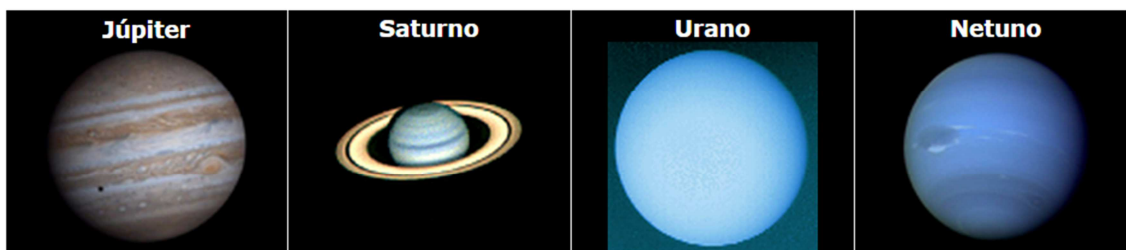
Planetas	Diâmetro em km	Composição Atmosférica	Número de Luas	Sentido de Rotação	Temperatura média em °C
Mercúrio					
Vênus					
Terra					
Marte					

Fonte: desenvolvido pelo autor (2015)

2.4.2 Planetas Externos ou Jupterianos

São os quatro gigantes gasosos Fig. 6, situados após o cinturão de asteroides: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

FIGURA 6 – Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.



Fonte: <https://ukladsłoneczny.wordpress.com/>

Nota: modificado pelo autor

Atividade 5b: Pesquise as semelhanças e as diferenças que os quatro planetas externos possuem e em seguida complete a tabela 3:

Tabela 3 – Características dos planetas Jovianos.

Planetas	Diâmetro em km	Composição Atmosférica em %	Número de Luas	Possui Anéis ?	Temperatura média em °C
Júpiter					
Saturno					
Urano					
Netuno					

Fonte: desenvolvido pelo autor (2015)

2.4.3 Planetas Anões

Uma categoria muito especial de planetas, que teve muita atenção voltada a ela, com o caso de Plutão, que era considerado planeta até 2006 e foi rebaixado ao status de planeta anão, por não preencher o último dos pré-requisitos para ser considerado planeta:

- Ter formato próximo ao de uma esfera;
- Orbitar o Sol;
- Ter Predominância Orbital, ou seja, ao orbitar o Sol, sua gravidade vai agregando os corpos de menor massa, “varrendo o caminho”, deixando sua órbita livre de objetos celestes.

Atualmente são cinco os planetas considerados anões pela União Astronômica Internacional (UAI): Plutão, Ceres, Éris, Haumea e Makemake.

Atividade 6: Levar os alunos à sala de informática e pedir para que procurem imagens dos planetas anões e suas localizações, bem como seus diâmetros.

Atividade 7: Utilizando o programa Stellarium, mostrar com o recurso 3D, o Sistema Solar, enfatizando os Planetas e suas peculiaridades.

2.5 Satélites Naturais

Por definição, são corpos menores que orbitam corpos maiores, com maior gravidade, geralmente planetas, mas também ocorrem com planetas anões e asteroides.

Atualmente os planetas possuem, de acordo com The Satellite and Moon Page, acessado dia 15 de abril de 2015, tabela 4:

Tabela 4 – Quantidades de satélites naturais de cada planeta

Mercúrio	0	Júpiter	67
Vênus	0	Saturno	62
Terra	1	Urano	27
Marte	2	Netuno	14
		Plutão	5

Fonte: <http://home.dtm.ciw.edu/users/sheppard/satellites/>

2.6 A Lua

FIGURA 7 – A Lua.



Fonte: <http://apod.nasa.gov/apod/ap120901.html>.

Atividade 8 : Como introdução, apresentar o Artigo científico Astronomia – A Lua, e suas fases – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, que se encontra no anexo B. E desenvolver uma leitura compartilhada com os alunos. Em seguida pedir um pequeno relatório escrito sobre o entendimento do artigo.

Satélite natural da Terra que está a uma distância média de aproximadamente 384.000 km, possui aceleração gravitacional de $1,6 \text{ m/s}^2$, por isso não possui atmosfera. Um diâmetro de 3.476 km, tendo um quarto do diâmetro da Terra. Por estar tão próxima, sua interação é muito forte, tendo uma grande influência em nosso planeta.

Atividade 9: Mostrar aos alunos o documentário de 50 minutos da Discovery Channel / National Geographic Channel “Se não existisse a Lua”, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=02j5RTvllmA>³.

Após o documentário, abrir uma roda de debate e questionar sobre as teorias de formação da Lua abordadas no texto. Espera-se que os alunos se posicionem sobre uma das teorias e que argumentem sobre as posições tomadas, explicando porque são a favor de uma ou outra teoria.

³ Acesso em 09/07/2015

2.6.1 Fases da Lua

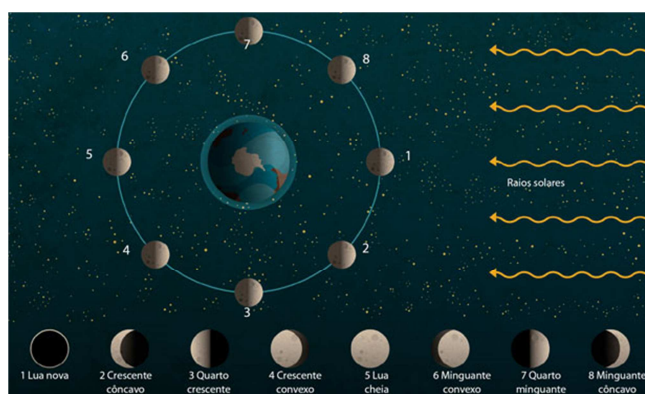
A Lua é o objeto mais brilhante do céu após o Sol. No entanto, ao contrário do Sol, a Lua não brilha devido à sua própria energia. Ela apenas reflete em torno de 18% da luz Solar que incide sobre ela.

Se você observar a Lua durante um mês verá um ciclo completo de fases com a Lua iniciando completamente escura e se tornando mais e mais iluminada até apresentar todo o seu disco completamente visível. Após este estágio, ela começa a diminuir novamente de brilho até desaparecer completamente nas duas semanas seguintes. Estas mudanças na figura iluminada da Lua no espaço sempre fascinaram os seres humanos que elaboraram sofisticadas, e às vezes esplêndidas, histórias e lendas para explicar o ciclo de fases lunares.

Até hoje muita gente não entende bem o processo pelo qual surgem as fases e tendem a atribuir à sombra da Terra as fases da Lua, o que não é verdade.

Atividade 10: Podemos realizar uma experiência muito simples para entender este fenômeno. Com a sala de aula completamente escura se posicione a cerca de 2 metros na frente de uma forte luz elétrica e segure numa mão uma pequena bola (uma bola de tênis ou uma laranja). Neste experimento sua cabeça vai representar a Terra, a luz elétrica representará o Sol e a pequena bola a Lua. Gire a bola em torno de sua cabeça (evitando causar um eclipse bloqueando a luz com sua cabeça). Você verá na bola fases exatamente como aquelas que são vistas na Lua.

FIGURA 8 – Ciclo completo das fases da Lua.



Fonte: <http://revistaescola.abril.com.br/fundamental-1/como-explicar-movimentos-Lua-sala-aula-646418.shtml>

A Lua é chamada de nova quando se encontra na mesma direção que o Sol no céu (posição 1). Neste ponto sua face iluminada está na direção oposta à Terra enquanto sua face escura está voltada para a Terra. Nesta fase, portanto, a Lua não visível da Terra. Já que a Lua nova está na mesma parte do céu do que o Sol então se levanta ao amanhecer e se põe ao pôr do Sol.

Mas a Lua não permanece nesta fase por um longo tempo já que se move cerca de 12 graus na direção leste a cada dia. Logo, um dia ou dois depois da Lua nova, um pequeno crescente pode ser visto à medida que uma pequena parte da Lua começa a ficar iluminada. Este crescente aumenta de tamanho a cada dia à medida que a Lua se afasta cada vez mais da direção do Sol. Como a Lua se move na direção leste se afastando do Sol, ela então nasce cada dia mais tarde.

Após cerca de uma semana a Lua estará a um quarto do caminho em torno de sua órbita e sua fase passa a ser chamada de quarto crescente. Agora cerca de metade da face iluminada da Lua é visível da Terra. Devido ao seu movimento a Lua estará deslocada de cerca de um quarto do dia atrás do Sol, ou seja, se levanta perto do meio-dia e se põe por volta da meia-noite.

Na semana após o quarto crescente veremos uma porção cada vez maior do hemisfério iluminado da Lua até chegarmos a ver todo ele quando, então, estaremos na Lua cheia. Neste ponto a Lua e o Sol estão em posições diametralmente opostas. Isto também implica que estarão no céu em intervalos de tempo bem distintos, ou seja, a Lua vai se levantar ao anoitecer e desaparecer ao amanhecer. A meia-noite exatamente a Lua vai estar no ponto mais alto do céu, fato este que inspirou tantos romances e filmes de horror.

Nas duas semanas seguintes à fase cheia a Lua passa pelas mesmas fases anteriores chegando ao quarto minguante no qual apenas metade do hemisfério iluminado pelo Sol é visível da Terra. Finalmente, após cerca de 29,5 dias a Lua retorna a mesma posição inicial, ou seja, na fase nova.

Pelo descrito acima, então, é errôneo dizer que temos o Sol de dia e a Lua de noite. Isto somente é verdade na fase de Lua cheia. No restante do mês a Lua é visível na luz diurna durante toda a manhã (quarto minguante) ou tarde (quarto crescente).

Note que a figura acima pode levar a uma interpretação errada. Por esta figura, na posição da Lua na fase cheia, se tem a impressão de que a

iluminação pelo Sol estaria sendo bloqueada pela própria Terra, quando então veríamos apenas a sombra da Terra na superfície da Lua. Na realidade a Lua não está tão perto da Terra, assim como as órbitas do Sol e da Lua não são tão similares. Na realidade a sombra da Terra não esconde a Lua na maioria dos meses e quando isto ocorre temos um eclipse lunar, a ser discutido mais adiante.

2.6.2 Eclipses

Um dos fenômenos mais espetaculares da natureza é o eclipse, pois ocorre apenas quando o Sol a Terra e a Lua estão alinhados. Existem dois principais tipos de eclipses, o eclipse Solar e o eclipse lunar, sendo este último o mais fácil de se observar devido a proximidade da Lua e a duração do seu ciclo de translação (período que a Lua leva para dar uma volta na Terra).

Em geral um eclipse ocorre sempre que qualquer parte da Terra, ou da Lua, entra na sombra da produzida pelo outro astro. Um eclipse total só é possível quando os três astros estão perfeitamente alinhados, ou seja, quando a variação angular é igual a zero. Normalmente a Lua gira em torno da Terra

Quando a sombra da Lua atinge a Terra, as pessoas que estão na região de incidência da sombra percebem o Sol parcialmente coberto pela Lua. Neste caso temos um eclipse Solar.

Quando a Lua entra na sombra da Terra então as pessoas que se encontram na parte da Terra onde é noite, percebem a Lua ficar parcialmente ou totalmente escurecida. Neste caso temos um eclipse lunar.

Os eclipses nos trazem muita curiosidade, pois o fato do Sol ser coberto totalmente pela Lua ou a Lua ser totalmente coberta pela Terra são fenômenos naturais fantásticos, que fazem as pessoas se depararem com as maravilhas do Universo e inclusive pensar no poder que está a nossa volta.

Mas como ocorre um eclipse?

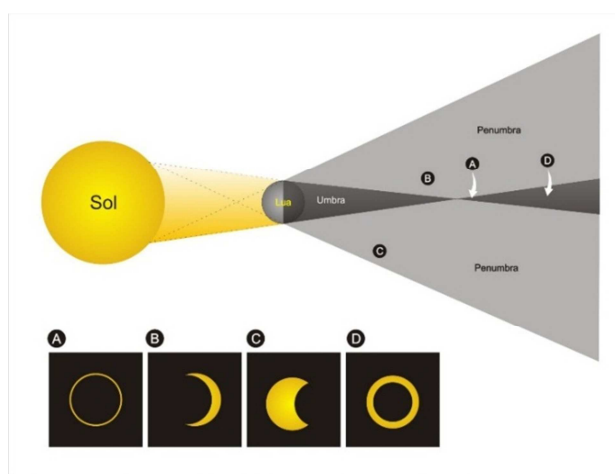
Atividade 11: Com a utilização de um computador e um projetor, utilizar um Simulador de eclipses, de preferência o desenvolvido pela UFRGS, disponível no link:

<http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/links/simulacoes-e-animacoes>

Demonstrar o funcionamento dos eclipses aos alunos.

O eclipse Solar é o mais difícil de ser visto devido a grande diferença de tamanho e distância entre a Lua e o Sol, fazendo com que só seja possível ver um eclipse total estando em uma posição privilegiada do planeta como mostra a figura abaixo. A região da umbra (sombra total) onde podemos observar o eclipse total, na posição **A**.

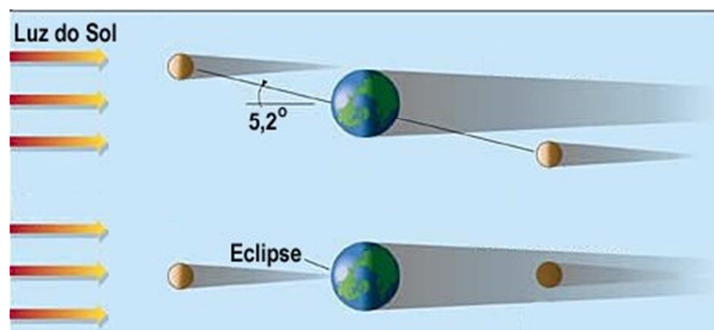
FIGURA 9 – Esquema das possibilidades de Eclipses Solares.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>

Se a órbita da Lua no céu fosse exatamente igual à do Sol deveríamos ver um eclipse do Sol e da Lua a cada mês. Mas, isto não acontece devido ao fato da órbita da Lua ser inclinada de cerca de cinco graus, com relação à órbita do Sol, que recebe o nome de plano da eclíptica.

FIGURA 10 – Variação angular da Lua em relação ao plano da eclíptica.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>

Consequentemente, na maioria dos meses a Lua é está situada suficientemente acima ou abaixo da orbita do Sol de modo que não consegue criar o eclipse.

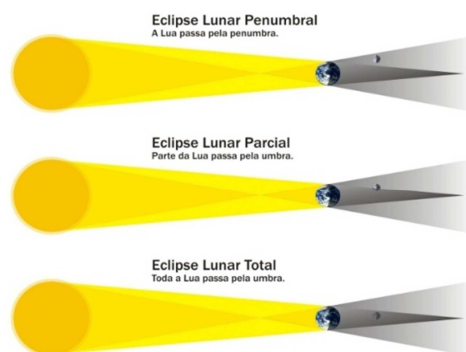
FIGURA 11 – Perspectiva das posições relativas da Lua



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>

O eclipse Lunar ocorre quando a Lua é coberta pela sombra da Terra, como a Lua um quarto do diâmetro da Terra se torna muito mais fácil a ocorrência do eclipse, pois a sombra da Terra ocupa um espaço muito maior que o ocupado pela Lua, facilitando a observação e possibilitando que a maioria das pessoas situadas na região onde está noite possam observar o eclipse. Como demonstrado na figura abaixo:

FIGURA 12 – Variações dos eclipses Lunares



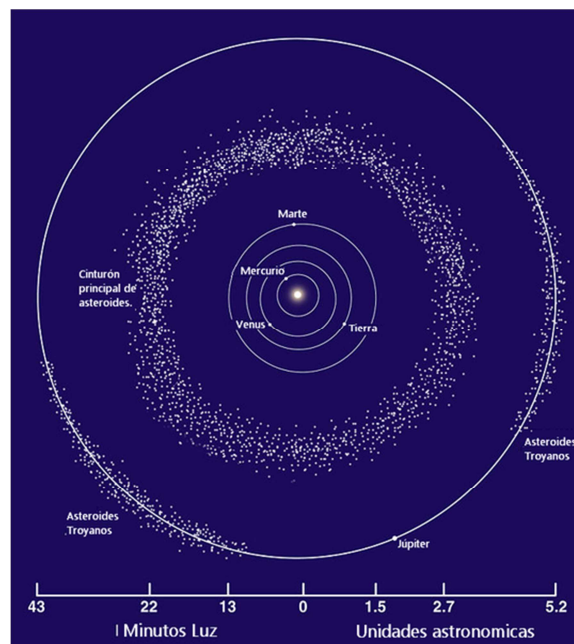
Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>

2.7 Cinturão de Asteroides

Situado entre Marte e Júpiter, o cinturão de asteroides é um conjunto de rochas que orbitam o Sol, mas são muito pequenos e irregulares para serem chamados de planetas.

Segundo a teoria de formação do Sistema Solar, os asteroides se formaram a 4,5 bilhões de anos. A grande gravidade de Júpiter não permitiu que as rochas se aglomerassem na região onde hoje se encontra o cinturão, impedindo formação de um quinto planeta rochoso e deixando os distribuídos na órbita do Sol.

FIGURA 13 – Região onde se encontra o cinturão de asteroides.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Cintura_de_asteroides

Atividade 12: Em grupo, procure imagens de asteroides, pesquise suas características e curiosidades e monte uma pequena apresentação em ppt, para socializar com os colegas as conclusões do grupo.

2.8 Cometas

Texto introdutório

Durante muito tempo os cientistas não sabiam responder a perguntas bastante básicas sobre os cometas. Afinal, qual seria a verdadeira estrutura de um cometa? E a sua forma real? E o seu interior? Poderiam os cometas ser uma aglomeração fofa de neve e gelo? Ou eles seriam totalmente sólidos, como "icebergs" encrustado com material orgânico negro?

Hoje sabemos que os cometas são corpos de forma irregular, frágeis e pequenos, em geral formados por uma mistura de grãos não voláteis e gases congelados. Essas massas congeladas de gases, gelo, restos rochosos e poeira descrevem órbitas altamente elípticas, bem definidas, que cruzam o Sistema Solar.

Ao contrário do que algumas pessoas imaginam, os cometas não são corpos celestes estranhos ao nosso ambiente. Eles são objetos que estão em órbita em torno do Sol e que, portanto, pertencem ao Sistema Solar.

Calcula-se que existam trilhões de cometas no Sistema Solar, localizados após as órbitas de Netuno e Plutão. No entanto, somente uma vez a cada década, aproximadamente, é que um deles se aproxima bastante de nós ficando então suficientemente brilhante de modo que pode ser visto facilmente sem o uso de binóculos ou telescópios.

A gravidade na superfície de um cometa é muito fraca. Por exemplo, no cometa Wild 2 a força gravitacional é apenas 0,0001 do valor que ela tem na superfície da Terra.

Os cometas são formados por três partes: um núcleo, uma coma gasosa e uma cauda.

Atividade 13: Construção de um Cometa, em grupo de 5 alunos.

Materiais:

- 250g de gelo seco;
- 500g de carvão;
- Um martelo;
- Um pano prato;
- Uma fonte de luz;
- Um ventilador:

- Luvas de borracha;
- Óculos de proteção.

Procedimentos:

- Moer aproximadamente 200g de carvão, utilizando o martelo;
- Esticar o pano de prato na bancada;
- Colocar aproximadamente 100g de gelo seco sobre o pano;
- Fechar o pano, cobrindo todo o gelo seco;
- Martelar o gelo seco até ficar triturado;
- Abrir o pano e adicionar o carvão moído;
- Dobrar o pano ao meio e formar uma espécie de saco com o material amontoado no meio;
- Torcer o pano fortemente até formar uma bola, mais esférica possível e bem rígida;
- Retirar do pano, aproximar do ventilador e observar cuidadosamente o fenômeno;
- Aproximar da fonte de luz e observar cuidadosamente o fenômeno.
- Anotar e discutir as observações, relacionando com o texto fornecido no início da aula.
- Apresentar as conclusões na forma de relatório manuscrito por grupo.

2.9 Nuvem de Oort e Cinturão de Kuiper

Teoricamente a Nuvem de Oort é uma esfera que circunda todo o Sistema Solar. Local onde podemos encontrar pequenos corpos gelados que ao se deslocarem em direção ao Sol se transformam nos cometas de longo período, esta nuvem se encontra muito afastada, em torno de 30 trilhões de quilômetros do Sol, com aproximadamente 3 anos luz extensão. Os cientistas acreditam que a Nuvem de Oort contenha em torno de 6 trilhões de objetos congelados e que o período orbital de um o cometa possam variar de 200 anos a alguns milhões de anos.

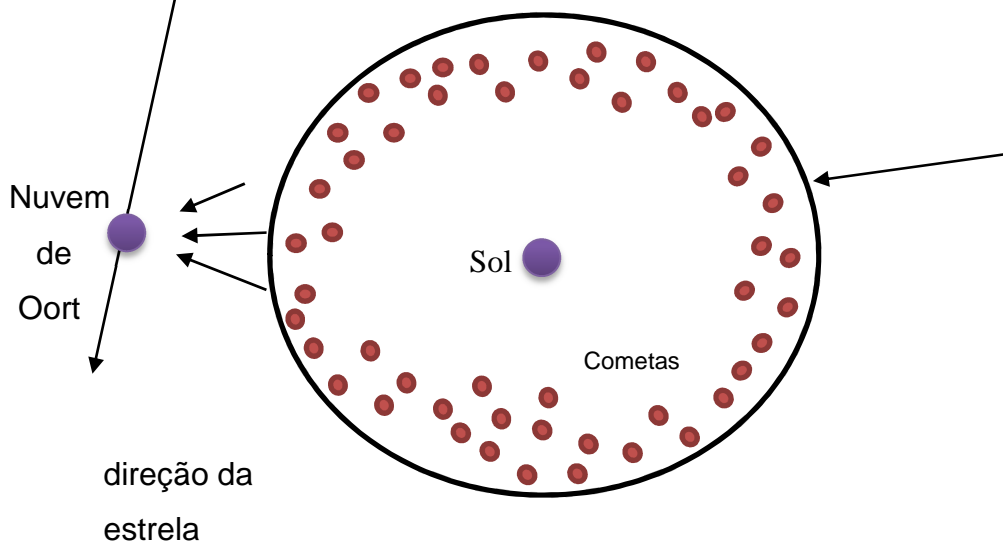
A hipótese da existência da nuvem foi proposta por Jon Oort (astrônomo holandês) em 1950, após análise de 47 cometas conhecidos, supondo que os cometas seriam provenientes dessa região 50.000 vezes mais distante do Sol do que a Terra.

Mas como é um objeto situado na Nuvem de Oort perde sua estabilidade entra em rota de colisão com Sol?

É devido a interação gravitacional com as estrelas vizinhas ao nosso Sistema Solar. Pois a nuvem de Oort é a região mais externa do nosso Sistema Solar, onde a proximidade de outra estrela pode causar a perturbação necessária para fazer com que cometa se desloca em direção ao Sol.

Observe o esquema abaixo:

FIGURA 14 – Esquema da perturbação causada por uma estrela externa ao Sistema Solar.



Fonte: desenvolvido pelo autor (2015)

Proposto por Gerard Kuiper o cinturão que leva o mesmo nome, seria um local onde objetos residuais da formação do Sistema Solar deveriam estar localizados após a órbita de netuno. Kuiper argumentou que seria muito estranho se não encontrarmos nada nesta região. Até 1992 foi considerada apenas uma teoria, mas com a evolução da tecnologia vários outros objetos foram encontrados nessa região provando a existência de cinturão, hoje sabemos os objetos encontrados nesta região recebem o nome de trânsnetunianos, como por exemplo Plutão e Caronte, Sedna e Quaoar entre outros.

FIGURA 15 – Demonstração da possível aparência do cinturão de Kuiper



Fonte: <http://omundouniverso.blogspot.com.br/2012/10/cinturao-de-kuiper.html>.

3 EVOLUÇÃO ESTELAR

As estrelas nascem se desenvolvem e morrem como tudo no universo. Hoje sabemos que existem vários tipos de estrelas com as mais variadas constituições, massas, densidades e tamanhos. O nosso Sol é apenas uma delas, uma estrela comum como tantas outras que existem em nossa galáxia. A evolução estelar nada mais é que a variação no estágio de vida de uma estrela, desde o momento em que ela surge até o momento em que ela deixa de existir como estrela. Vários são os fatores que influem na evolução de uma estrela.

3.1 Berçário de Estrelas

Sabe se hoje que as estrelas nascem a partir de nuvens frias de gás e poeira, as nuvens moleculares, que estão espalhadas por toda a galáxia. Essas nuvens iniciam um processo de contração, onde alguns pontos dessa nuvem conseguem gravitacionalmente se contrair para dar origem ao que um dia será uma estrela. Vários berçários de estrelas são conhecidos em nossa galáxia, observe alguns exemplos nas figuras abaixo.

FIGURA 16 – Nebulosa do Coração.



Fonte: <http://apod.nasa.gov/apod/ap130304.html>

FIRURA 17 – Os Pilares da Criação



Fonte: <http://apod.nasa.gov/apod/ap150107.html>

FIGURA18 – Nebulosa Cabeça de Cavalo



Fonte: <http://apod.nasa.gov/apod/ap031007.html>

Atividade 14: Apresentar aos alunos diversos berçários de estrelas e se possível situá-los na galáxia. Utilizando o recurso de apresentação de slides. No anexo E um modelo de apresentação em formato ppt.

3.2 O Nascimento de uma estrela

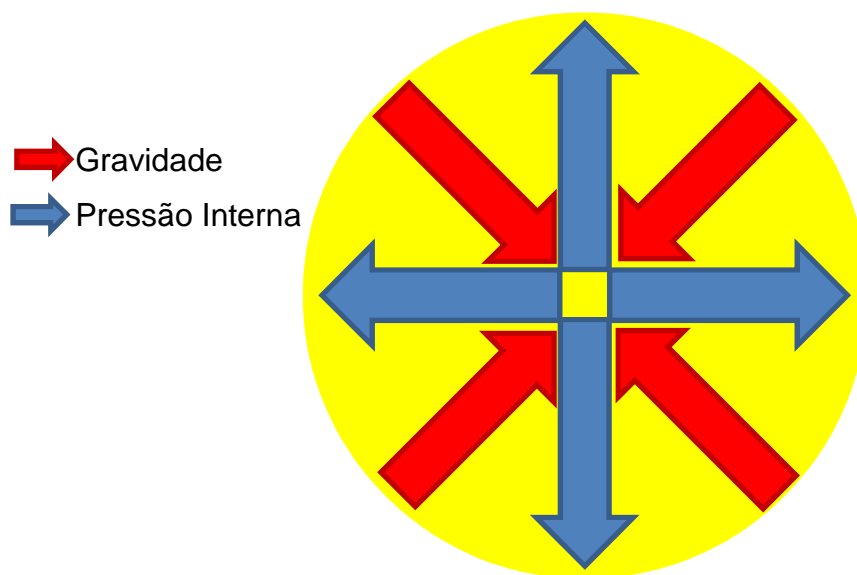
Uma estrela inicia seu processo de nascimento quando uma nuvem de gás e poeira começa a se contrair (atração gravitacional) e lentamente a gravidade vai fazendo com que toda a gigantesca massa se aproxime do centro. No caso do Sol, uma estrela com aproximadamente 1.400.000 km de diâmetro, é necessária uma nuvem de gás com um tamanho cem vezes maior que nosso Sistema Solar para que a este tipo estrela seja formada. Acredita-se que a perturbação que deu origem ao nosso Sistema Solar foi causada pela explosão de uma estrela bem mais massiva que o nosso Sol, que quando explodiu, além de perturbar a nuvem de gás e poeira, também lançou no meio interestelar os elementos químicos que possibilitaram a formação do nosso planeta rochoso e rico em metais pesados.

Atividade 15: Para ilustrar o nascimento de uma estrela, passar para os alunos os primeiros sete minutos do documentário: O universo, primeira temporada, episódio 10. “Vida e morte das Estrelas”. The History Channel.

3.2 Protoestrela

É a primeira fase da vida de uma estrela, a contração gravitacional aumenta, causando um aumento interno de temperatura, à medida que a esfera gasosa contrai seu raio diminui o que significa que as partículas de gás ficam cada vez mais próximas. Com isso aumentam os processos de colisão entre as partículas do gás, o que provoca o aumento de sua temperatura, o que causa um aumento de pressão e essa “luta” progride até que a estrela se aqueça o suficiente para equilibrar forças com a gravidade e entre num estágio de equilíbrio chamado de equilíbrio hidrostático. Conforme a figura 19.

FIGURA 19 – Equilíbrio hidrostático em uma Protoestrela



Fonte: desenvolvido pelo autor (2015)

Ao atingir o equilíbrio hidrostático a estrela começa a emitir cada vez mais brilho entrando no estágio adulto de sua vida, se transformando em uma estrela da Sequência Principal. Este é o estágio mais longo de sua evolução, onde se dá início a queima de hidrogênio para sustentar o equilíbrio e manter a estrela viva.

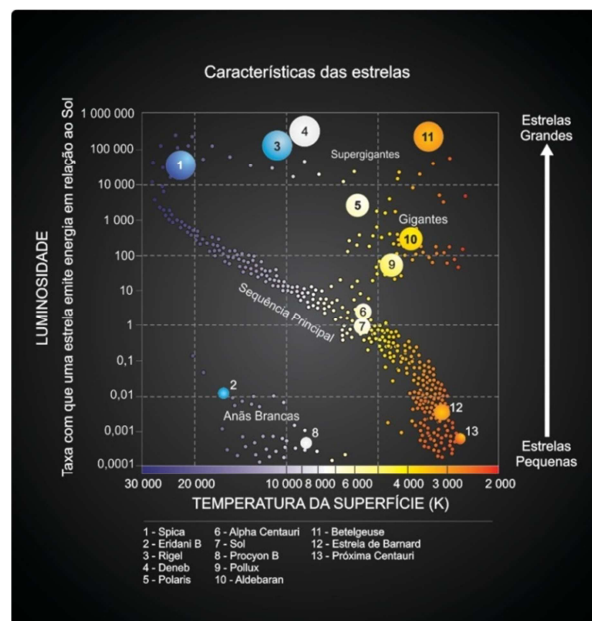
3.4 Sequencia Principal

Este é o estágio mais longo de sua evolução, as estrelas passam mais de 90% de uma vida na Sequência Principal (SP), onde se dá início a queima de hidrogênio para sustentar o equilíbrio e manter a estrela viva. Enquanto houver combustível suficiente para manter constante a quantidade de energia liberada⁴, a estrela segue sua vida de maneira constante, sem variações em seu estágio evolutivo.

O diagrama da figura 20 recebeu o nome de diagrama HR (Hertzsprung - Russell), por ser desenvolvido simultaneamente pelo dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1967), em 1911, e pelo americano Henry Norris Russell (1877-1957), em 1913. O diagrama HR demonstra a relação existente entre a luminosidade de uma estrela e sua temperatura superficial, mostrando a faixa onde se encontram as estrelas na SP, como o nosso Sol.

Atividade 16: Explanar a figura abaixo com auxílio de projetor de slides e em seguida utilizar o simulador de evolução estelar diagrama HR disponível no site:<http://disciplinas.stoa.usp.br/mod/url/view.php?id=51911>

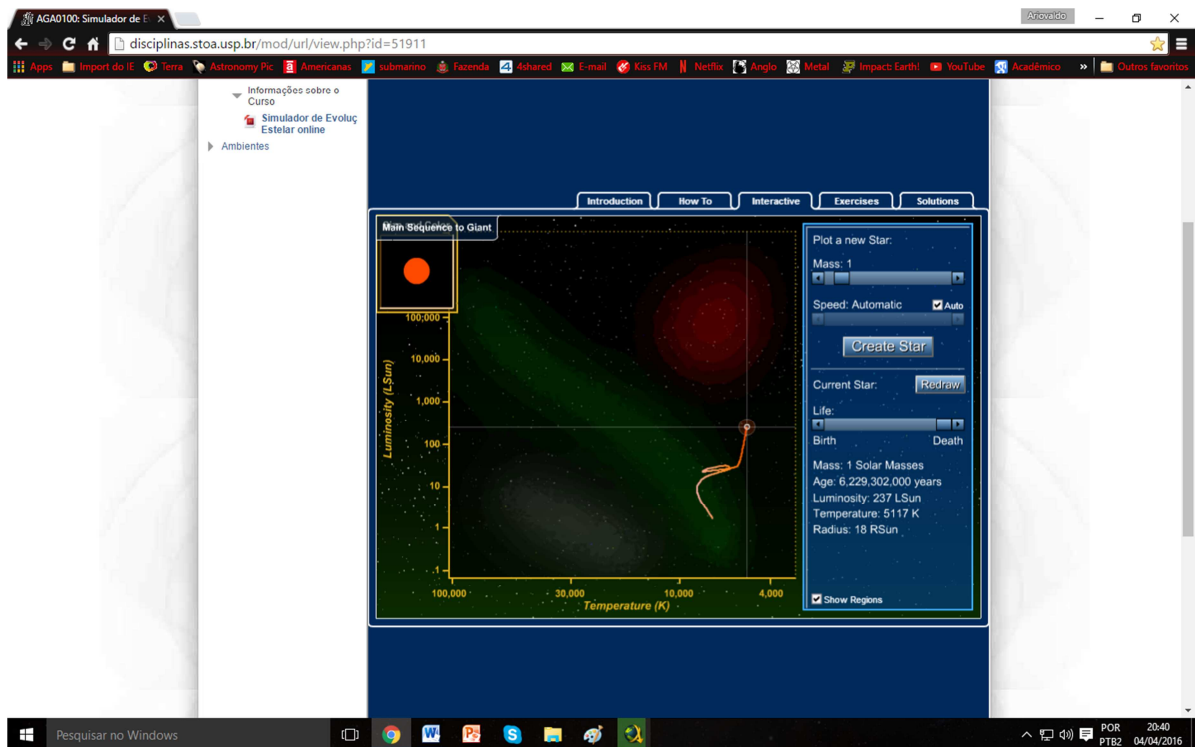
FIGURA 20 – Diagrama HR



Fonte : <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>

⁴ Isso é chamado de Equilíbrio Energético: a quantidade de energia produzida é igual à liberada.

FIGURA 21 – Simulador de evolução estelar



Fonte: <http://disciplinas.stoa.usp.br/mod/url/view.php?id=51911>

3.5 Morte das Estrelas

É o estágio final da evolução de uma estrela. O fator principal que vai decidir o tipo de morte da estrela é a sua massa. A massa de uma estrela é fundamental importância para a sua evolução e responsável por todos os estágios da vida da estrela. Estrelas de massas inferiores a meia (0,5) massa Solar não terão capacidade de queimar o hélio fazendo com que se tornem apenas gigantes vermelhas e em seguida, no final de suas vidas transformem-se em uma anã branca com núcleo de Hélio. Estrelas com mais de meia (0,5) massa Solar, até 8 massas Solares continuarão queimando hélio e serão capazes de produzir carbono e oxigênio transformando se em nebulosas planetárias, que no fim de suas vidas transformam-se em anãs brancas também, só que compostas de carbono e oxigênio.

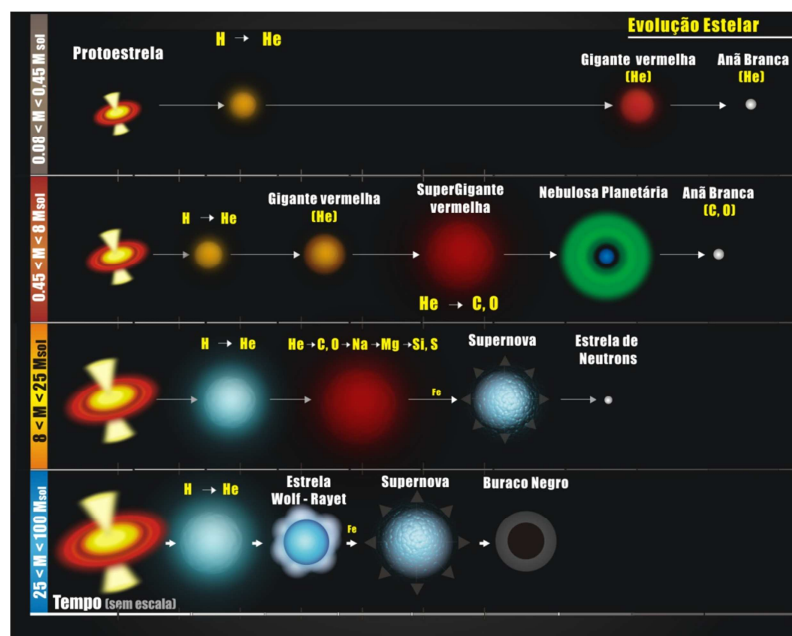
Já as estrelas com massas superiores a 8 massas Solares terão um final muito mais interessante. Aquelas com massas entre 8 e 25 massas Solares

terão uma capacidade produzir muitos elementos pesados, H, He, C, O, Na, Mg, Si, S. Esses elementos pesados realizarão intensas fusões nucleares até chegarem ao estágio de produzir o elemento químico ferro (Fe) e isso fará com que essa estrela supermassiva, na fase de supergigante vermelha, sofra uma grande explosão, liberando uma quantidade muito grande de massa (suas camadas exteriores) e energia, fazendo com que o restante de massa entre em colapso e transforme-se numa estrela de nêutrons.

As maiores estrelas do universo com mais de 25 massas Solares terão o final espetacular onde ocorrerá toda a produção de elementos pesados, até o Fe e, em seguida, a estrela explodirá de maneira tão violenta que o próprio núcleo entrará em colapso transformando-se em um buraco negro.

Observe a figura abaixo:

FIGURA 22 – Ciclo de Evolução Estelar em relação à massa das estrelas



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>

Atividade 17: Utilizar este ou outro esquema completo do ciclo de evolução como apresentação em slides, para uma visualização global do processo.

Atividade 18: Para que o processo de evolução seja bem entendido pelos alunos, passar o restante do documentário: O universo, primeira temporada, episódio 10. “Vida e morte das Estrelas”. The History Channel.

Em seguida pedir um relatório sobre o documentário descrevendo todo o processo evolutivo de uma estrela.

No anexo A , texto sobre estrelas gigantes e supergigantes, disponível para um maior aprofundamento do tema, se o professor achar pertinente.

O tempo de vida de uma estrela também depende de sua massa. Estrelas com massas semelhantes à do Sol vivem cerca de 10 bilhões de anos enquanto estrelas mais massivas terão tempo de vida muito menor⁵ por conta da densidade maior, o processo de queima é acelerado, pois a velocidade de queima dos elementos químicos será muito maior, reduzindo drasticamente o tempo de vida dessas estrelas. Observe na tabela abaixo variação do tempo de vida das estrelas em relação às suas massas:

Tabela 5 – Tempo de vida das estrelas em relação às suas massas

Massa ($M_{\text{Sol}=1}$)	Tempo de permanência na sequência principal (em anos)
25	$3,0 \times 10^6$
15	$1,5 \times 10^7$
3,0	$5,0 \times 10^8$
1,5	$3,0 \times 10^9$
1,0	$1,0 \times 10^{10}$
0,75	$1,5 \times 10^{10}$
0,50	$2,0 \times 10^{11}$

Fonte: <http://www.calpoly.edu/~rechols/F03astrox103lab6.html>

Nota: adaptado pelo autor

⁵ Para calcular o tempo de vida de uma estrela é necessário transformar toda sua massa em energia: $E=mc^2$. Em seguida saber quando de energia ela emite por segundo, na área total. Então é só dividir a energia total pelo tanto que ela gasta por segundo. Esse será o tempo total que no caso do Sol dá algo como 100 bilhões de anos. Supondo uma eficiência de 10% na queima e liberação de energia, obtém-se os 10 bilhões de anos de vida.

4 REFERÊNCIAS

A.MEDEIROS; MEDEIROS, C. F. D. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, junho 2002.

ALMEIDA, R. Q. D. **O Ensino Aprendizagem em Tempos de Internet**. [S.l.], p. 20. 2009.

ALMEIDA, T. H. D. A utilização de blogs e outras Tic's como ferramenta para auxiliar no ensino de físico-química para alunos de graduação. **Universidade da Paraíba**, 2014.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. **Acta Scientiarum**, 01 janeiro 2009, Vol.31. 43-49.

BLATTMANN, G. **O mistério dos cometas**. Stuttgart: antroposófica, 1974.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC. Brasília. 1999.

BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. Unicamp. Campinas, p. 200. 1999.

BRETONES, P. S. **Jogos para o ensino de Astronomia**. Campinas: Átomo, 2013.

BRUNER, J. S. **O Processo da Educação**. São Paulo: Nacional, 1973.

CAINATO, R. **O que é Astronomia**. São Paulo: Brasiliense, 1988.

CAINATO, R. **O Céu**. São Paulo: Ática, 1993.

CORTELA, B. S. C.; NARDI, R. Formadores de professores de Física: Uma análise de seus discursos e como podem influenciar na implantação de novos currículos. **Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências**, 2012.

DÍAZ, J. A. A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las Ciencias: Educación científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 01, p. 3-15, 2004. ISSN 01.

EDUCAÇÃO, M. D. **PCNs Parâmetros Curriculares Nacionais**. BRASIL: MEC, 2000.

ÉVORA, C. Q. **Ensino da “Energia” em Contexto CTSA**. Universidade de Lisboa. Lisboa, p. 186. 2001.

FIAÇA, A. C. S. et al. **Astronomia, uma visão geral do universo**. São Paulo: Edusp, 2003.

FILHOAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: O computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Brasileira de ensino de Física**, v. 25, n. 3, setembro 2003.

FOUREZ, G. Crise no ensino de Ciências ? **Investigações em Ensino de ciências**, Namur, v. 08 (2), p. 109-123, dezembro 2003.

GALDINO, L. **A Astronomia Indígena**. São Paulo: Nova Alexandria, 2011.

GALDINO, L. **A Astronomia Indígena**. 1ª. ed. SÃO PAULO: NOVA ALEXANDRIA, 2011.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202., agosto 2009.

GUTIERREZ, S. Weblogs e educação: contribuição para a construção de uma teoria. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, n. 1, maio 2005.

HECKLER, V. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física., 2004.

HOSOUME, Y.; LEITE, C.; CARLO, S. D. Ensino de Astronomia no Brasil – 1850 à 1951 – Um olhar pelo colégio Pedro II. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 189-204, maio-agosto 2010.

JUNIOR, P. D. C.; SILVA, C. C. **O Sol: uma abordagem interdisciplinar para o ensino de física moderna**. São Carlos. 2011.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro do ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 87-111, abril 2007.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da Astronomia no Brasil:educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4402 (2009), São Paulo, v. 31, n. 4, p. 11, 2009.

LEITE, B. S. C. M. B. A web 2.0 como ferramenta de aprendizagem no ensino de Ciências. **Nuevas ideas en informática educativa**, v. 5, p. 77-82, 2009.

LUCKESI, C. C. **Filosofia da Educação**. São Paulo: Cortez, 1992.

MARTINS, C. A.; GIRAFFA, L. M. M. **Formação do docente migrante digital para atuar com nativos digitais no ensino fundamental**. PUCRS. Porto Alegre, p. 13. 2008.

MATTHEWS, M. R. **História, filosofia e ensino de ciências: A tendência atual de reaproximação**. Universidade de Auckland. Auckland. 1995.

MEDINA, M. N.; BRAGA, M. O teatro como ferramenta de aprendizagem da Física e de problematização da natureza da Ciência. **Cadaderno Brasileiro do Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 313- 333, agosto 2010.

MELO, M. R.; COSTA, E. L. **Transposição didática de metodologia de ensino com ênfase ctsa na licenciatura de química da UFS**. UFS. São cristovão, p. 13. 2012.

MEMBEIA, P. **Una revision del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias**. Madrid: S.A. de Ediciones Narceia, 2001.

MORAES, A. **A Astronomia no Brasi**. IAG/USP. São Paulo. 1984.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOURÃO, R. R. D. F. **O livro de Ouro do Universo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

NASCIMENTO, E. L. Interação em sala de aula: Transposição didática de gêneros orais do argumentar. **Revista Brasileira de Educação**. N.º 11, maio/jun/jul/agosto 1999. 5-16.

NOGUEIRA, S.; CANALE, J. B. **Coleção explorando o ensino- Astronomia**. Brasília: Ministério da Educação, 2009.

OLIVEIRA, K. D.; SARAIVA, M. D. F. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no ensino médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, p. 23-48, 2000.

PALACIOS, E. M. G. et al. **Ciência, Tecnologia y Sociedad: una aproximación conceptual**. Organización de estados Iberoamericanos. [S.l.], p. 165. 2001. (1).

PALFREY, J.; GASSER, U. **Nascidos na era digital: Entendendo a primeira geração dos nativos digitais**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da Física. **Caderno Catarinense de Física**, p. 229-253, 1997.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do pensamento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 93-114, 2002.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

PINHO ALVES, J. D. Regras de transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **caderno catarinense do ensino de física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-182, agosto 2000.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. **De On the Horizon**, NCB University Press, Bingley, v. 09, n. 05, Outubro 2001.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: Obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, v. 01, n. número especial, novembro 2007.

RICARDO, E. C.; COSTA, I. F. D.; SILVA, R. D. C. E. D. **O ensino das Ciências no nível médio e a tecnologia: Um estudo de caso sobre as dificuldades e as concepções dos professores**. Snef. [S.l.]. 2007.

SANTOS, M. D.; SCARABOTTO, S. D. C. D. A.; MATOS, E. L. M. **Imigrantes e nativos digitais: Um dilema ou desafio na educação?** PUCPR. Curitiba, p. 11. 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental : A proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigação em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SCHWARZELMÜLLER, F.; ORNELLAS, B. **Os objetos digitais e suas utilizações no processo de ensino-aprendizagem**. [S.l.]: [s.n.], 206.

SILVA, C. C.; PIETROCOLA, M. **O papel estruturante da matemática na teoria Eletromagnética: Um estudo histórico e suas implicações didáticas**. São Paulo. 2003.

SILVA, Í. B. D.; TAVARES, O. A. D. O. Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem da Física. **Holos**, Natal, n. 21, p. 4-12, maio 2005.

SIQUEIRA, M. R. D. P. **Professores de física em contexto de renovação curricular : Saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. USP. São Paulo, p. 203. 2012.

TORRE, A. C. D. L. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educación en Ciências**, p. 70-71, 1998.

VERDET, J. P. **O céu, mistério, magia e mito**. [S.l.]: Objetiva, 1987.

VINICIUS MUNHOZ FRAGA, P. C. M. S. Blog como recurso didático pedagógico no ensino de ciências: as tecnologias de ensino na era dos nativos digitais. **IFRJ**, 2011.

ZANETIC, J. **Evolução dos Conceitos da Física**. São Paulo: edusp, 2004.

