



## **ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Ariovaldo Carboni

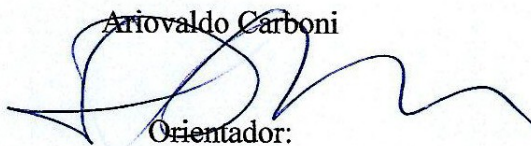
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Dr. Sérgio Dias Campos

Sorocaba  
Dezembro de 2016

# ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ariovaldo Carboni

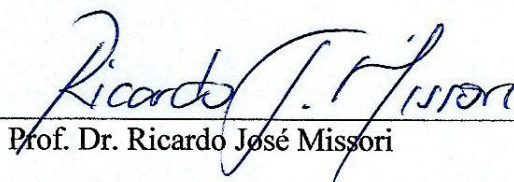


Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Dias Campos

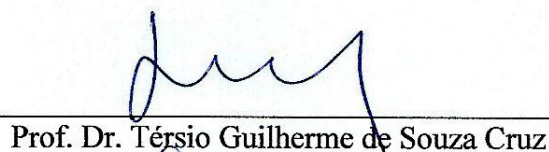
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, campus de Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



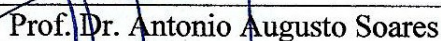
---

Prof. Dr. Ricardo José Missori



---

Prof. Dr. Tércio Guilherme de Souza Cruz



---

Prof. Dr. Antonio Augusto Soares

Sorocaba  
Dezembro de 2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

Carboni, Ariovaldo

Astronomia no Ensino Médio: Uma Proposta de Sequência Didática / Ariovaldo Carboni - Sorocaba: USCAR /PROFIS, 2016. 172 f.

Orientador: Sérgio Dias Campos  
Dissertação (mestrado) – UFSCAR / PROFIS / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

Referências Bibliográficas: f. 98-103.

1. Ensino de Física. 2. Astronomia. 3. Sistema Solar e Evolução Estelar. I. Sérgio Dias Campos. II. Universidade Federal de São Carlos, CCTS - Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Uma Proposta de Sequência Didática.

Dedico esta dissertação a minha família que me apoiou em todos os momentos.



## **Agradecimentos**

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Aos meus professores pelas aulas inspiradoras, ao meu orientador Sérgio Dias Campos, que me incentivou em todas as reuniões me direcionando e auxiliando no desenvolvimento desta dissertação. Aos alunos da Escola Dr. Afonso Vergueiro que participaram deste projeto e aos meus colegas de trabalho que sempre me incentivaram.

# RESUMO

## ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ariovaldo Carboni

Orientador:  
Dr. Sérgio Dias Campos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

As aulas de Astronomia no ensino médio, geralmente são utilizadas apenas para elucidar alguns temas de física quando poderiam ser abordadas de maneira a fazer com que o aluno aprendesse física pela Astronomia. A Astronomia já não é uma disciplina curricular há muito tempo, mas faz parte do currículo de física e pode ser ensinada aos alunos do ensino médio através do tema estruturador Universo, Terra e Vida. Neste trabalho foi desenvolvida uma sequência didática que aborda como tema o Sistema Solar e Evolução Estelar, para ser aplicada na série inicial do ensino médio. Nossa intenção é disponibilizar para o professor resultados de um estudo de que é possível fazer com que as aulas de Astronomia sejam atraentes aos alunos, incentivadoras e que prendam os alunos a física. As atividades propostas são baseadas em várias metodologias de ensino que se encaixam de acordo com o conteúdo a ser trabalhado tornando as aulas mais descontraídas, onde o aluno deixa de ser mero coadjuvante e se torna parte essencial da aula. No desenvolvimento do projeto foi possível perceber que vários alunos que a princípio estavam relutantes, cederam à metodologia proposta pela sequência didática, participando espontaneamente do projeto. Notamos também, após a análise dos resultados com dados qualitativos, que os alunos se mostraram mais empenhados nos processos de ensino, facilitando o desenvolvimento das habilidades propostas, garantindo as competências necessárias ao fim do processo.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia, Metodologias de Ensino, Formação de professores.

Sorocaba  
Dezembro de 2016

## **ABSTRACT**

### **ASTRONOMY IN MIDDLE SCHOOL: A PROPOSAL FOR DIDACTIC SEQUENCE**

Ariovaldo Carboni

Supervisor:  
Dr. Sérgio Dias Campos

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Astronomy classes in the high school, are usually used only to elucidate some physical issues when they could be addressed in a way to make students learn physics using astronomy. Astronomy is no longer a curricular subject for a long time, but belongs of the physics curriculum and can be taught to high school students through the structuring theme Universe, Earth and life. This work developed a didactic sequence that addresses the theme the Solar System and Stellar Evolution, to be applied in high school initial series. Our intention is to provide the teacher a study that it is possible to make the astronomy classes attractive to students, boosters and able to keep students intrested in physics. The proposed activities are based on many teaching methodologies that fit according to the content to be worked making more relaxed classes, where the student is no longer mere supporting and becomes an essential part of the process. In the project development was revealed that several students who at first were reluctant, yielded to the methodology proposed by the didactic sequence, spontaneously started to participate. We also noted, after the analyses of the results with qualitative data, that students were more engaged in the learning process, facilitating the development of the proposed abilities, ensuring the skills needed to finish the process.

Keywords: Astronomy Teaching, Teaching Methodology, Teacher training.

Sorocaba  
December of 2016

## Sumário

Capítulo 1	Introdução geral	1
1.1	Parâmetros curriculares Nacionais PCN	1
1.2	Cadernos do currículo do estado de São Paulo	2
1.3	BNCC	4
1.4	Status Quo da área de ensino de Astronomia no ensino médio	5
1.4.1	O ensino de Astronomia no Brasil	5
1.4.2	O ensino de Astronomia no ensino médio	6
1.5	Proposta de sequência didática	8
Capítulo 2	Metodologias utilizadas	10
2.1	Introdução	10
2.2	História da Ciência	12
2.3	Experimentação	12
2.4	Física Moderna e Contemporânea (FMC)	13
2.5	Interdisciplinaridade	14
2.6	Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)	14
2.7	Cinema	15
2.8	ReSoluções de problemas de lápis e papel	16
2.9	Teatro e literatura	17
2.10	Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)	18
Capítulo 3	Aspectos Físicos abordados no produto	20
3.1	Introdução	20
3.2	Leis de Kepler e Gravitação Newtoniana	21
3.2.1	Leis de Kepler	21
3.2.2	Gravitação Newtoniana	25
3.3	Equilíbrio Hidrostático	29
3.4	Gases Ideais	32
3.5	Clusters e Evolução na Sequência Principal	33
3.6	Estágios Finais	36
Capítulo 4	Proposta de sequência didática	40
4.1	Introdução	40
4.2	A Sequência didática	41
Capítulo 5	Análise dos resultados de aplicação da sequência didática	52
5.1	Introdução	52
5.2	Resultados das atividades propostas	52
5.3	Análise da avaliação final	73
5.3.1	Análise das questões propostas	76
5.4	Análise da proposta pelos alunos	88
Capítulo 6	Conclusões finais	93
	Referências Bibliográficas	98
Apêndice A	Produto Proposta de Sequência Didática para o Ensino Médio	103
Apêndice B	Avaliação Final do Projeto	137
Apêndice C	Apresentação de Slides – Berçário de Estrelas	140
Anexo A	Texto de apoio – As Estrelas gigantes e supergigantes	144
Anexo B	Artigo Científico – Astronomia – A Lua e suas fases	153
Anexo C	Apresentação de Seminário desenvolvido por alunos	162

# Capítulo 1

## Introdução geral

Neste trabalho será apresentada uma Sequência Didática como produto desenvolvido e voltado para o Ensino de Astronomia dentro do contexto das aulas de Física no Ensino Médio em uma Escola Estadual no interior do Estado de São Paulo. A sequência apresentada consiste de 30 aulas com 18 atividades distintas, porém interligadas, que se articulam entre as competências, conhecimentos e estratégias, desenvolvidas com metodologias diversificadas e atraentes ao alunado em geral.

O Ensino de Astronomia é tratado em documentos oficiais que serão abordados ao longo desta introdução. Da mesma forma, a literatura específica da área contempla diversas sequências e/ou experimentações.

### 1.1 Parâmetros Curriculares Nacionais PCN

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), os jovens de hoje preocupam-se frequentemente com os enigmas da vida e do universo, portanto é de grande importância propiciar-lhes uma visão diversificada das ciências que permita, através de instrumentos que os direcionem às mais recentes descobertas científicas para que possam compreender e admirar a grandiosidade do nosso universo.

Existe uma proposta de desenvolvimento do tema Astronomia com o título Universo, Terra e Vida (BRASIL, 2002), que é seguido pelo caderno de física do estado de São Paulo e mais recentemente pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC) (BRASIL, 2016).

Ainda de acordo com os PCN (BRASIL, 1999) o tema de Astronomia é uma atualização necessária dos conteúdos de física, que deveria sistematizar ideias gerais sobre o universo, e não simplesmente aulas inseridas esporadicamente.

## 1.2 Cadernos do currículo do estado de São Paulo

O caderno foi criado no intuito de auxiliar o professor no desenvolvimento do currículo Oficial do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2012), de acordo com o programa Educação – Compromisso de São Paulo, que a princípio seria um apoio à implementação do currículo (SÃO PAULO, 2014) acabou se tornando de utilização obrigatória.

Devido à existência de erros conceituais, sua utilização se torna às vezes injustificada. Numa análise do caderno de física volume 2 do primeiro ano do ensino médio, foi possível perceber, por exemplo as situações abaixo:

No Caderno de Física do primeiro ano do ensino médio, a situação de aprendizagem 1, intitulada “Um Passeio Pela Nossa Galáxia”, inicia indagando o aluno sobre o universo, ficção científica, alienígenas e em seguida na situações que se sucedem (2 e 3), são abordadas as relações Sol, Terra e Lua e Sistema Solar, não havendo uma continuidade do assunto abordado na situação de aprendizagem 1 (SÃO PAULO, 2012), pois a quantidade de tópicos que podem ser desenvolvidos com as indagações iniciais não se encerram em uma aula como previsto.

Neste trabalho foram analisados os cadernos do aluno, utilizados por professores de ensino médio, que fazem parte do currículo do Estado de São Paulo. Além dos cadernos de Física, foram analisados os cadernos de Ciências dos anos finais do ensino fundamental (6º, 7º, 8º e 9º anos).

De modo geral, a abordagem em ciências é muito fragmentada no currículo do estado, pois os temas são abordados de modo não sequencial, muitas vezes até confundindo o estudante, como ocorre, por exemplo, no volume 1 do 7º ano, que pede que seja desenvolvido um móbil de uma constelação, sem que ao menos tenha sido definido o que é uma estrela. Como o aluno deveria entender a diferença entre uma estrela alfa e uma beta, sem ter claro o conceito de estrela?

Outro exemplo nessa mesma linha pode ser encontrado no volume 2 (SÃO PAULO, 2012) do 8º ano do caderno de ciências do ensino fundamental, onde aparecem figuras que podem confundir o aluno ao explicar as estações do ano. Na página 27 aparece uma figura do Sol centralizado e a Terra em uma órbita extremamente elíptica (figura 1).

É possível perceber na figura 1 a inclinação do eixo do planeta, podendo levar o estudante à ideia que mais perto é mais quente e mais longe é mais frio, porém a órbita elíptica do planeta não tem relação com as estações do ano, fazendo com que fenômeno possa ser interpretado de maneira incorreta.

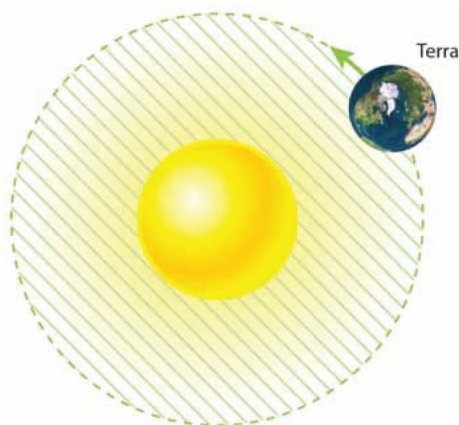
FIGURA 1 – Figura utilizada na página 27 do caderno do aluno, com demonstração de órbita elíptica.



Fonte: Caderno do aluno Ciências (2014).

A figura da órbita elíptica se contrapõe à figura mostrada na página 9 do mesmo caderno, onde a Terra orbita circularmente o Sol (figura 2).

FIGURA 2 – Figura utilizada na página 9 do caderno do aluno, com demonstração de órbita circular.



Fonte: Caderno do aluno Ciências (2014).

Tais figuras podem atrapalhar a interpretação dos fenômenos pelos estudantes, impedindo que cheguem a desenvolver as habilidades necessárias para o efetivo aprendizado.

Dentre os diversos erros conceituais em Astronomia encontrados nos livros analisados, os mais comuns, relativos a conteúdos sobre estações do ano; Lua e suas fases; movimentos e inclinação da Terra; representação de constelações; estrelas; dimensões dos astros no Sistema Solar; número de satélites e anéis em alguns planetas; pontos cardeais; características planetárias; aspectos de ordem histórica e filosófica relacionados com Astronomia. (LANGHI; NARDI, 2007).

Erros conceituais como os apontados por Langhi e Nardi, podem criar confusão na cabeça do estudante que dificilmente será corrigida no futuro, impedindo a compreensão correta dos fenômenos abordados, pois é neste estágio cognitivo que ocorre a assimilação e acomodação das informações (PIAGET, 1976).

### **1.3 BNCC**

A base nacional curricular comum (BNCC) é “uma exigência, colocada para o sistema educacional brasileiro pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional” (BRASIL, 2016, p. 24) desenvolvido pelo Ministério da Educação que tem como princípio desenvolver uma base curricular nacional que deverá ser implantada em todo o território brasileiro e conta com o apoio de professores tanto da rede pública quanto privada para análise e críticas contribuindo para uma educação de qualidade.

Segundo a base nacional curricular comum (BNCC) (2016 p.137) “...é necessário estabelecer relações entre os conhecimentos científicos e a sociedade, reconhecendo fatores que podem influenciar as transformações de uma dada realidade”.

A intenção de desenvolver uma sequência didática para o ensino de Astronomia no ensino médio surgiu da quase ausência de material didático relacionado ao tema. Tanto livros didáticos quanto o currículo do estado de São Paulo têm uma abordagem fragmentada sobre o tema. Apenas um ou outro tópico de Astronomia está inserido no conteúdo de ciências.



Como a base Nacional curricular comum ainda não foi implantada faz-se necessário o desenvolvimento de um ensino com significado, centrado no aluno e que aumente sua vontade de aprender estimulando sua curiosidade e seu desejo de conhecer coisas novas.

Nosso produto tem como finalidade desenvolver uma sequência que seja capaz de resgatar a vontade e o interesse de aprender, mostrando que o conhecimento é fundamental e acima de tudo muito agradável e sempre tem um propósito. Uma possibilidade visível em nosso produto é a demonstração de como o mundo tecnológico em que vivem pode ser utilizado como importante ferramenta para tornar o ensino muito mais atrativo e significativo.

## **1.4 Status Quo da área de ensino de Astronomia no ensino médio**

### *1.4.1 O ensino de Astronomia no Brasil.*

O ensino de Astronomia no Brasil nas décadas de 60 e 70 era oferecido como disciplina optativa na maioria das Universidades do país (BRETONES, 1999), que dificultava a formação de profissionais para trabalho com a educação básica, pois poucos eram aqueles que faziam Astronomia como disciplina optativa.

Em 1998 foi criado na USP o bacharelado em física com habilitação em Astronomia. O que foi muito importante, pois seria possível aprofundamento em Astronomia com disciplinas regulares, possibilitando a formação de profissionais capacitados e acabando com o problema da falta de profissionais qualificados, tornando o instituto de Astronomia mais visível para a comunidade (BRETONES, 1999). Porém uma quantidade muito pequena de profissionais se formava, não suprimindo a defasagem existente.

Atualmente poucas são as instituições oficiais que possuem Astronomia como disciplina em seu currículo, como por exemplo, o Observatório do Valongo, um Instituto do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), oferece os cursos de graduação e pós-graduação em Astronomia. De acordo com os parâmetros

curriculares nacionais (BRASIL, 1999) a Astronomia é parte integrante do currículo de ciências não sendo abordado em outros cursos superiores de graduação (LANGHI; NARDI, 2009), fazendo com que a formação de profissionais na área seja bem deficitária.

Existem alguns cursos de formação continuada para profissionais que já trabalham em sala de aula, mas tais cursos também precisam de apoio para preparar professores, não só ensinando Astronomia, mas ensinando a dar aula de Astronomia (LANGHI; NARDI, 2009).

#### *1.4.2 O ensino de Astronomia no ensino médio.*

O ensino de Astronomia no ensino médio é apenas uma pequena fração do curso de física, que como visto nos documentos oficiais (PCN e BNCC) é apresentado em um tema norteador, Universo, Terra e Vida, porém pouco explorado por professores, seja pela deficiência em sua formação ou em livros didáticos mal elaborados (LANGHI; NARDI, 2005).

O ensino básico em geral necessita passar por mudanças metodológicas profundas devido à necessidade de se adequar a uma geração que não se interessa mais por um ensino pautado em giz e lousa ou simplesmente memorização de equações (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). Essa geração, que inclui as chamadas gerações Y e Z<sup>1</sup>, nasceu em um mundo tecnológico, isto é, são pessoas que vivem rodeadas de tecnologia o dia todo e das mais variadas maneiras possíveis, indo desde o celular a games e computadores (PRENSKY, 2001).

Os professores, em sua grande maioria, ainda estão muito relutantes em modificar suas aulas e evoluir com seus métodos de ensino, principalmente porque têm muita dificuldade em se adequar às novas tecnologias (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003), fazendo com que os alunos se sintam desmotivados e sem interesse pelas aulas.

Quando se fala em física na sala de aula logo se pensa em um professor com a lousa cheia de equações e resoluções matemáticas, a maioria dos alunos em geral desmotivados acaba por não conseguir assimilar com o grau

---

<sup>1</sup> Entende-se geração Y por pessoas que nasceram após 1978 e geração Z pessoas que nasceram após 1989 (XAVIER, 2011).

de profundidade necessário o que está sendo exposto, apresentando, ainda, muita dificuldade para trabalhar em grupo (SANTOS; SCARABOTTO; MATOS, 2011).

A Astronomia é uma ciência que possui um enorme potencial de envolvimento com os alunos desde que seja abordada de uma maneira que faça sentido para eles, pois as gerações Y e Z que estão nas escolas estão habituadas a uma velocidade de apresentação das informações muito grande, porém quase sempre de modo superficial. Desta forma, estas gerações acabam tendo uma tendência a perder o foco de concentração muito facilmente sendo, portanto, altamente necessário que o professor desenvolva uma metodologia que motive esse aluno, tornando o ensino mais significativo (MARTINS; GIRAFFA, 2008).

Pela rápida exposição anterior percebe-se, então, a necessidade de um ensino que seja capaz de motivar os estudantes, que consiga transmitir o conhecimento necessário para o entendimento dos fenômenos físicos e astronômicos que ocorrem a todo o momento ao redor dos alunos. Partindo dessa necessidade, os professores devem continuamente buscar capacitações que envolvam técnicas de ensino-aprendizagem que lhes tragam uma nova visão sobre o ensino de física e que possam perceber que não é mais possível uma aula de física nos moldes tradicionais (MARTINS; GIRAFFA, 2008).

A aula de Astronomia deve ser vista como algo conexo com o mundo dos estudantes, o mundo tecnológico de hoje, com internet e celulares multifunções (ALMEIDA, 2009) fazendo parte da vida do aluno. Cabe ao professor fornecer os meios necessários para que esse aluno perceba que a física faz parte de toda a evolução tecnológica que está acontecendo, que participa da realidade do estudante e está em todos os lugares, não simplesmente em sala de aula e isolada do mundo (ÉVORA, 2001).

A própria física passou por uma série de mudanças no último século, muito do que se conhecia de física foi reformulado, reorganizado e transformado numa nova física chamada de física moderna e contemporânea. A física clássica de Isaac Newton e Galileu Galilei, ainda hoje é ensinada em sala de aula como a física mais importante de todas, mas está muito distante da realidade dos alunos (SIQUEIRA, 2012). Por exemplo, a cinemática é vista como algo difícil devido à necessidade que os alunos veem de decorar

tantas fórmulas e resoluções extensas, onde as situações colocadas pelos professores também não conseguem chamar atenção, pois o tema não faz parte da realidade dos alunos.

Num cenário hipotético, imaginemos que em uma aula o professor abordasse o celular, seu funcionamento, como foi desenvolvido, quais os avanços tecnológicos necessários para se chegar a esse aparelho que tem tantas funções e cabe na palma da mão. Nesse momento o professor teria com certeza toda a atenção dos alunos, pois o celular faz parte da vida deles e provavelmente, jamais pensaram em uma ligação do celular com a física (DÍAZ, 2004).

Esse é um dos possíveis caminhos que o professor tem que criar e trilhar nas salas de aula, pois assim a física ganha sentido na visão do aluno e faz com que surja a possibilidade de desenvolver o conteúdo com outros olhares, um olhar investigativo, curioso, por ter uma relação com a realidade do estudante (ÉVORA, 2001).

De acordo com Bruner (1965) pode-se ensinar qualquer conteúdo a qualquer estudante, desde que seja respeitado seu estado de desenvolvimento cognitivo, mas de uma maneira coerente e verdadeira. O aprendizado em espiral proposto por Bruner, diz que o tema será novamente abordado, mas em um nível acima, aprofundando o conhecimento do estudante, respeitando uma ordem e não para explicar algo que não fora explicado anteriormente.

## **1.5 Proposta de sequência didática**

A sequência didática é “considerada como um conjunto de sequências de atividades progressivas, planejadas, guiadas ou por um tema, ou por um objetivo geral, ou por uma produção de texto final” (MACHADO; CRISTOVÃO, 2006).

Pensando na necessidade de fazer com que o tema escolhido fizesse parte da realidade dos alunos, escolhemos como produto para esse trabalho o desenvolvimento de uma sequência didática que auxilie o professor em suas aulas. O tema escolhido foi Astronomia, pois além de ser muito interessante tanto do ponto de vista didático quanto de divulgação científica, faz com que os alunos fiquem empolgados com a possibilidade de entender o funcionamento

do universo que os cerca, tornando o ensino de física significativo (MOREIRA, 2005).

A sequência didática por nós desenvolvida teve como tema principal a Astronomia abordando o Sistema Solar e Evolução Estelar. As atividades desenvolvidas tinham o intuito de dar um sentido a novos conhecimentos (MOREIRA, 2016), organizando as ideias e explorando o conhecimento prévio do aluno.

As atividades ou situações-problema foram selecionadas de maneira a tornar o ensino significativo para o estudante, estimulando a busca por respostas.

Nossa sequência didática utilizou metodologias cuidadosamente escolhidas de maneira a explorar as transposições didáticas facilitando o entendimento do estudante e consolidando o novo conhecimento adquirido. A cada atividade o grau de complexidade aumentava levando o aluno a buscar as respostas, não por obrigação, mas por vontade de conhecer mais.

Ao final do trabalho espera-se que o aluno tenha adquirido um conhecimento significativo e crítico e que o leve para a vida.

Tendo em vista o propósito deste trabalho, apresentamos a sequência de desenvolvimento como se segue. No capítulo 1 apresentamos as metodologias utilizadas por nós como forma de abordagem e entendimento do problema, dando ênfase à Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). No capítulo 2 é colocada a proposta didática, com as atividades aplicadas deixando claras as vantagens da utilização de uma metodologia diversificada, criando uma atmosfera de interesse e participação dos estudantes. No capítulo 3 temos a análise dos resultados de aplicação da sequência didática, onde é possível perceber a diferença de resultados entre uma metodologia de giz e lousa utilizada no grupo de controle e as metodologias utilizadas neste projeto. No capítulo 4, serão apresentadas as conclusões e comentários críticos, demonstrando a importância da diversificação no ensino de física.

## Capítulo 2

### Metodologias utilizadas

#### 2.1 Introdução

Ao contrário do que muitos pensam, as primeiras observações astronômicas no Brasil começaram a ser realizadas muito antes mesmo dos portugueses chegarem ao nosso país. Alguns povos indígenas costumavam realizar observações astronômicas rudimentares para auxiliar na caça, na pesca e inclusive na agricultura.

Várias são as inscrições rupestres, encontradas em diversas regiões do Brasil, que comprovam o conhecimento e a utilização de observações celestes como importantes fatores na cultura indígena e, de acordo com Langhi e Nardi (2009), foram encontrados sítios arqueológicos que demonstram que pessoas que viviam no Brasil entre 7.000 a 4.000 anos atrás se utilizavam dessas observações, como pode ser visto em gravuras rupestres na região Nordeste do Brasil. A própria BNCC (BRASIL, 2016) comenta da obrigatoriedade de se abordar a cultura indígena, o que é possível num contexto histórico sobre o desenvolvimento da Astronomia no Brasil.

Segundo Galdino (2011), alguns grupos indígenas se apoiavam na observação de constelações como Órion e Escorpião para identificar as estações do ano, essas escolhas eram específicas devido à posição que ocupavam no céu, para poderem se situar no território durante o ano.

No período colonial, os jesuítas foram os primeiros a lecionar Astronomia no Brasil (BRETONES, 1999), porém a coroa portuguesa não permitiu que continuassem o ensino que era pautado sobre o Ratio Studiorum. Esse método de ensino foi elaborado pelos jesuítas no final do século XVI, onde a Astronomia fazia parte do chamado quadrivium (Aritmética, Geometria, Astronomia e Música).

Somente após a vinda de Dom João VI é que a Astronomia voltou a fazer parte do ensino nacional. Como marco histórico, pode-se dizer que apenas em 1827, com o estabelecimento do Observatório Nacional, é que a

Astronomia de fato surgiu no país, com o objetivo de manter uma hora oficial para a navegação<sup>2</sup>.

Mas foi no período da República que o ensino de Astronomia começou a ser um curso regular (MORAES, 1984). Em 1958 foi criado o primeiro curso de graduação em Astronomia do Brasil, na antiga Universidade do Brasil (BRETONES, 1999). Nas décadas de 60 e 70 do século XX, a Astronomia foi deixando de ser uma disciplina regular e passou a compor, como parte optativa, a grade de outros cursos de graduação.

Hoje, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), a Astronomia está inserida nas disciplinas de Ciências do ensino fundamental e Física do ensino médio.

No âmbito da *educação básica*, as escolas de educação infantil, ensino fundamental e ensino médio atuam de modo formal no papel de instituições que promovem o processo de ensino/aprendizagem de conteúdos de Astronomia, embora de modo reduzido, e muita vez até nulo, como mostram os resultados das pesquisas da área de educação em Astronomia. Sejam estes conteúdos sugeridos por órgãos e documentos sociais (Secretarias de Educação, Ministérios, Referenciais Curriculares para a Educação Infantil, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental e Médio Orientações Curriculares Nacionais, etc.), sejam administrados por opção de professores comprometidos com sua formação continuada individual, alguns elementos de Astronomia podem vir a estar presentes nas aulas de ciências ou de física. (LANGHI; NARDI, 2009)

Atualmente, com o tema estruturador Universo, Terra e Vida, proposto nos PCN, percebe-se uma tentativa de resgate da Astronomia no ambiente escolar, ainda que de maneira bem modesta (HOSOUME; LEITE; CARLO, 2010).

Tendo em vista essa discussão, existe uma ampla variedade de estudos envolvendo novas metodologias, técnicas e formas de ensinar física. Entre essas metodologias podemos elencar: história da ciência, experimentação, Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), Física Moderna e Contemporânea (FMC), Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), interdisciplinaridade, resolução de problemas em lápis e papel, cinema e literatura.

---

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/cda/ser-astronomo/node1.htm>. Acesso em 25 ago. 2015.

Cada uma das metodologias citadas acima não devem ser consideradas como cartilhas a serem seguidas, mas como ampla gama de possibilidades de desenvolvimento do seu trabalho. Determinados assuntos requerem uma metodologia específica como, por exemplo, resolução de problemas em lápis e papel, onde será muito difícil fugir da metodologia de resolução padrão. Mas também existem outras atividades que podem ser desenvolvidas utilizando simulações, cinema, debates, conforme a visão do professor.

A atitude do professor como educador é fundamental para o desenvolvimento de uma boa metodologia de ensino, pois ao aluno devem ser fornecidas ferramentas que o auxiliem a entender que a física está dentro e fora da escola.

## **2.2 História da Ciência**

Usar a História da Ciência como introdução para um tema de física pode ser uma ferramenta muito útil ao ensino, desde que bem desenvolvida em sala de aula (MATTHEWS, 1995). O fato histórico é um excelente artifício para envolver os alunos e fazer com que tenham uma visão real e diversificada da física, que pode ser aplicada no dia a dia e ainda mais, que a física vem ao encontro do desenvolvimento e evolução da civilização. Utilizando a história recorrente é possível esclarecer sua necessidade hoje (ZANETIC, 2004).

## **2.3 Experimentação**

Por outro lado, a experimentação é fundamental no ensino de física (PINHO ALVES, 2000). Porém deve ser feita de maneira que os alunos não recebam tudo pronto como simplesmente uma receita de bolo (laboratório tradicional) (PINHO ALVES, 2000). A experimentação deve ser um processo investigativo onde o aluno se sinta impelido a tentar descobrir o fenômeno que está por acontecer e não simplesmente uma análise de dados pré-programados para comprovar uma teoria (laboratório divergente).

Utilizar o experimento de maneira com que o estudante interaja com o sistema, procure respostas e desenvolva hipóteses é desenvolver muito mais



que uma aula de laboratório. Na verdade, é proporcionar ao estudante um contato real com o Método Científico, isto é, com planejar, experimentar e concluir algo sobre o que se está fazendo. Este é um aprendizado que será levado para toda a vida, permitindo ao estudante uma postura mais crítica e racional diante de problemas cotidianos. Essa talvez seja a contribuição mais importante das aulas experimentais, mas para que seja possível é necessária uma postura proativa, isto é, de buscar maneiras de ensino que realmente cativem os estudantes.

## **2.4 FMC**

Ensinar FMC é um dos maiores desafios que os professores de física enfrentam. O tema em si exige um alto grau de abstração, que os alunos de ensino médio não possuem (OSTERMANN; MOREIRA, 2000). Os professores têm dificuldade em desenvolver o tema em sala de aula, pois lhes falta domínio do conteúdo, em grande parte pela deficiência em suas formações, talvez pelo tema não ter sofrido transposição didática e ainda ser deixado em segundo plano (OSTERMANN; MOREIRA, 2001).

A FMC pode ser considerada uma metodologia de ensino partindo do ponto de vista que seja capaz de despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano, proporcionar contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não estudam nenhuma Física além de 1900. E principalmente atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Para que o aluno se interesse por FMC é necessária uma abordagem completamente diferente das propostas de giz e lousa utilizadas em física clássica. Desenvolver a FMC em sala de aula de maneira diversificada torna possível relacionar a tecnologia que está ao redor do aluno o tempo todo com as teorias físicas (OSTERMANN; MOREIRA, 2000), fazendo com que o estudante se conecte com sua realidade (TORRE, 1998).

Outro motivo importante que justifica o desenvolvimento de FMC no ensino médio é a curiosidade que imprime aos alunos (OSTERMANN;

MOREIRA, 2000), pois entrarão em contato com as ideias que revolucionaram o século XX, causando a evolução tecnológica que ocorre a todo o momento.

## **2.5 Interdisciplinaridade**

Interdisciplinaridade como metodologia de ensino também pode trazer resultados positivos em relação à aprendizagem dos estudantes. Porém existe uma grande dificuldade em definir interdisciplinaridade. Para Junior e Silva (2011) o trabalho interdisciplinar pode ser feito com professores diferentes, de disciplinas diferentes, trabalhando um mesmo tema em conjunto. Silva e Tavares (2005) percebem interdisciplinaridade como um trabalho possível de ser desenvolvido por um único profissional que aborde o tema com diferentes olhares, o olhar físico, o olhar químico e o olhar matemático, por exemplo.

Essa diferença na definição de interdisciplinaridade não impede que seja desenvolvido um trabalho de qualidade com os estudantes. Podendo ser desenvolvido por um único professor assim como por um grupo de professores, bastando que os profissionais envolvidos desenvolvam com seus alunos um método que os leve ao aprendizado do tema proposto com a maior quantidade possível de relações interdisciplinares.

Um exemplo de interdisciplinaridade utilizado neste trabalho foi na aplicação de cálculos de anos-luz, onde a física trabalhou lado a lado com o desenvolvimento matemático da atividade.

## **2.6 TIC**

A Educação vem experimentando muitas mudanças nas últimas décadas, (A.MEDEIROS; MEDEIROS, 2002), seja pela nova geração de estudantes ou pelo avanço tecnológico nos aparelhos que estão disponíveis, que tendem a facilitar o trabalho de qualquer professor de rede pública que se encaixe às mudanças.

A utilização de tecnologias pode facilitar e muito o trabalho do professor, (SCHWARZELMÜLLER; ORNELLAS, 2006), pois os alunos já estão imersos nela vinte e quatro horas por dia. O envolvimento do aluno com a tecnologia é

natural, pois nascem, crescem e se desenvolvem em um mundo tecnológico, rodeados de informação e com muita facilidade de alcançá-la segundo Palfrey e Gasser (2011). Cabe então ao professor utilizar e aplicar metodologias que se encaixem nesse mundo tecnológico dos alunos e extrapolar para a realidade da sala de aula e conseqüentemente para o mundo, criando uma relação entre a física da sala de aula e o mundo tecnológico em que estão inseridos. De acordo com Fiolhais e Trindade (2003), um exemplo de envolvimento tecnológico, que pode fazer a conexão entre a física e a tecnologia, é a disponibilização e uso de materiais didáticos na rede. Através da internet é possível adaptar a tecnologia de informação com os conteúdos a serem desenvolvidos com os alunos. Com essa poderosa ferramenta, (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003), o professor aumenta a possibilidade de ser capaz de unir a física ao interesse dos alunos.

Dentre os recursos disponíveis na rede é possível utilizar simuladores, que trazem modelos muito próximos da realidade, aquisição de dados, através de computador e sensores de luz, áudio e movimento, entre outros.

O conjunto de recursos descritos acima constituem a hipermídia e são excelentes alternativas para desenvolver as competências e habilidades necessárias ao ensino da física, pois permitem que o aluno desenvolva a capacidade de lidar com alternativas simultaneamente.

De acordo com a proposta de aprendizagem de Bruner (1973), lidar com alternativas é um dos estágios de desenvolvimento cognitivo que leva ao verdadeiro aprendizado.

## **2.7 Cinema**

O cinema também pode ser considerado como uso de tecnologia em sala de aula, porém a abordagem feita pelo professor pode ser considerada como CTSA. Portanto o uso do cinema em sala de aula é mais um procedimento metodológico que uma metodologia (LUCKESI, 1992), a maneira com que se desenvolve o método.

No produto aplicado, algumas atividades desenvolvidas pelos alunos envolvem a utilização de filmes, sendo o aluno levado pelo professor a assistir

partes do filme. Em seguida são colocadas questões relacionadas aos fenômenos que estão ocorrendo na tela, que depois serão retomadas em uma roda de debate, onde os alunos discutirão tais fenômenos e produzirão um conhecimento baseado em suas observações e considerações do grupo como um todo.

## **2.8 Resoluções de problemas de lápis e papel**

A matemática ao ser utilizada em física sempre foi vista como obstáculo para o aprendizado do aluno (SILVA; PIETROCOLA, 2003) e os próprios professores pensam dessa maneira, culpando a matemática pelo baixo desempenho dos alunos durante o ano letivo. É necessário fazer com que os estudantes e os professores percebam o papel estruturador da matemática e que, de maneira oposta à que muitos professores pensam, não é uma simples ferramenta da física (PIETROCOLA, 2002). A matemática é capaz de demonstrar, estruturar o pensamento científico e compor os modelos físicos (SILVA; PIETROCOLA, 2003), dando sentido aos fenômenos físicos observados.

Resolução de problemas de lápis e papel é uma metodologia indispensável ao professor de física, que a todo o momento se depara com situações-problema que deve desenvolver com os estudantes (PEDUZZI, 1997). Muitas vezes o professor resolve o problema de maneira mecânica, deixando várias etapas do processo incertas aos estudantes e, com isso, muitas dúvidas ficarão expostas no desenvolvimento do problema. O modelo de resolução de Kramers-Pals e Pilot (1988) propõe quatro passos para a resolução de um problema em física: análise do problema, planejamento do processo de Solução, execução de operações de rotina e conferência da resposta e interpretação do resultado (PEDUZZI, 1997). Outra sugestão é proposta por Reif *et al.*(1976), que de maneira semelhante a Kramers-Pals e Pilot (1988) também possui quatro fases de desenvolvimento: descrição, planejamento, implementação e conferência. Quando desenvolvidas respeitando as etapas envolvidas, levam o estudante a compreender todo o processo desde a leitura do problema até o desenvolvimento das técnicas de resolução. Portanto o professor deve ser o especialista em resolução de

problemas de lápis e papel, seu método de resolução deve ser um modelo a ser seguido (PEDUZZI, 1997), pois se apresentar alguma deficiência no desenvolvimento dos problemas, com certeza o reflexo será percebido nos estudantes.

Em física, a resolução de problemas de lápis e papel é muito comum, como por exemplo no desenvolvimento de um cálculo de ano-luz, passo a passo, o estudante será capaz de relacionar o valor numérico do ano-luz com o resultado calculado em quilômetros, entendendo a informação presente na unidade ano-luz. Em seguida, Solicitar ao próprio aluno que calcule algumas distâncias em anos-luz e transformando-as em km, fazendo com que o conhecimento seja absorvido pelo aluno e com que a mecânica matemática seja dominada, descrevendo, planejando, implementando e conferindo (PEDUZZI, 1997).

## **2.9 Teatro e literatura**

O teatro e a literatura também podem ser utilizados como metodologias de ensino em física, sendo o teatro uma forma de interdisciplinaridade que pode ser entendida entre a física e a arte (MEDINA; BRAGA, 2010), trazendo para o ambiente escolar e principalmente para as aulas de física, uma diversificação muito grande no ensino. Tudo isso pode incentivar o aluno a ter interesse pela física, vendo-a com um olhar diferente, percebendo que faz parte de sua vida e não somente algo inatingível, com suas leis e cálculos. A literatura pode ser abordada aproveitando-se da falta de interesse que os alunos apresentam quando assistem aulas de física, química e biologia (RICARDO; COSTA; SILVA, 2007). A partir de um texto literário e uma leitura compartilhada, o professor poderá introduzir um conceito físico se aproveitando de um texto, parte de um livro ou até mesmo um artigo científico que desperte o interesse no aluno para que este possa compreender que existe física em outros lugares, participando de livros em histórias das mais variadas possíveis.

## 2.10 CTS e CTSA

Abordagem de ensino CTS teve origem no início dos anos 60 do século XX na Europa, quando se via a necessidade de modificar as relações de ensino que estavam sendo desenvolvidas em relação à Ciência e Tecnologia (PALACIOS *et al.*, 2001), pois importantes descobertas científicas e tecnológicas estavam interferindo em vários setores da sociedade, como na medicina e indústria. A ciência era vista como tendo um fim em si mesma, sendo ensinada pelo simples fato de que era necessário ensinar ciência, porém essa visão simplista do ensino de ciências já não era mais aceita, portanto deveria ser desenvolvida de maneira diferente, relacionando os avanços tecnológicos com a sociedade onde estaria inserida.

Essa metodologia tem como objetivo desenvolver no aluno uma alfabetização científica e tecnológica capaz de fazer com que se torne um cidadão crítico capaz de tomar decisões, ter participação efetiva nas discussões dos problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia e tomar decisões em prol da sociedade (MEMBEIA, 2001). O movimento CTS surge para fazer com que os currículos educacionais sejam reformulados e que abordem as relações entre Ciência Tecnologia e Sociedade, se preocupando com o desenvolvimento de uma educação científica formando cidadãos críticos e cientificamente letrados (MELO; COSTA, 2012).

Apesar de ter seu início nas décadas de 60 e 70, a abordagem CTS começou a ter força na década de 80, onde se percebeu a necessidade de uma metodologia de ensino que fizesse com que os problemas causados pela ciência e tecnologia pudessem ser entendidos pelos estudantes (SASSERON; CARVALHO, 2008) que até então tinham a ciência e tecnologia como sendo apenas uma fonte de desenvolvimento humano. Vários dos problemas causados pela evolução da ciência e tecnologia como, por exemplo, chuvas ácidas, poluição e lixo nuclear, não eram abordadas no ensino de ciências. Com a necessidade de se entender esses problemas e outros, a CTS começou a ganhar espaço acadêmico e ser aplicada no ensino de ciências.

Existe muita dificuldade na implantação da metodologia de ensino CTS (FOUREZ, 2003), tanto por parte do sistema, como por parte de professores e

alunos. O sistema de ensino deve perceber a necessidade de envolver o estudante, fazer com que se interesse por ciência e tecnologia por fazer parte de seu mundo e não por querer que o estudante veja ciências como algo distante que apenas mostre o pensamento dos cientistas. Os professores devem notar que o método clássico de ensino de ciências não se adequa mais às transformações que estão ocorrendo ao seu redor e torna-se necessário mostrar as relações das ciências e tecnologias com o meio em que vivem, só assim o ensino terá sentido (MELO; COSTA, 2012).

Alguns autores acreditam que, além de uma abordagem CTS é necessária uma abordagem CTSA, que relacione a ciência e a tecnologia à sociedade e seus impactos com o meio ambiente em que estão inseridos (RICARDO, 2007), pois as questões ambientais não podem ser deixadas de lado e devem ser levadas aos estudantes para que possam se posicionar e trazer respostas aos problemas criados pela evolução tecnológica, participando criticamente das questões sociais que possam surgir.

No presente trabalho várias atividades apresentam uma abordagem CTSA, que trazem a física para a realidade do aluno, fazendo relacionar o conteúdo aprendido com o seu redor, colocando de maneira coerente à sua realidade os assuntos abordados. Desta maneira, o aluno percebe a relação entre o seu dia a dia e a ciência que está sendo abordada, motivando e fazendo com que seu interesse aumente com o decorrer das atividades

Percebendo que o seu aprendizado está sendo significativo e que está aprendendo ciências para que possa aproveitar em diversas situações de sua vida social, deixando de lado aquele mito de que a física não tem relação nenhuma com a vida fora da escola.

No capítulo 4 são apresentadas as atividades desenvolvidas pelos estudantes, juntamente com uma análise crítica-descritiva de cada uma.

## Capítulo 3

### Aspectos Físicos abordados no produto

#### 3.1 Introdução

Deve-se sempre ter em mente que a Astronomia é um ramo da ciência que utiliza diversas áreas da física, que variam em grau de profundidade, para o estudo dos fenômenos físicos que ocorrem na formação de planetas, estrelas, galáxias etc. Dentre os temas gravitação, termodinâmica, óptica, reações físico-químicas, etc., ater-se-á aqui apenas ao conteúdo básico de gravitação e termodinâmica. Cabe lembrar neste ponto que há ótimos livros sobre estes temas e, em particular, boa parte do aqui exposto pode ser encontrado em *Astronomia e Astrofísica de Kepler de Souza* (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004).

O estudo das leis fundamentais da gravitação é um tema importante para o entendimento dos fenômenos astronômicos, pois com base nestas leis temos parte da explicação para a contração das nuvens moleculares, formação das estrelas e seus sistemas, formação das galáxias entre outros, comandando a dança do universo. Entrando como outra parte da explicação, temos as leis da Termodinâmica. Dessa forma, estes dois tópicos formam a base para o estudo da evolução dos astros e do próprio universo.

Inicia-se este capítulo explicitando as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton. Tem-se, então, a cinemática e a dinâmica do Sistema Solar. Na sequência, explicita-se a termodinâmica interna às estrelas, chegando-se ao Equilíbrio Termodinâmico. Ao final deste capítulo ainda expõe-se alguns tópicos relativos à transição e formação dos elementos químicos no interior de uma estrela típica.



## 3.2 Leis de Kepler e Gravitação Newtoniana

### 3.2.1 Leis de Kepler

Que força mantém a Terra orbitando o Sol? A Lua orbitando a Terra? A resposta a essa pergunta não é simples e levou alguns milhares de anos até que respostas cada vez mais elaboradas do ponto de vista científico começassem a ser formuladas. No princípio interessava a mera descrição do movimento dos corpos celestes: que movimento executaria a Terra em torno do Sol? Ou o Sol em torno da Terra? Aparentemente, atribuía-se à manutenção do Universo, basicamente, devido a alguma entidade divina. A entidade era a dinâmica do universo.

Como não poderia deixar de ser frente às observações que eram realizadas de modo cada vez mais sistemático e preciso, ao longo do tempo a posição da Terra foi variando no que hoje chamamos de Sistema Solar, mas que antes era todo o universo. Saímos da posição geocêntrica para a heliocêntrica no universo. Hoje sabe-se que a Terra não está numa posição privilegiada no universo e que, de fato, tal posição nem mesmo existe.

O fim do universo geocêntrico foi decretado por Johannes Kepler, que adota modelo heliocêntrico de Copérnico baseado no trabalho fantástico de observação de Tycho Brahe. Estas observações permitiram que Kepler estabelecesse um conjunto de leis que descrevia com perfeição o movimento dos corpos celestes. Esse cuidadoso trabalho foi descrito no livro de Kepler *Harmonicis Mundi*, de 1619.

Essa cinemática é elegantemente descrita por meio de três leis fundamentais, as Leis de Kepler. Estas leis são empíricas.

- Primeira Lei (Lei das Órbitas): As órbitas dos planetas em torno do Sol são elipses nas quais ele ocupa um dos focos.
- Segunda Lei (Lei das Áreas): A área descrita pelo raio vetor de um planeta (linha imaginária que liga o planeta ao Sol) é diretamente proporcional ao tempo gasto para descrevê-la.

- Terceira Lei (Lei dos Períodos): O quadrado do período da revolução de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua elipse orbital.

A Figura 3 mostra uma elipse com focos  $F_1$  e  $F_2$  e de origem  $O$ . O semieixo maior tem tamanho  $2a$  e o semieixo menor  $2b$ . A distância entre os focos é  $2c$ . Admitindo-se que o Sol ocupa o foco  $F_1$ , então tem-se que  $A$  é o afélio e  $A'$  é o periélio da órbita. Os raios  $d_1$  e  $d_2$  definem o raio orbital médio dado por

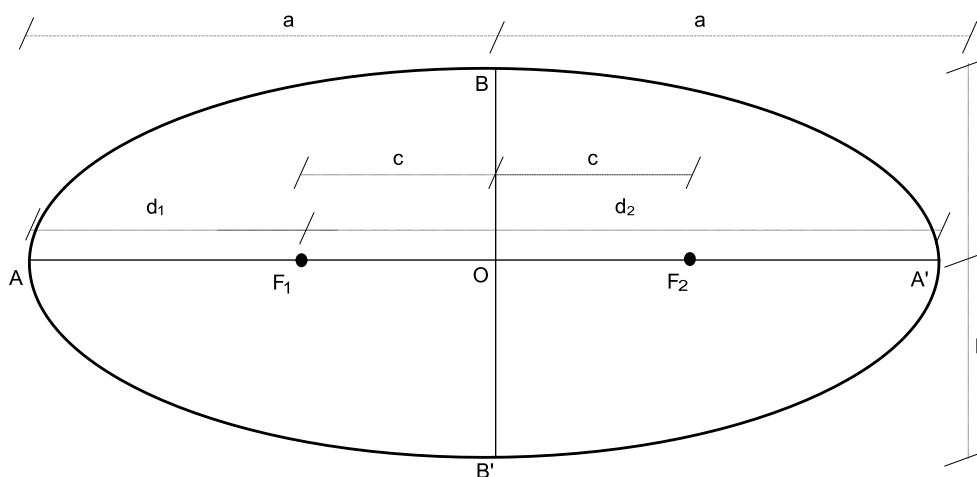
$$R = \frac{d_1 + d_2}{2}. \quad (1)$$

A excentricidade de qualquer elipse é medida por:

$$e = \frac{c}{a}, \quad (2)$$

e no caso de uma elipse  $c \in [0,1)$ . Para os planetas do Sistema Solar os valores de excentricidade são muito pequenos, o que explica o fato de sempre se acreditar que as órbitas fossem círculos perfeitos. A Tabela 1 mostra os valores calculados de excentricidade para os planetas do Sistema Solar.

FIGURA 3: Elipse excêntrica com dois focos equidistantes.



Fonte: O autor.

Tabela1: Valores de excentricidade calculados para o Sistema Solar.

Planeta	Excentricidade
Mercúrio	0,2056
Vênus	0,0068
Terra	0,0167
Marte	0,093
Júpiter	0,048
Saturno	0,056
Urano	0,046
Netuno	0,0097

Fonte: O autor.

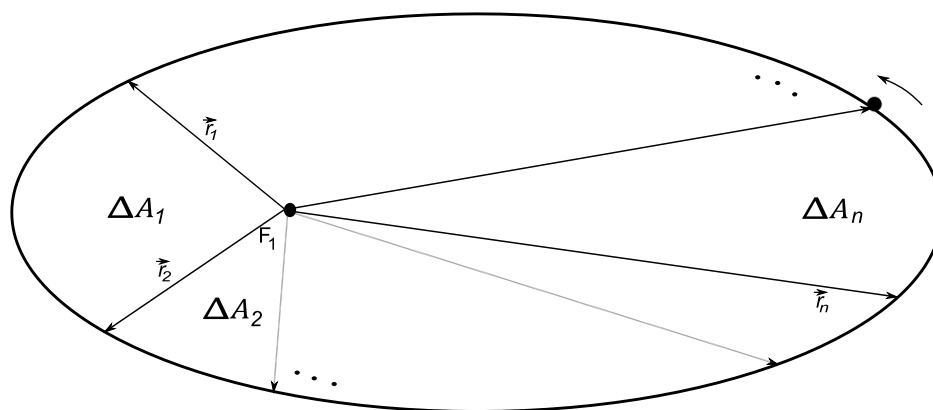
A Primeira Lei, aparentemente simples, põe fim a séculos de idealizações com base em formas geométricas perfeitas. O círculo, com todo o misticismo que traz em si, foi deixado de lado em nome da correta descrição do movimento dos astros em torno do Sol. Cabe notar, no entanto, que com base na Tabela 1 não é difícil ver como durante tanto tempo perdurou o movimento circular como sendo aquele correto. Apenas o planeta Mercúrio apresenta excentricidade notável.

Para o completo entendimento da Segunda Lei, é necessário definirmos a velocidade arelar

$$V_a = \frac{\Delta A}{\Delta t}, \quad (3)$$

onde  $\Delta A$  é a variação de área percorrida pelo raio vetor que liga o centro do planeta ao Sol num intervalo de tempo  $\Delta t$ . Na Figura 4 vemos a variação do movimento de um planeta ao redor do Sol, mantido no foco  $F_1$ . Cabe notar que esta figura foi feita excessivamente excêntrica apenas para efeito didático neste caso. Em geral, as órbitas são quase circulares.

FIGURA 4 : Segunda Lei:



Fonte : O autor

As áreas  $\Delta A_i$ ,  $i = 1, n$ , são tomadas nos tempos  $\Delta t_i$ . O que Kepler notou é que se

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n,$$

então vale

$$\Delta A_1 = \Delta A_2 = \dots = \Delta A_n.$$

A Terceira Lei pode ser mais bem compreendida por meio da Tabela 2. Considerando apenas os valores numéricos, isto é, tomando-os como adimensionais, vemos que a diferença entre o quadrado do período  $P$  e o cubo do raio médio  $R$  é bastante próxima de zero. Com isso, Kepler foi capaz de deduzir que

$$P = kR^3, \tag{4}$$

onde  $k$  é uma constante a ser determinada.

Estas três leis, mostradas aqui de modo bastante simplificado, são capazes de descrever o movimento dos planetas do Sistema Solar com grande exatidão. Porém, não são capazes de dizer a causa do movimento, que necessitaria ainda de quase meio século para ser enunciada por Isaac Newton, em 1666. A cinemática do Sistema Solar estava pronta. No entanto, o que causava esses movimentos? Que forças permitiam essa dança? Isto será visto na próxima seção.

Tabela 2: Relações entre períodos e distâncias dos planetas do Sistema Solar.

Planeta	T (dias terrestres)	R (km)	$\frac{P^2}{R^3}$
Mercúrio	88	$5,8 \times 10^7$	$4,0 \times 10^{-20}$
Vênus	224,7	$1,08 \times 10^8$	
Terra	365,3	$1,5 \times 10^8$	
Marte	687	$2,3 \times 10^8$	
Júpiter	4343,5	$7,8 \times 10^8$	
Saturno	10767,5	$1,44 \times 10^9$	
Urano	30660	$2,9 \times 10^9$	
Netuno	60152	$4,5 \times 10^9$	

Fonte: O autor.

### 3.2.2 Gravitação Newtoniana

Foi somente com a publicação do livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, de Isaac Newton, que a explicação da dinâmica do movimento celeste veio à tona. Essa explicação pode ser resumida por meio do conceito de força e de como ela atua e pode ser medida em um sistema qualquer. Por meio de três leis básicas, conhecidas como Leis de Newton, tem-se um mecanismo de cálculo e previsão de comportamento que não havia antes.

Antes de enunciar as leis é conveniente introduzir o conceito de referencial inercial. Segundo Albert Einstein, “um sistema de coordenadas K é escolhido de tal forma que, em relação a ele, as leis da física se apresentam com a forma mais simples, as *mesmas* leis são válidas em relação a qualquer outro sistema de coordenadas K' se movendo em translação uniforme em relação a K.” (EINSTEIN, 1954). Por translação uniforme deve-se entender com velocidade constante ou nula.

Com base nesse sistema de coordenadas especial, postula-se a Primeira Lei de Newton, ou Lei da Inércia, que estabelece: todo corpo em repouso tende a permanecer nesse estado com relação a um referencial inercial, a menos que uma força externa mude seu estado de equilíbrio. Que equivale a dizer que todo corpo em movimento retilíneo e uniforme tende a permanecer nesse movimento a menos que uma força externa mude seu estado de equilíbrio.

Note que neste postulado há a presença do termo força, sem definir-se matematicamente a mesma. Apenas há a consideração de que algo pode mudar o *status* de movimento de um objeto num referencial inercial, do repouso para o movimento retilíneo e uniforme e vice-versa.

A Segunda Lei de Newton, que é a lei fundamental da dinâmica, afirma que a força resultante sobre um corpo num referencial inercial é igual a taxa de variação temporal do momento linear sentido por este corpo.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (5)$$

onde  $\vec{F}$  é a força resultante e  $\vec{p}$  é o momento linear definido como

$$\vec{p} = m\vec{v}, \quad (6)$$

sendo  $m$  a massa do objeto e  $\vec{v}$  o vetor velocidade medido no referencial dado. Segue daí a conhecida expressão, admitindo-se a massa como constante

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}. \quad (7)$$

A equação acima é a base de toda a dinâmica newtoniana e para esse tipo de força vale o princípio da superposição:

$$\vec{F}_{1,res} = \sum_{i=2}^n \vec{F}_{1i} = \int d\vec{F}. \quad (8)$$

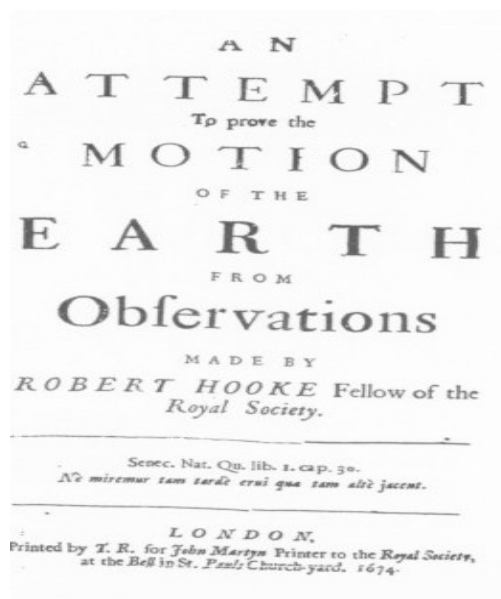
isto é, a força resultante sobre o corpo 1 é calculada levando-se em conta todas as forças aplicadas sobre o mesmo.

Por fim, a Terceira Lei de Newton, a Lei da Ação e Reação, estabelece que para toda ação existe uma reação, de igual intensidade e sentido contrário e que para que exista o par ação e reação, são necessários ao menos dois corpos.

Percebendo que a Terra exerce uma atração sobre os objetos que estão sobre sua superfície e que esta força se estendia até a Lua produzindo uma aceleração centrípeta suficiente para manter a Lua em órbita, Newton extrapolou a mesma para o Sol e os planetas. Ou seja, ele considerou a existência de uma força de alcance infinito e instantânea que agiria em todos os corpos do universo.

A Lei da Gravitação Universal possui uma história bastante rica e, claro, controversa. A “lei de decrescimento da intensidade da força gravitacional com o inverso do quadrado da distância entre os corpos” estava bastante em moda nos anos de 1660. Notavelmente, Hooke já havia exposto a lei da gravitação universal, figura 5, sem demonstrá-la corretamente. No entanto, pode-se ver a contribuição de Hooke ao expor de forma apropriada a força centrípeta, que Newton passaria a utilizar mais tarde.

Figura 5: Capa do Livro escrito por Robert Hooke, sobre gravitação.



Fonte: Echo<sup>3</sup>

De modo bastante inocente e usando a Terceira Lei de Kepler, pode-se deduzir ao menos a intensidade da força gravitacional dentro da Lei da Gravitação Universal de Newton. Para tanto, considera-se um planeta numa órbita circular em torno do Sol. Este planeta de massa  $m$ , localizado a uma

<sup>3</sup> <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/ECHOdocuView?url=/permanent/library/XXTBUC3U/index.meta>. Acesso em: 20 jun. 2016

distância  $r$  do Sol e movendo-se com velocidade  $v$ , sente uma força centrípeta na direção de  $\hat{r}$  dada por:

$$\vec{F} = m \frac{v^2}{r} \hat{r}. \quad (9)$$

Por outro lado, sendo o período  $T$  do planeta com órbita circular, tem-se de imediato que

$$T = \frac{2\pi r}{v} \rightarrow v = \frac{2\pi r}{T}. \quad (10)$$

Com base na Terceira Lei de Kepler, tem-se a relação entre período de raio (aqui tomado como o raio do círculo e não como raio médio  $R$ ):

$$T^2 = k \cdot r^3. \quad (11)$$

Ou seja,

$$v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{k \cdot r^3} = \frac{4\pi^2}{k \cdot r} \rightarrow v^2 \propto \frac{1}{r}. \quad (12)$$

De acordo com a lei da ação e reação, o planeta exerce uma força igual, porém de sentido contrário ao Sol. A força aplicada pelo planeta sobre o Sol, de massa  $M$  é dada por:

$$\vec{F} \propto \frac{M}{r^2} \hat{r} \quad (13)$$

Ou seja, a força gravitacional é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre os objetos.

O trabalho sobre-humano de Newton, e exclusivo dele, foi demonstrar, sem qualquer recurso além do cálculo, que a força gravitacional é dada por

$$\vec{F} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2} \hat{r}. \quad (14)$$

onde  $G$  é a constante gravitacional universal. Com base na expressão acima é possível demonstrar as Leis de Kepler. Ou seja, pode-se enxergar dinâmica onde antes só havia cinemática. De modo bastante simples, pode-se demonstrar a Lei dos Períodos de Kepler. Para tanto, considere que ambos os corpos de massa  $m_1$  e  $m_2$ , orbitam o centro de massa comum a esse sistema, de onde cada corpo dista  $r_1$  e  $r_2$ , respectivamente. A força gravitacional será escrita como



$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{(r_1 + r_2)^2} \hat{r}. \quad (15)$$

As forças centrípetas sentidas por cada um dos objetos celestes são dadas por

$$\vec{F}_1 = \frac{m_1 v_1^2}{r_1} \hat{r} \quad (16)$$

$$\vec{F}_2 = \frac{m_2 v_2^2}{r_2} \hat{r} \quad (17)$$

Utilizando-se do fato de que  $\vec{F}_1 = \vec{F}_2 = \vec{F}$ , tem-se

$$G \frac{(m_1 + m_2)}{(r_1 + r_2)^2} = 4\pi^2 \frac{(r_1 + r_2)^2}{T^2}. \quad (18)$$

Desta forma, o valor da constante  $k$  na Lei dos Períodos torna-se:

$$k = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} \quad (19)$$

Ou seja,  $k$  depende do valor das massas dos dois objetos. Considerando-se o caso específico do Sol e da Terra, tem-se que é inteiramente desprezível a massa da Terra. Ou seja, o centro de massa do sistema Sol-Terra está praticamente localizado no centro do Sol. No entanto, no sistema Terra-Lua o mesmo não pode ser feito e deve-se sempre utilizar a massa dos dois objetos para o cálculo da constante.

A Lei da Gravitação Universal de Newton é extremamente poderosa e capaz de fornecer previsões bastante acuradas sobre a dinâmica do Sistema Solar. Esta lei, juntamente com o princípio do Equilíbrio Hidrostático permite o entendimento de formação das estrelas, planetas e sistemas Solares de modo bastante simples.

### 3.3 Equilíbrio Hidrostático

Considere um sistema esférico de raio  $R$  e massa total  $M$ . Somente duas forças atuam nesse sistema: a auto gravitação das partículas e moléculas que compõem esse sistema e a pressão interna provocada pelas relações entre esses elementos. Assume-se que não há movimento rotacional nesse sistema esférico e nem campo gravitacional e eletromagnético intensos. Considere,

ainda, que a densidade de matéria  $\rho$  e a pressão  $P$  são apenas funções dependentes de  $r$ .  $0 \leq r \leq R$ ,  $\rho(r) = \rho$  e  $P(r) = P$ .

A quantidade de matéria contida por uma casca esférica localizada a uma distância  $r$  do centro dessa distribuição de matéria é dada por:

$$m(r) = \int_0^r 4\pi\rho(r')r'^2 dr'. \quad (20)$$

Essa massa dá origem a uma aceleração gravitacional:

$$g(r) = \frac{Gm(r)}{r^2}. \quad (21)$$

A força devido ao gradiente de pressão pode ser calculada como:

$$[P(r) + \Delta P(r)]\Delta A - P(r)\Delta A = \frac{\Delta P(r)}{\Delta r} \Delta r \Delta A, \quad (22)$$

sendo,  $\Delta P(r)$  a variação de pressão devido ao incremento  $\Delta r$  considerando o incremento de área  $\Delta A$ .

O incremento de massa desse elemento de volume pode ser expresso como

$$\Delta m(r) = \rho(r)\Delta r \Delta A, \quad (23)$$

e, portanto,

$$\frac{\Delta P(r)}{\Delta r} \Delta r \Delta A = \frac{\Delta P(r)}{\Delta r} \frac{\Delta m(r)}{\rho(r)}. \quad (24)$$

A variação do raio com o tempo será dada pela equação diferencial

$$\frac{d^2r}{dt^2} = g(r) + \frac{1}{\rho(r)} \frac{dP(r)}{dr}. \quad (25)$$

Caso não houvesse um gradiente de pressão opondo-se à contração gravitacional, então o tempo de vida de uma nuvem gasosa na condição de estrela seria extremamente curto, isto é, a estrela colapsaria sobre si mesma rapidamente. O cálculo desse tempo de vida é simples: a variação da energia potencial gravitacional  $\epsilon_{pg}$  perdida durante o processo de colapso da estrela ( $r \rightarrow r_0$ ) transforma-se integralmente em energia cinética  $E_c$ . É claro que essa é uma hipótese simplificadora demais, mas mesmo assim pode nos dar uma ideia do tempo de colapso. Assim,

$$\frac{1}{2}m_0v^2 = E_c = \Delta\epsilon_{pg} = m_0[g(r)r - g(r_0)r_0].$$

Dessa forma, (26)

$$\frac{dt}{dr} = [2Gm_0(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0})]^{-1/2},$$

que pode ser integrada facilmente, resultando em:

$$t = \left[ \frac{3\pi}{32G\rho(r)} \right]^{1/2} \quad (27)$$

O tempo de colapso acima não leva em conta a pressão de radiação. Apenas como curiosidade, uma estrela com densidade inicial  $\rho(r) = 10^9 \text{kgm}^{-3}$  irá colapsar em apenas 2,5 segundos. Note ainda que não foi levado em consideração acima os processos naturais de fotodesintegração, produção de partículas, emissão de neutrinos, transporte de calor etc. Todos esses processos contribuem para a manutenção do sistema. Além disso, a transparência da nuvem inicial também contribui para a sua própria manutenção. Considerando-se uma nuvem de hidrogênio, quanto mais transparente à sua própria radiação emitida, mais rápido é o colapso, já que a energia emitida não interage com o gás no interior da estrela, não permitindo, por exemplo, seu (re)aquecimento.

Essa transparência é chamada de opacidade da nuvem e contribui positivamente para frear o colapso. O estado de equilíbrio entre pressão de radiação e contração gravitacional é chamado de Equilíbrio Hidrostático (ou equilíbrio termodinâmico). Este equilíbrio é expresso pela igualdade abaixo:

$$\frac{P(r)}{dr} = -\frac{Gm(r)}{r^2} \rho(r). \quad (28)$$

Multiplicando ambos os lados dessa igualdade por  $4\pi r^3$  e integrando de 0 a  $R$ , tem-se

$$P(r)4\pi r^3 \Big|_0^R - 3 \int_0^R P(r)4\pi r^2 dr = -3 \int_0^R P(r)4\pi r^2 dr. \quad (29)$$

O mais conveniente aqui é substituir  $P(r) = \langle P \rangle$ . O valor médio da pressão será dado por

$$\langle P \rangle = -\frac{1}{3} \frac{\epsilon_{pg}}{V}, \quad (30)$$

pois

$$\epsilon_{pg} = -G \int_0^M \frac{m(r)}{r} dm. \quad (31)$$

O grande enigma neste ponto é qual tipo de gás de partículas deve-se considerar para a resolução do problema. Há dois tipos básicos: não-

relativístico e ultra relativístico. Ambos contribuem de modo diferente no cálculo de  $\langle P \rangle$ .

### 3.4 Gases Ideais

Considere um gás composto por  $N$  moléculas dentro de uma caixa cúbica de volume  $L^3$ . Cada partícula terá velocidade  $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ , uma massa média  $m$  e momento linear  $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$ . Cada partícula irá colidir com um dos lados numa taxa dada por:

$$t = \frac{v_z}{2L}. \quad (32)$$

A pressão exercida será dada por:

$$P = \frac{N}{L^3} \langle \vec{p} \cdot \vec{v} \rangle = n \langle \vec{p} \cdot \vec{v} \rangle. \quad (33)$$

O momento  $\vec{p}$  e a energia  $\epsilon$  variam conforme o gás seja não-relativístico ou ultra relativístico. Para  $\vec{p} = m\vec{v}$ , tem-se que

$$P = \frac{2}{3} n \langle \frac{1}{2} m v^2 \rangle = \frac{2}{3} \epsilon_t, \quad (34)$$

onde  $\epsilon_t$  é a energia de translação das moléculas do gás. Para um gás ultra relativístico  $\vec{p}c = \vec{p}c$  e, portanto,

$$P = \frac{1}{3} \epsilon_t. \quad (35)$$

Levando-se em conta do resultado acima e aquele dado pela pressão média, obtém-se para o caso não relativístico:

$$2\epsilon_t + \epsilon_{pg} = 0. \quad (36)$$

No caso ultra relativístico tem-se que:

$$\epsilon_t + \epsilon_{pg} = 0. \quad (37)$$

Por fim, o equilíbrio hidrostático ainda pode ser escrito em termos do índice adiabático, bastante útil para o estudo pois permite o estudo simultâneo da componente vibracional e rotacional do gás. Para tanto, escreve-se

$$PV^{-\gamma} = \text{constante}, \quad (38)$$

onde  $\gamma$  é o índice adiabático. Escreve-se:

$$d(PV) = PdV - \gamma PdV = -(\gamma - 1)PdV. \quad (39)$$

Não há transferência de calor em uma transformação adiabática e a energia interna do sistema é dada apenas pelo trabalho realizado. A energia interna do sistema é  $\epsilon_{int}$  e

$$d\epsilon_{int} = -PdV. \quad (40)$$

Portanto, tem-se que:

$$\langle P \rangle = (\gamma - 1) \frac{\epsilon_{int}}{V} = -\frac{1}{3} \frac{\epsilon_{pg}}{V}. \quad (41)$$

O equilíbrio será dado por:

$$3(\gamma - 1)\epsilon_{int} + \epsilon_{pg} = 0, \quad (42)$$

que é a equação mais geral relacionando as energias internas e gravitacional do gás. Para o caso não-relativístico, tem-se  $\gamma = 5/3$  e para o caso ultra relativístico tem-se  $\gamma = 4/3$ .

### 3.5 Clusters e Evolução na Sequência Principal

As estrelas se formam dentro de nuvens gasosas gigantes que são denominadas nuvens interestelares ou nebulosas. Apesar da quantidade de gás e poeira ser pequena, aproximadamente 1% em massa, é constante em toda a sua extensão (FIAÇA *et al.*, 2003).

Quando algumas partes dessas nuvens começam a se condensar, formando glóbulos, como na figura 6, surge a possibilidade de formação de uma estrela.

Figura 6: Nebulosa da águia, glóbulos de hidrogênio molecular se liberando da nuvem.



Fonte: Nasa<sup>4</sup>.

Para se formar uma estrela como o Sol é necessário que uma porção da nuvem molecular com 25 massas Solares tenha em torno de 500 trilhões de quilômetros e uma temperatura de apenas  $-200^{\circ}\text{C}$ . Como visto acima, a gravidade é responsável pela compressão de toda a massa em direção ao seu centro. Tamaña compressão faz com que aumentem as colisões entre as partículas existentes no glóbulo, causando um aumento de temperatura fazendo com que a ação gravitacional diminua, pois produz uma pressão de dentro para fora, freando o colapso.

Num período de 100 mil anos o glóbulo se contrai fazendo com que aquela imensa nuvem atinja um tamanho aproximado de 20 bilhões de quilômetros se transformando numa Protoestrela. Se a massa do glóbulo for superior a 0,08 massas Solares será possível então passar para o próximo estágio na evolução da estrela (FIAÇA *et al.*, 2003). A temperatura do centro atinge  $10.000.000\text{ K}$  onde se iniciam as fusões de hidrogênio criando uma pressão capaz de sustentar a gravidade mantendo um equilíbrio hidrostático.

Ao iniciar a queima de hidrogênio a estrela inicia sua fase de vida adulta na sequência principal, estágio esse que durará a maior parte de sua vida.

O tempo de vida de uma estrela está diretamente relacionado com a energia disponível para queimar e a taxa com que ela gasta sua energia.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <http://apod.nasa.gov/apod/ap061022.html>. Acesso em 08 ago. 2015.

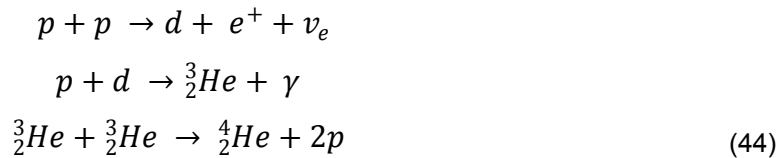
Quanto maior for a massa da estrela mais rápido vai queimar energia disponível, conseqüentemente tendo uma vida muito mais curta. Pode-se perceber que quanto maior for a massa da estrela maior será sua luminosidade, pois (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004)

$$\begin{aligned}
 L &\propto M^{3,5} \\
 M &\geq 3M_S, \quad L \propto M^3 \\
 3M_S &\geq M \geq 0,5 M_S, \quad L \propto M^4 \\
 M &\leq 0,5M_S, \quad L \propto M^{2,5} .
 \end{aligned}
 \tag{43}$$

Nas desigualdades diretamente ligadas à variação da massa, acima tem-se que  $L$  é a luminosidade aparente da estrela. Conseqüentemente as estrelas mais luminosas possuem mais massa e uma vida mais curta.

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 liberada<sup>5</sup>, a estrela segue sua vida de maneira constante, sem variações em seu estágio evolutivo.

A queima do hidrogênio necessária para a formação do  ${}^4\text{He}$  ocorre em um processo chamado de cadeia próton-próton (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004):



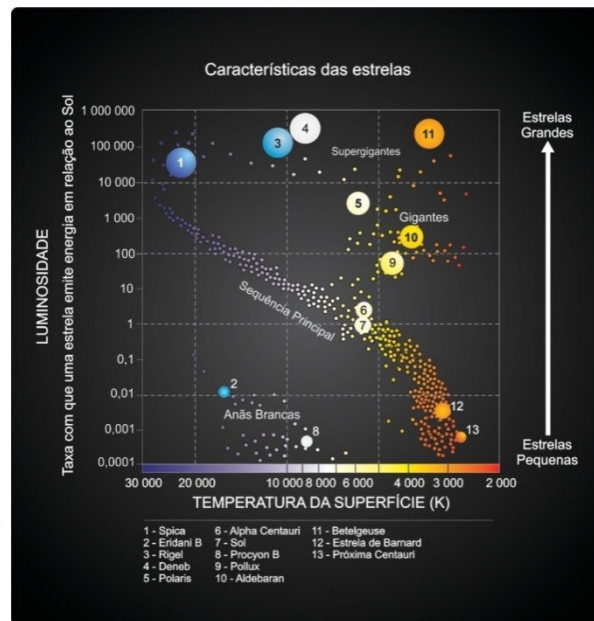
Enquanto houver hidrogênio suficiente para manter o processo a estrela permanece na SP, pois as reações ocorrem à partir da quebra dos átomos de hidrogênio (44).

O diagrama da figura 7 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.

---

<sup>5</sup> Isso é chamado de Equilíbrio Energético: a quantidade de energia produzida é igual à liberada.

FIGURA 7 – Diagrama HR



Fonte :UFRGS<sup>6</sup>.

É possível notar no diagrama que as estrelas não se distribuem igualmente e sim estão concentradas em algumas partes. A maior parte das estrelas está na faixa central semelhante a um s, que recebe o nome de Sequência Principal.

O que determina a posição das estrelas no diagrama é a sua massa e percebe-se que grande parte se concentra acima da SP. Na região superior à direita estão as chamadas estrelas gigantes, no topo do diagrama existem as supergigantes que são muito mais luminosas. Algumas estrelas se encontram no canto inferior esquerdo, e são chamadas de anãs brancas nos estágios finais de suas vidas.

### 3.6 Estágios finais

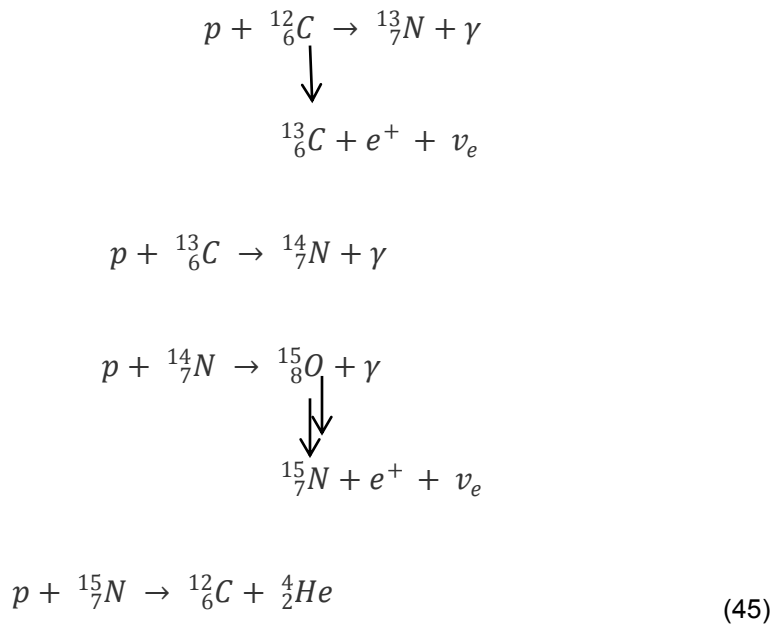
Após quase esgotar suas reservas de hidrogênio a estrela dá início à queima do Hélio, sendo necessária uma temperatura central da ordem de  $10^8$ K. O problema é que nas regiões centrais das estrelas nessa fase de evolução a temperatura não é tão alta e, portanto, não ocorrem processos nucleares com o hélio no seu interior.

<sup>6</sup> Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>. Acesso em 08 ago. 2015.



Quando a pressão interna não consegue mais manter o equilíbrio termodinâmico da estrela, então ela inicia seu processo de contração. Conseqüentemente, a contração permite o aumento da sua temperatura central até o valor de  $10^8$  K (processo de reaquecimento). Neste momento a estrela está pronta para iniciar a queima de hélio. Suas camadas mais externas, por outro lado, expandem-se deixando a superfície mais fria. É o estágio de gigante vermelha.

O processo de queima de hélio recebe o nome de ciclo carbono-nitrogênio e é dado abaixo (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004)



É possível perceber que ocorre a produção de hélio e de carbono caracterizando um ciclo, obtendo o hélio como “subproduto” dessa queima.

Portanto, uma parte da estrela está queimando hidrogênio e outra parte queimando hélio, o que causa uma instabilidade fazendo com que as camadas mais externas se expandam numa velocidade muito elevada formando a chamada nebulosa planetária. Um exemplo desse tipo de nebulosa pode ser visto na figura 8.

FIGURA 8: Nebulosa planetária olho de gato.

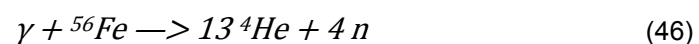


Fonte: Nasa<sup>7</sup>.

Seguindo a evolução de acordo com o diagrama HR, a estrela remanescente perderá energia, tornando-se uma anã branca, destino este reservado ao nosso Sol. A estrela anã branca continua seu processo de resfriamento, mas este processo é lento, levando bilhões de anos até irradiar para o espaço toda a energia térmica que possui no seu interior. A razão desse fato é simples: esta estrela possui área superficial muito pequena. No diagrama HR a estrela anã branca lentamente se moverá para baixo e para a direita à medida que esfria.

Mas se a estrela tiver massa superior a 10 massas Solares seu fim será bem mais espetacular do ponto de vista visual: uma supernova.

O processo de fotodesintegração que ocorre no interior dessas estrelas é dado por (FIAÇA *et al.*, 2003)



Esta reação dá como resultado uma explosão de proporções catastróficas, onde a estrela ejeta suas camadas mais externas, podendo se transformar em uma estrela de nêutrons ou um buraco negro. Para isso, há a dependência de quantas massas Solares ela possui inicialmente.

---

<sup>7</sup> Disponível em: <http://apod.nasa.gov/apod/ap981101.html>. Acesso em 08 ago. 2015.

Segundo o limite de Chandrasekhar (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004), se a estrela central de uma nebulosa planetária tem massa maior do que 1,4 massas Solares, então ela não consegue se estabilizar como uma anã branca. Esta estrela, então, continua a contrair até que a matéria que a forma atinge a densidade de  $2 \cdot 10^{10} \text{ kg/m}^3$ . Quando isto ocorre, os elétrons são capturados pelos prótons dando origem a nêutrons. A matéria estelar fica cada vez mais enriquecida de nêutrons. A estrela continua a contrair e quando sua densidade chega a  $3 \cdot 10^{16} \text{ kg/m}^3$  ela já está composta por um gás de nêutrons degenerado. A estrela agora é uma típica estrela de nêutrons.

Se essa estrela residual tiver massa superior a 3 massas solares o resultado será um buraco negro, um objeto celeste com uma força gravitacional tão forte que nem mesmo a luz será capaz de escapar.

Na figura 9 é possível observar o ciclo de vida possível de uma estrela a partir de sua massa inicial, que, por sua vez, determina seus estágios finais. Cabe ressaltar que há diversos ciclos de formação de elementos químicos cada vez mais pesados dentro de uma estrela. O elemento mais pesado possível de ser formado é o  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ . A razão para isso é bastante simples: a partir deste ponto é necessário injetar energia na reação, algo que só pode ser feito mediante processos de liberação de energia pela estrela, isto é, quando ela atinge o estágio de supernova.

FIGURA 9: Evolução de estrelas com diferentes massas.



Dada a abundância de ferro e metais mais pesados na constituição de nosso planeta, pode-se deduzir que nosso Sistema Solar foi formado a partir restos de estrelas anteriores ao Sol.

Com base no que foi brevemente exposto neste capítulo podemos dar continuidade a apresentação do produto, mostrando sua aplicação e analisando seus resultados.

## **Capítulo 4**

### **Proposta de sequência didática**

#### **4.1 Introdução**

A proposta de sequência didática foi aplicada em uma escola pública de ensino médio e fundamental II no interior do Estado de São Paulo, onde participaram ao todo 49 alunos do primeiro ano ensino médio durante um período de quatro meses, divididos em duas turmas, com duas aulas semanais de física com 50 minutos, totalizando 30 aulas.

---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://educacaoespacial.wordpress.com/recursos-2/multimedia/imagens/>. Acesso em 10 ago.2015.

O projeto foi desenvolvido com duas turmas de ensino médio com aulas ministradas pelo autor deste trabalho e duas outras turmas que participaram do projeto como grupo de controle sendo as aulas desenvolvidas por outro professor que utilizou o método tradicional no decorrer do processo. No intuito de possibilitar uma comparação ao final da aplicação da sequência didática as avaliações foram as mesmas tanto para o grupo de teste quanto para o grupo de controle.

As aulas de Astronomia tiveram início com uma introdução ao Sistema Solar, onde os alunos tiveram contato com as relações entre os planetas, suas semelhanças e diferenças, bem como as relações entre Sol, Terra e Lua e conhecer os limites do Sistema Solar. A princípio essa introdução poderia ser interpretada como muito simplista, porém se mostrou necessária devido ao tema ser muito pouco explorado no ensino fundamental. Após essa introdução inicial, a abordagem se deu sobre o tema evolução estelar onde os alunos desenvolveram atividades relacionadas ao nascimento, desenvolvimento e morte das estrelas levando-os a entender toda a mecânica por trás da vida das estrelas.

Abaixo temos as atividades desenvolvidas durante o período, relacionadas com a metodologia de ensino utilizada e em seguida uma análise da sua importância para o desenvolvimento cognitivo do aluno levando em consideração a matriz de referências do enem ( BRASIL, 2009).

## 4.2 A sequência didática

**Atividade 1:** Pesquisar as distâncias médias (em km) dos corpos celestes, 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: o autor (2015)

**Análise:** A primeira atividade tem como objetivo aproximar o aluno do tema, através de uma pesquisa comparativa, onde possa perceber as semelhanças e diferenças entre os planetas. Além dos planetas, introduzir novos grupos de objetos celestes, até então desconhecidos à maioria dos estudantes, levando-os à busca de novas informações e descobertas sobre o Sistema Solar.

Além de ser uma atividade de pesquisa, a primeira atividade se conecta com a segunda, sendo um pré-requisito para o desenvolvimento em sala de aula.

Metodologia utilizada: CTSA.

**Atividade 2:** em grupos de cinco alunos desenvolver um modelo em escala de distâncias, dos corpos celestes 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.

**Análise:** Para a atividade 2 o objetivo é fazer com que os estudantes desenvolvam habilidades de interação social para trabalhar em equipe. Do ponto de vista de conteúdo, ele irá desenvolver escalas de distâncias, relacionar proporcionalidade e montar modelos. Esta atividade tem forte apelo à matemática, exigindo o uso de calculadoras (caso seja permitido).

A livre escolha das escalas a serem desenvolvidas é de suma importância, pois aumenta o interesse dos grupos por poder fazer da maneira

que os componentes acharem melhor, tirando a ideia de ter que fazer do jeito do professor. O que é muito importante para estudantes na faixa etária de 14 a 15 anos.

Utilizar um local amplo e livre de obstáculos também mostra-se importante, pois dependendo da escala adotada, os grupos irão perceber que se torna impossível a montagem de um modelo no espaço desejado, fazendo-os repensar os procedimentos adotados. Este processo de adequação da escala permitirá que desenvolvam um modelo aceitável de disposição dos objetos de modo a ser representativo do objeto real de estudo, isto é, da disposição dos objetos celestes no Sistema Solar.

O trabalho em grupo desta atividade faz com que os alunos investiguem e discutam entre si para chegarem às melhores conclusões possíveis para o desenvolvimento satisfatório da atividade.

Metodologias utilizadas: Experimentação e CTSA.

**Atividade 3:** Pesquisar:

- Parsec;
- Unidade astronômica.

**Análise:** O objetivo da atividade 3 é fazer com o estudante tenha contato com mais unidades de distância utilizadas em Astronomia, ainda em uma perspectiva CTS, trazendo o conteúdo estudado para a realidade do aluno, fazendo com que as novas grandezas apresentadas tenham um significado e não apenas preenchimento de conteúdo.

Metodologia utilizada: CTSA.

**Atividade 4:** Calcular com os alunos a distância da Terra à estrela mais próxima, em km, a Próxima Centauri, utilizando como dados a distâncias de 4,5 a.l. e a velocidade da luz  $3 \times 10^5$  km/s.

**Análise:** A demonstração do cálculo do ano-luz é fundamental para que o estudante entenda que o ano-luz não é uma unidade de medida de tempo e sim de distância, confusão muito comum entre alunos que acabam de ser apresentados ao assunto.

Metodologia utilizada: resolução de problemas em lápis e papel.

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

Tabela 2: Planetas por diâmetro, composição atmosférica, sentido de rotação e temperatura média.

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

Fonte: o autor (2015)

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

Tabela 3: Planetas por diâmetro, composição atmosférica, número de Luas, posse de anéis e temperatura média.

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

Fonte: o autor (2015)

**Análise:** As atividades 5a e 5b são pesquisas comparativas com o objetivo de fazer o estudante perceber as semelhanças e diferenças entre os grupos de planetas, notar que apesar de estarem divididos em dois grupos distintos, existem peculiaridades que devem ser observadas e trabalhadas em sala pelo professor, demonstrando as hipóteses para tais fenômenos.

Metodologia utilizada: CTSA.



**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.

**Análise:** A intenção de levar os alunos à sala de informática é fazer com que o professor auxilie no desenvolvimento de uma pesquisa científica, pois os alunos tendem a procurar e finalizar suas pesquisas logo no primeiro resultado encontrado. No entanto, ele precisa entender que este processo de pesquisa precisa ser apurado e comparações com outras fontes de pesquisa são necessárias para corroborar com sua veracidade. Nesse momento é que o professor deve mediar a ação do estudante auxiliando e direcionando o processo, levando à produção de uma pesquisa válida no processo ensino-aprendizagem.

**Atividade 7:** Utilizando o programa *Stellarium*, disponível para download em (<http://www.stellarium.org/pt/>), mostrar com o recurso 3D, o Sistema Solar, enfatizando os Planetas e suas peculiaridades.

**Análise:** Após uma aula explanatória sobre a nova classificação planetária, os planetas-anões, o professor deve levar os alunos à sala de informática para realizar as atividades 6 e 7. A utilização da internet é necessária para a busca das informações e imagens dos planetas-anões, para que se possa visualizar sua localização, seus tamanhos e por que se encaixam na classificação de planetas-anões. Em seguida utilizar o programa *Stellarium*, ou outro similar, para uma visualização geral do Sistema Solar e para interagir com os corpos celestes disponíveis no programa, fazendo um fechamento de tudo o que foi abordado até a atual atividade.

Metodologia utilizada: TIC

**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 (PEREIRA, 2006), disponível no anexo B e desenvolver uma leitura compartilhada com os alunos. Em seguida pedir um pequeno relatório escrito sobre o entendimento do artigo.

**Análise:** Além de desenvolver com os estudantes a competência leitora, interpretação de texto e o conteúdo sobre a Lua e suas fases, utilizar o artigo

acima tem a função de apresentar aos estudantes um modo diferente de se aprender ciências, pois o mais utilizado é o livro didático e nas escolas o acesso a artigos científicos é praticamente nulo. Dessa forma, é possível mostrar como os pesquisadores se comunicam e compartilham suas ideias. O artigo escolhido é de fácil entendimento (nada impede que seja utilizado outro artigo, este é somente um apoio para o professor) para que seja possível ao estudante observar como é escrito e ter contato com um documento de pesquisa científica.

Metodologia utilizada: Literatura.

**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>. 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.

**Análise:** O debate após a apresentação do vídeo é de extrema importância, pois é o momento em que o aluno pode apresentar suas dúvidas, que podem ser as mesmas de outros colegas.

Através de questionamentos, argumentações e discussões, o grupo de alunos tem a capacidade de contribuir efetivamente para esclarecer e sanar as dúvidas apresentadas.

O professor deve assumir o papel de mediador e intervir nos momentos em que for necessária uma abordagem mais técnica sobre o tópico em discussão. De acordo com Nascimento (1999), a discussão é um instrumento privilegiado de reflexão e construção de vários conteúdos.

Metodologias utilizadas: Cinema e CTSA.

**Atividade 10:** Podemos realizar uma experiência muito simples para entender o fenômeno das fases da Lua. 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.

**Análise:** Apesar de ser uma experiência muito simples, com ela é possível observar a mudança na incidência dos raios Solares na bola, através da mudança de ângulo entre o observador e o objeto que está recebendo a luz. O que ficaria muito mais difícil de demonstrar em uma aula apenas descritiva. A experimentação contribui efetivamente no processo ensino e aprendizagem, assegurando um aprendizado significativo por parte do aluno (BATISTA; FUSINATO; BLINI, 2009.).

Metodologia utilizada: Experimentação

**Atividade 11:** Com a utilização de um computador e um projetor, utilizar um simulador de eclipses, de preferência o desenvolvido pela UFRGS<sup>9</sup>.

Em seguida demonstrar o funcionamento dos eclipses aos alunos.

**Análise:** O simulador utilizado é muito interessante aos alunos, pois amplia o sistema Sol, Terra e Lua, facilitando o entendimento do fenômeno. Com a visualização no telão da sala, o aluno poderá ver o eclipse ocorrendo, parar o eclipse, e observar a posição como se estivesse na Terra. Alterar o eclipse, ver como são as zonas de umbra e penumbra e posições onde é possível visualizar do nosso planeta.

A utilização de um simulador em sala de aula é uma metodologia de ensino que vai ao encontro do que o aluno espera, pois ele vive num mundo tecnológico. Com uso de *softwares* educacionais fica mais fácil chamar a atenção do aluno para que tenha interesse pelo assunto tratado, pois as novas tecnologias auxiliam em muito o desenvolvimento de determinados temas em sala de aula (HECKLER, 2004).

Metodologia utilizada: TIC

**Atividade 12:** Em grupo, procure imagens de asteroides, pesquise suas características e curiosidades e monte uma pequena apresentação utilizando *slides*, para apresentar aos colegas as conclusões do grupo.

---

<sup>9</sup> Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/links/simulacoes-e-animacoes> Acesso: 07 out. 2015.

**Análise:** A apresentação tem como função fazer com que os alunos desenvolvam um pequeno seminário, contribuindo com a nova visão que as pesquisas levantadas trouxeram, esperando que cada grupo tenha visões diferentes de possíveis interações entre os cometas e a Terra, fazendo com que as indagações criem um debate crítico na sala de aula. O professor deverá interagir apenas quando necessário para permitir a evolução do grupo como um todo.

Metodologias utilizadas: TIC e CTSA.

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

Materiais:

- 250 g de gelo seco;
- 500 g de carvão;
- Um martelo;
- Um pano prato;
- Uma fonte de luz;
- Um ventilador;
- Luvas de borracha;
- Óculos de proteção.

Procedimentos:

- Moer aproximadamente 200 g de carvão, utilizando o martelo;
- Esticar o pano de prato na bancada;
- Colocar aproximadamente 100 g 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.

**Análise:** A utilização da experimentação traz uma nova perspectiva ao aluno, que adquire a capacidade de vivenciar o fenômeno, trazendo à tona seu lado investigativo, criando hipóteses e elaborando teorias. A intervenção do professor é importantíssima nesta parte do processo, guiando o aluno para a interpretação correta do fenômeno.

De acordo com (GUIMARÃES, 2009) que propõe “[...] a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação”. Somente através da experimentação é que será possível instigar o interesse do aluno.

Metodologia utilizada: Experimentação

**Atividade 14:** Apresentar aos alunos diversos berçários de estrelas e se possível situá-los na galáxia. Utilizando o recurso de apresentação de *slides*. No apêndice C disponibilizamos um modelo de apresentação no formato ppt.

**Análise:** A atividade 14 deverá ser desenvolvida pelo professor, que fará uma aula expositiva sobre as nebulosas que originam as estrelas, mostrando nas imagens os pontos principais de formação e as possibilidades que essas nuvens de gás apresentam ao universo. Caso deseje pode ser elaborada outra apresentação, mas a apresentação que se encontra no apêndice C pode servir de norte para a palestra.

Metodologias utilizadas: TIC e FMC.

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

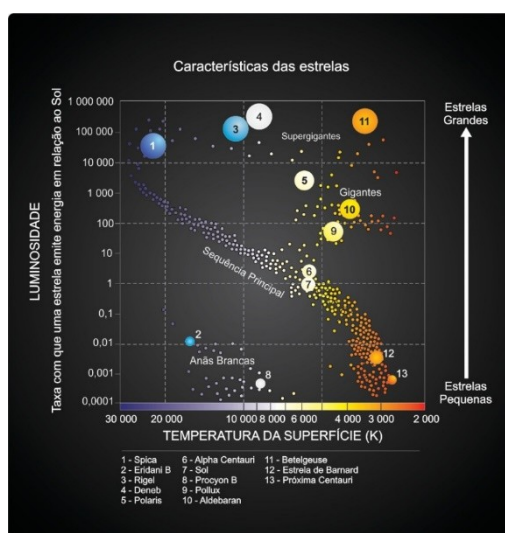
**Análise:** Os primeiros minutos desse documentário são riquíssimos em informações e imagens gráficas do início da vida de uma estrela. É uma excelente conclusão para a atividade anterior, demonstrando de maneira

bem clara o nascimento de uma estrela. O trecho também servirá de base para a discussão sobre a evolução de uma estrela e a influência em seu comportamento.

Metodologias utilizadas: Cinema e FMC.

**Atividade 16:** Mostrar a figura 3 com auxílio de projetor de *slides* e em seguida utilizar o simulador de evolução estelar do diagrama Hertzsprung-Russell (HR)<sup>10</sup>

FIGURA 3 – Diagrama HR, demonstrando a sequência principal.



Fonte :UFRGS<sup>11</sup>

Análise: Devido à dificuldade de entendimento do diagrama, muitas vezes os alunos acreditam que os pontos na sequência principal correspondem à posição real das estrelas.

Utilizar o simulador para demonstrar que o diagrama mostra a evolução da estrela de acordo com suas características, levando o estudante a perceber que não tem relação alguma com a porção do espaço em que a estrela se encontra.

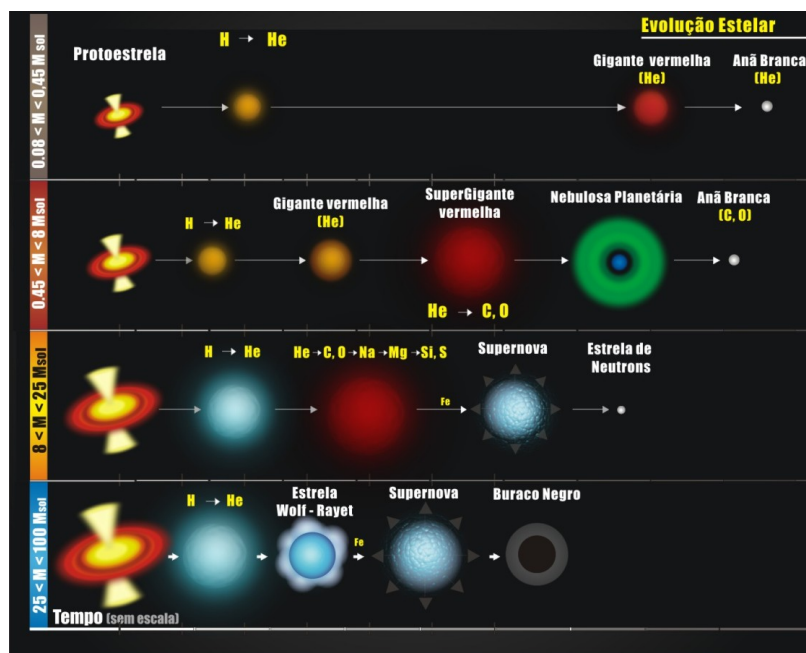
Metodologias utilizadas: TIC e FMC.

<sup>10</sup> Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/mod/url/view.php?id=51911>. Acesso em 25 jun. 2015.

<sup>11</sup> Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>. Acesso em 29 ago. 2015

**Atividade 17:** Utilizar o esquema da figura 4 ou outro esquema completo do ciclo de evolução como apresentação em *slides*, para uma visualização global do processo.

FIGURA 4 – Esquema de Evolução Estelar relacionado à variação da massa.



Fonte:UFRGS.<sup>12</sup>

**Análise:** Devido à complexidade do esquema, o professor deverá tomar muito cuidado quando explicar a evolução das estrelas e especificar que o fator determinante na vida de uma estrela é a massa, pois esse conceito é dificilmente absorvido pelo aluno.

Metodologias utilizadas: TIC e FMC.

**Atividade 18:** Para que o processo de evolução seja bem entendido pelos alunos, exibir o restante do documentário: O universo, primeira temporada, episódio 10. “Vida e morte das Estrelas” do *The History Channel*. Em seguida o tema deverá ser debatido com o grupo de alunos.

**Análise:** Após a exibição do documentário, abrimos uma roda de debate, onde os próprios alunos lançarão questões sobre os fatos do documentário e discutirão os fenômenos de maneira crítica, desenvolvendo a

<sup>12</sup> Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>. Acesso em 29 ago. 2015

percepção sobre o que acabaram de ver, se pautando em concepções prévias do conteúdo. O professor deverá intervir quando necessário para sanar as dúvidas mais difíceis de esclarecer ou com questões para fomentar a discussão.

Metodologias utilizadas: Cinema, FMC e CTSA.

## **Capítulo 5**

### **Análise dos resultados de aplicação da sequência didática**

#### **5.1 Introdução**

A análise dos resultados é importantíssima, pois é através dela que conseguimos perceber se houve ou não uma evolução nas habilidades dos alunos. A proposta didática que foi implementada deveria auxiliar os alunos a desenvolverem conceitos relacionados à Astronomia que muitas vezes ficam mal-entendidos ou até mesmo que não chegam a ser vistos.



Primeiramente será feita a análise das atividades desenvolvidas durante o período para entendermos se a sequência escolhida facilitou o processo ensino aprendizagem.

## 5.2 Resultados das atividades propostas

### Atividades 1 e 2:

Após os alunos completarem a tabela, o segundo passo foi o desenvolvimento de um modelo de Sistema Solar em escala onde a escolha da escala ficou a critério de cada grupo.

FIGURA 10 – Montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 1



Fonte: o autor (2015)

FIGURA 11 – Montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 2



Fonte: o autor (2015)

FIGURA 12 – Montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 3



Fonte: o autor (2015)

FIGURA 13 – Montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 4



Fonte: o autor (2015)

FIGURA 14 – Montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 5



Fonte: o autor (2015)

FIGURA 15 – Montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 6



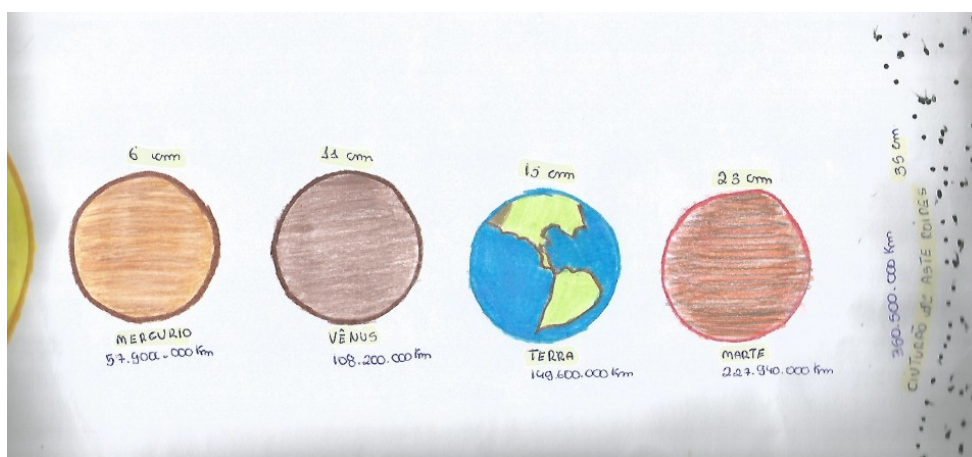
Fonte: o autor (2015)

As montagens ao ar livre foram desenvolvidas pelos alunos numa escala que respeitou a proporcionalidade entre a distância real e as utilizadas na maquete e trouxeram uma visão de quão grande é o nosso Sistema Solar. Tanto é assim que ao tentar estabelecer os limites do cinturão de Kuiper e nuvem de Oort perceberam que a distância ficaria muito além dos limites físicos da escola, sendo impossível de representá-los nas montagens. O grupo da figura 10 utilizou uma pista de caminhada para conseguir desenvolver a sua maquete.

Além da maquete, os alunos entregaram relatórios onde explicaram as dificuldades encontradas na montagem da escala escolhida bem como as distâncias calculadas para construção. É possível observar que alguns grupos desenharam o Sistema Solar que desenvolveram.

FIGURA 16 – Relatório relativo à montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 1

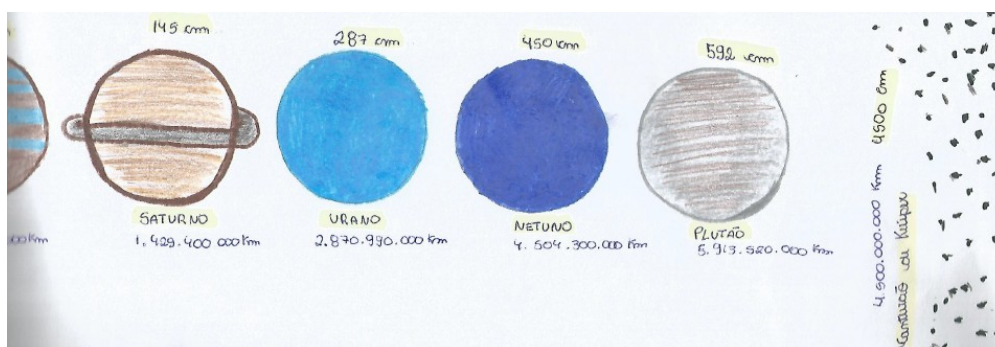




Fonte: o autor (2015)

A figura 16 mostra a concepção dos alunos sobre os 4 planetas telúricos e o cinturão de asteroides. É possível notar que mesmo colocando valores numéricos de diferentes distâncias, os alunos não tiveram o cuidado de colocar os planetas com proporção de tamanho.

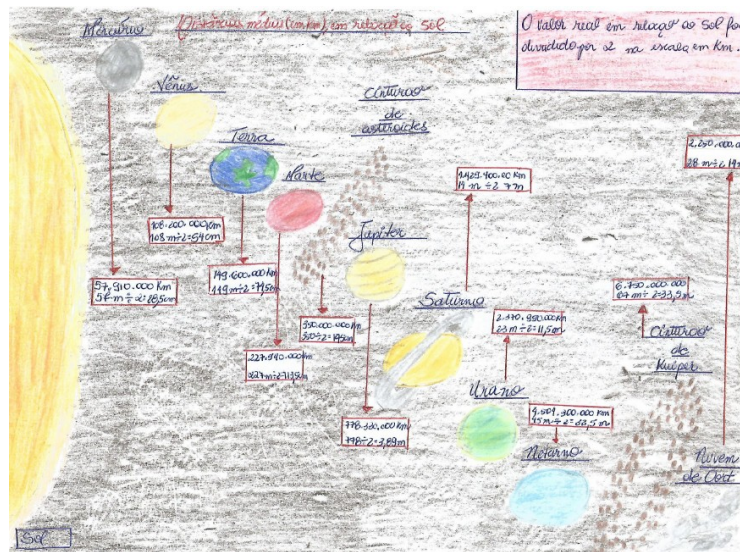
FIGURA 17 – Relatório relativo à montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 1.



Fonte: o autor (2015)

Observando a figura 17, é possível perceber que o mesmo erro ocorreu com os planetas jovianos, onde aparecem Júpiter, Saturno, Urano e Netuno com mesmo tamanho e sem os anéis, apenas Saturno apresenta os anéis. Plutão aparece com o mesmo tamanho, mesmo sendo muito menor. Os erros apontados acima podem parecer graves, porém o intuito da atividade era criar uma relação entre distâncias e provavelmente os alunos deixaram escapar o detalhe os tamanhos dos planetas.

FIGURA 18 – Relatório relativo à montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 2.



Fonte: o autor (2015)

O grupo 3 desenvolveu a tabela abaixo, especificando todas as distâncias em centímetros para poder montar mais facilmente a maquete. Apenas o Sol aparece maior no desenho e todos os outros planetas apresentam praticamente o mesmo tamanho. Repetindo o erro do grupo correspondente às figuras 16 e 17.

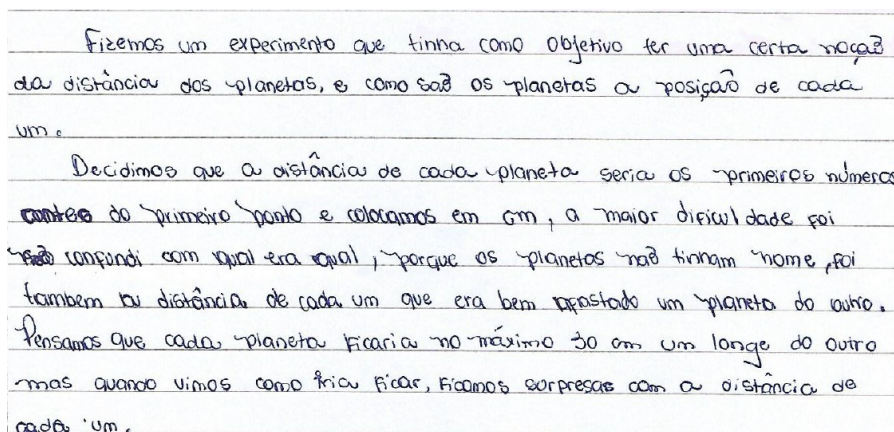
FIGURA 19 – Relatório relativo à montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 3.

A MEDIDA DE CADA PLANETA	
MERCÚRIO	57 cm
VÊNUS	108 cm
TERRA	149 cm
MARTE	227 cm
CINTURA DE ASTEROIDES	350 cm
JÚPITER	778 cm
SATURNO	133 cm
URANO	877 cm
NETUNO	498 cm
PLUTÃO	513 cm
CINTURA DE KEIPIER	750 cm
NUVEM DE OORT	250 cm

Fonte: o autor (2015)

O grupo 3 preferiu desenvolver uma tabela ao invés de fazer um desenho, a tabela é uma maneira mais organizada de se agrupar informações e tende a facilitar o trabalho do grupo na hora de desenvolver as maquetes.

FIGURA 20 – Relatório relativo à montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 4.



Fizemos um experimento que tinha como objetivo ter uma certa noção da distância dos planetas, e como são os planetas a posição de cada um.

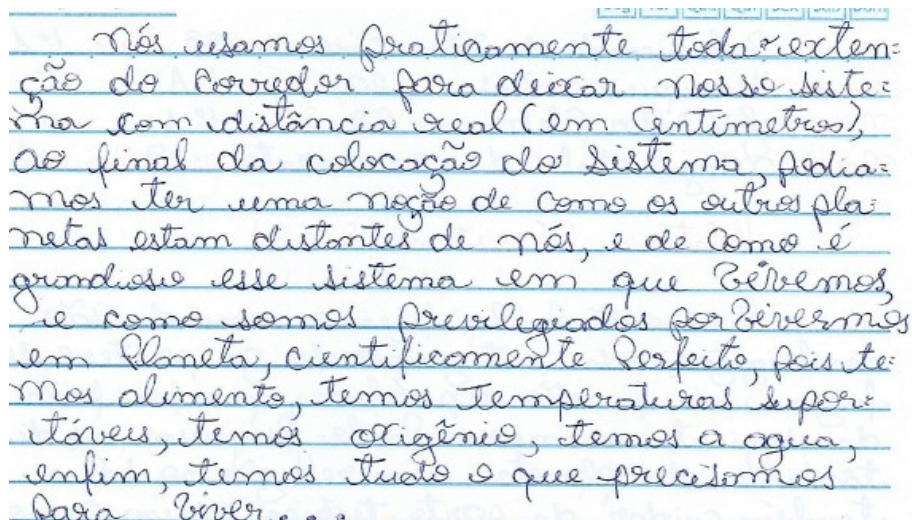
Decidimos que a distância de cada planeta seria os primeiros números contados do primeiro ponto e colocamos em cm, a maior dificuldade foi não confundir com qual era qual, porque os planetas não tinham nome, foi também a distância de cada um que era bem afastado um planeta do outro. Pensamos que cada planeta ficaria no máximo 30 cm um longe do outro mas quando vimos como ficou ficar, ficamos surpresos com a distância de cada um.

Fonte: o autor (2015)

O trecho de relatório mostrado na figura 20 descreve as dificuldades encontradas pelos alunos do grupo 4 no desenvolvimento do Sistema Solar. O próprio grupo percebeu que houve um problema na organização dos planetas e que não tinham nenhuma noção do espaço necessário para o desenvolvimento do modelo do Sistema Solar.

Um ponto importante de ser comentado é que perceberam os próprios erros e foram capazes de analisar o que estava ocorrendo, eliminar os pontos negativos e chegar a uma resposta corrigindo os problemas e dificuldades encontrados.

FIGURA 21 – Relatório relativo à montagem do modelo de Sistema Solar do grupo 5.



Nós usamos praticamente toda a extensão do corredor para deixar nesse sistema com distância real (em centímetros), ao final da colocação do sistema, pedimos aos alunos ter uma noção de como os outros planetas estão distantes de nós, e de como é grandioso esse sistema em que vivemos, e como somos privilegiados por vivermos em planeta, cientificamente perfeito, pois temos alimentos, temos temperaturas suportáveis, temos oxigênio, temos a água, enfim, temos tudo o que precisamos para viver...

Fonte: o autor (2015)

Este último relatório (figura 21) mostra perfeitamente como os alunos não tinham conhecimento das dimensões reais do Sistema Solar. Essa atividade teve o claro objetivo de mostrar aos estudantes que o Sistema Solar apresenta dimensões muito maiores que as do cotidiano. Além disso, permitiu que os alunos iniciassem seus primeiros cálculos, que os auxiliaram no desenvolvimento de atividades futuras.

### **Atividade 3:**

Se as primeiras duas atividades tinham como objetivo fornecer ao estudante uma imagem das dimensões reais do Sistema Solar, esta atividade tem o objetivo de mostrar que as unidades de medida usuais (metro, centímetro, quilômetro, por exemplo), são inadequadas para tratar das distâncias entre objetos no espaço sideral. A pesquisa de unidades astronômicas teve como intenção fornecer uma abordagem inicial como introdução para o cálculo de ano-luz (atividade 4). Como os alunos fizeram a pesquisa em casa, a maior parte dos textos trouxeram as definições da *Wikipédia*.

Poucos foram os que procuraram fontes alternativas para um maior aprofundamento.

Isso permite concluir que o aluno precisa de orientação quanto a profundidade dos textos presentes na Internet, que pode conter textos indo da mais superficial abordagem até aqueles fornecidos por fontes confiáveis, como



CERN (Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire) e Observatório Nacional, que apresentam maior embasamento teórico.

#### **Atividade 4:**

O cálculo do ano-luz, mesmo com acompanhamento do professor, teve uma porcentagem de aproveitamento muito baixa, pois os alunos de primeiro ano de ensino médio em geral possuem uma defasagem matemática muito grande, principalmente em relacionar grandezas, o que dificultou muito o desenvolvimento da atividade. O trabalho com potências de base 10 se mostrou bastante difícil. Pode-se dizer que a dificuldade matemática obscureceu a física que se pretendia estudar confirmando as afirmações de Pietrocola (2003), que considera a matemática como um obstáculo ao ensino de física.

Foi possível notar que a maioria dos alunos chegaram ao ensino médio sem o domínio das habilidades matemáticas necessárias para o desenvolvimento da física, como, por exemplo, as habilidades abaixo que foram retiradas da matriz curricular de matemática:

D20 – Resolver problema com números inteiros envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação).

D21 – Reconhecer as diferentes representações de um número racional.

D22 – Identificar fração como representação que pode estar associada a diferentes significados.

D23 – Identificar frações equivalentes.

D24 – Reconhecer as representações decimais dos números racionais como uma extensão do sistema de numeração decimal identificando a existência de "ordens" como décimos, centésimos e milésimos.

D25 – Efetuar cálculos que envolvam operações com números racionais (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação).

D26 – Resolver problema com números racionais que envolvam as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação).

D27 – Efetuar cálculos simples com valores aproximados de radicais.

D28 – Resolver problema que envolva porcentagem.

D29 – Resolver problema que envolva variações proporcionais, diretas ou inversas entre grandezas.

D30 – Calcular o valor numérico de uma expressão algébrica.

D31 – Resolver problema que envolva equação de segundo grau.

A deficiência nas habilidades apresentadas acima é muito preocupante se levarmos em consideração a frequência com que tais habilidades são requeridas nas aulas de física. Isto pode levar o professor a escolher entre dois caminhos, fazer uma revisão matemática sempre que necessário ou abrir mão da matematização da física e abordar apenas os fenômenos envolvidos sem se preocupar com os cálculos que deveriam ser desenvolvidos.

#### **Atividade 5a e 5b:**

Pesquisa e preenchimento de tabelas comparativas pode ser uma boa maneira de se relacionar objetos de estudo para conhecer suas semelhanças e diferenças.

Na presente atividade, o estudo das tabelas permitiu aos alunos perceber as relações entre os planetas telúricos, estabelecendo suas semelhanças e os distinguindo dos jovianos por suas diferenças. Este se mostrou um modo prático e nítido, facilitando a visualização da organização do Sistema Solar. A organização dos planetas não deve ser vista como mero método de organização administrativa. Os planetas estão assim dispostos por suas características físicas, algo que deve ser ressaltado em sala de aula.

#### **Atividade 6:**

Levar os alunos à sala de informática é sempre algo desafiador porque os computadores disponíveis estão sempre em menor quantidade que o número de alunos. Dentro da nossa realidade escolar, não se pode descartar que possivelmente sempre haverá um ou outro danificado. No entanto, a despeito disso, os alunos ficaram entusiasmados com as novas descobertas feitas sobre o planeta-anão Plutão, que ao contrário do que todos pensavam, apresenta cinco satélites orbitando ao seu redor e que foram fotografados em alta resolução pela sonda *New Horizons*, lançada pela agência espacial NASA. Imagens de baixa resolução obtidas pelo telescópio *Hubble* anos atrás puderam ser comparadas com as atuais. Além disso, eles começaram a pesquisar sobre outros planetas-anões e ficaram surpresos com a grande variação nos períodos orbitais desses planetas-anões.

Os estudantes tinham poucas informações sobre Plutão, e sobre outros planetas de um modo geral, apesar de disponíveis na Internet. Talvez isso mostre como deixou de ser atrativo para estas gerações olhar para o céu.

#### **Atividade 7:**

Após pesquisa inicial, a atividade proposta aqui fez uso do *software Stellarium*, que está disponível para *download* gratuito no *site*: <http://www.stellarium.org/pt/> (acesso em 02/07/2016) e permite que os alunos tenham uma visualização muito boa do Sistema Solar e do espaço sideral em geral, pois mostra informações referentes sobre planetas, estrelas, galáxias e constelações, tudo com uma resolução gráfica muito boa. Foi uma aula mais descontraída onde os alunos ficaram livres para explorar o *software* da maneira que melhor lhes conviesse. No entanto, a atividade apesar de livre foi direcionada, pois os alunos deveriam seguir o roteiro inicial dado pelo professor e que incluía conhecer o Sistema Solar interno, o Sol, o Sistema Solar externo, explorando as potencialidades do programa e percebendo as diferenças entre o sistema geocêntrico e o sistema heliocêntrico. Foram estimulados a utilizar as diferentes possibilidades de escolha de referenciais de observação, muito embora não seja objeto de estudo aqui. Os alunos com maior facilidade foram convidados a procurar o cometa Halley quando passou próximo à Terra.

#### **Atividade 8:**

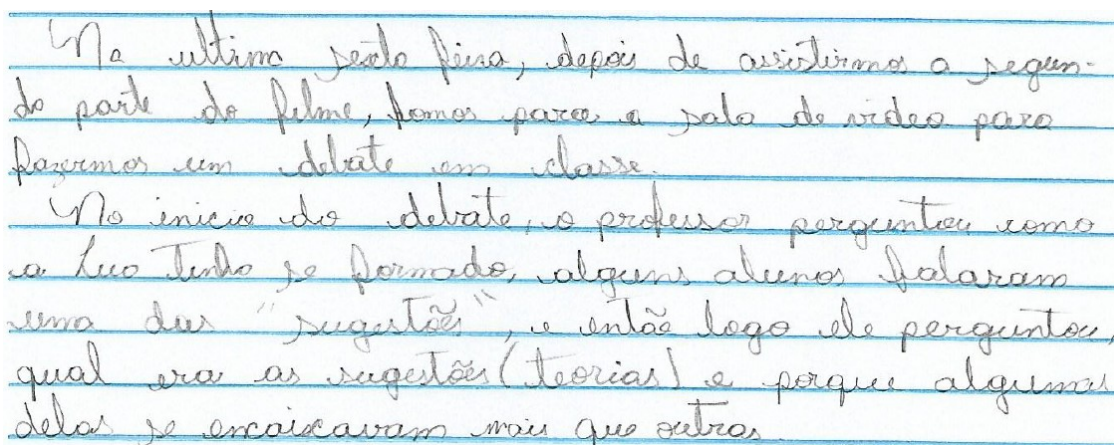
Como esperado, os alunos mostraram certa dificuldade no entendimento do texto científico, muito provavelmente porque não estão acostumados a esse tipo de literatura. Os termos utilizados e a própria formatação do texto eram novidades para a maioria. Vários alunos comentaram que era a primeira vez que estavam tendo contato com um artigo científico e que nem sabiam do que se tratava. Fez-se então necessário uma introdução sobre o que é um artigo, qual sua função e como está sendo utilizado nas universidades para divulgação científica e desenvolvimento tecnológico. Em seguida deu-se continuidade à leitura do artigo, estando os alunos preparados com um dicionário ao lado para que buscassem os significados das palavras desconhecidas evitando que o texto perdesse o sentido.

Um fato que vale a pena ser mencionado foi a dificuldade apresentada pelos alunos devido à falta de conhecimento de várias palavras, que a princípio deveriam fazer parte de seus vocabulários. Termos como luz incidente, binário e saciar tiveram que ser pesquisados no dicionário, o que tornou o desenvolvimento do texto um pouco mais trabalhoso. No entanto, o fato de ter sido trabalhado com leitura compartilhada atuou como facilitador para o desenvolvimento do texto, obtendo um bom resultado com a compreensão dos fenômenos abordados.

### **Atividade 9:**

Assistirem ao vídeo de abertura da roda de debate foi importante para o entendimento dos fenômenos relacionados, sendo o ponto alto a discussão sobre as quatro teorias de possível formação da Lua, onde os alunos realmente tentavam entender como uma ou outra teoria poderia realmente ter acontecido. Houve, inclusive, demonstrações onde os próprios alunos tomavam as posições dos planetas para teatralizar a teoria. A discussão foi muito esclarecedora e significativa e ao final do debate, vários alunos agradeceram pela possibilidade de socializar livremente seus pensamentos. Abaixo fragmentos de alguns relatórios redigidos após o término do debate.

FIGURA 22 – Trecho do relatório desenvolvido pelo aluno 5, após o debate.



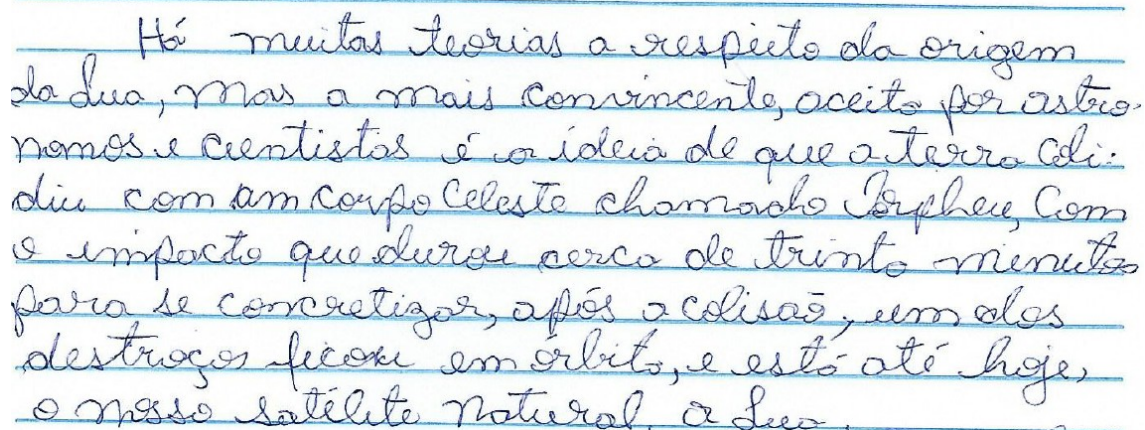
Na ultima parte final, depois de assistirmos a segunda parte do filme, fomos para a sala de video para fazermos um debate em classe.

No inicio do debate, o professor perguntou como a lua tendo se formado, alguns alunos falaram uma das "sugestões", e então logo ele perguntou qual era as sugestões (teorias) e porque algumas delas se encaixavam mais que outras.

Fonte: o autor (2015)

Na figura 22 o trecho recortado do relatório do aluno 5 mostra como foi conduzido o debate pelo professor, instigando os alunos a entrarem no debate.

FIGURA 23 – Trecho do relatório desenvolvido pelo aluno 6, após o debate.

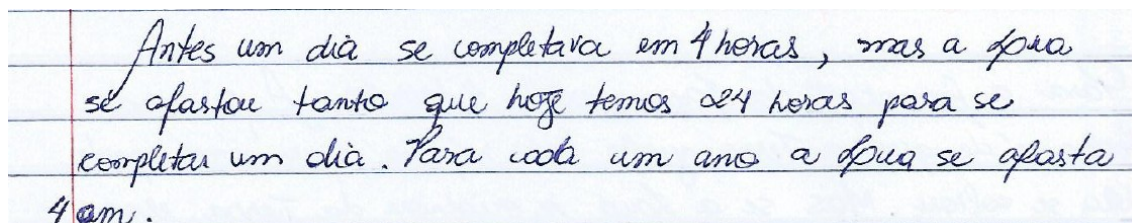


Há muitas teorias a respeito da origem da lua, mas a mais convincente, aceita por astrônomos e cientistas é a ideia de que a terra colidiu com um corpo celeste chamado Teyia, com o impacto que durou cerca de trinta minutos para se concretizar, após a colisão, um dos destroços ficou em órbita, e está até hoje, o nosso satélite natural, a lua.

Fonte: o autor (2015)

Já o trecho recortado presente na figura 23 mostra o aluno já com uma opinião formada sobre o ocorrido onde tenta explicar com suas próprias palavras o fenômeno da formação da Lua de acordo com o que ele aprendeu e levando em consideração as opiniões socializadas no debate.

FIGURA 24 – Trecho do relatório desenvolvido pelo aluno 11, após o debate.



Antes um dia se completava em 4 horas, mas a lua se afastou tanto que hoje temos 24 horas para se completar um dia. Para cada um ano a lua se afasta 4cm.

Fonte: o autor (2015)

Na figura 24 o aluno tenta explicar o que ocorreu com a rotação do nosso planeta no período em que a Lua estava se formando. O fato da Lua se afastar fez com que a rotação do planeta diminuísse aumentando as horas do dia. Tal opinião se formou após o debate ter auxiliado no entendimento do fenômeno ocorrido com a Lua.

#### **Atividade 10:**

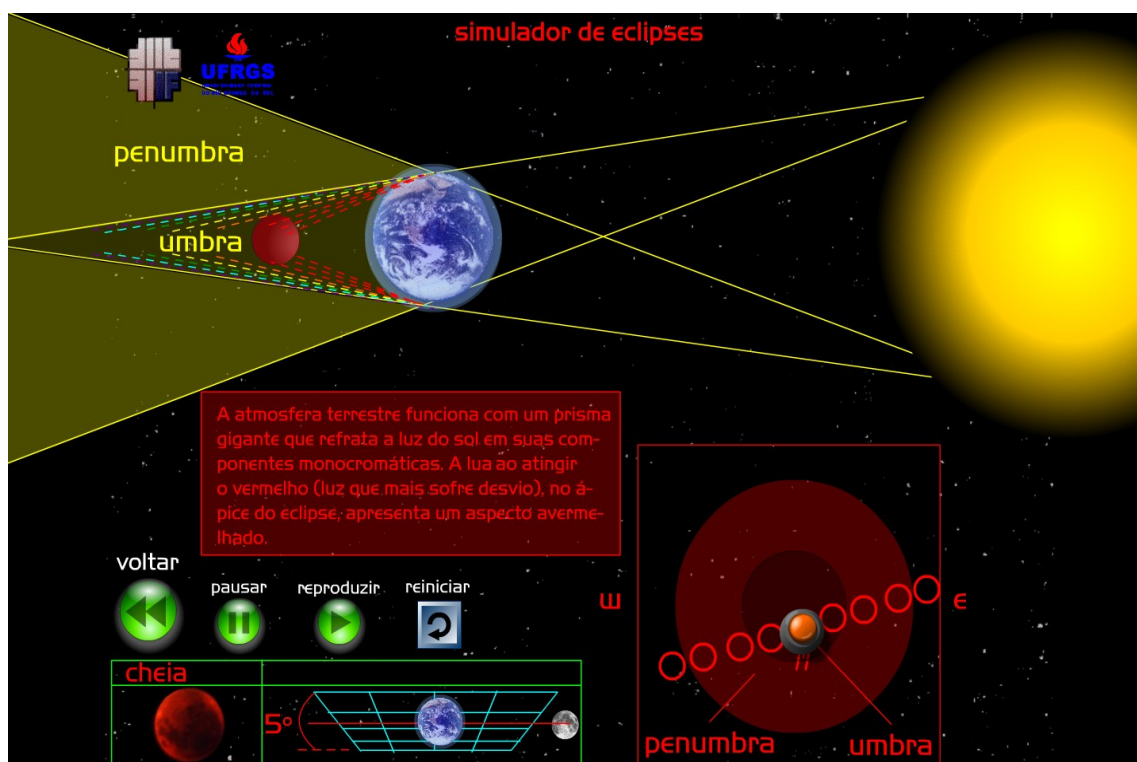
O experimento era bastante simples, porém fundamental para o entendimento sobre as fases da Lua. Durante o desenvolvimento do

experimento, os alunos percebiam que realmente apenas uma parte da Lua era iluminada devido à posição geométrica entre o ponto de luz (Sol), a cabeça do aluno (Terra) e a laranja (Lua). Após o término do experimento nenhum aluno tinha o conceito errôneo de que a Lua aumentava e diminuía de tamanho no céu.

### Atividade 11:

O simulador de eclipses demonstrado na figura 25, mostra de maneira simples a diferença entre os eclipses Solares e lunares, muitas vezes confundidos pelos alunos. Vale notar que havia alunos que desconheciam como os fenômenos ocorriam. Ao utilizar o simulador foi possível perceber o crescente interesse dos estudantes no fenômeno porque percebiam a variação da sombra feita no corpo celeste, fazendo com que realmente fosse possível perceber o fenômeno ocorrendo.

FIGURA 25 – Cópia da tela do computador no momento do funcionamento do simulador.



Fonte: UFRGS.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/links/simulacoes-e-animacoes> . Aceso em 30 set.2015.

**Atividade 12:**

Por se tratar de uma apresentação que deveria ser feita para toda a sala, poderia ser esperado um menor interesse por parte dos alunos, que em geral não gostam de atividades onde tenham que se expor. No entanto, alguns alunos realmente se destacaram e pesquisaram os asteroides mais significativos, fazendo apresentações que indicavam interesse na exploração de informações científicas. No anexo B é possível encontrar uma das apresentações desenvolvidas por um grupo desses alunos.

**Atividade 13:**

O experimento de produção de cometa foi encarado com muito entusiasmo pelos estudantes, pois o fato de construir algo novo foi bastante motivador. Provavelmente contribuiu para isso o fato de utilizarem gelo seco e carvão que juntos produziam efeitos que eles não tinham contato no dia a dia. Todos os grupos participaram e desenvolveram seus cometas, pois a intenção era entender como era formado seu interior e de que maneira surge a cauda.

Após ter macerado o carvão e desenvolvido o corpo do cometa, todos queriam levar ao ventilador para perceber a cauda surgindo, conforme ocorre no vento Solar. Percebeu-se uma mistura de alegria e descoberta ao notar que o funcionamento do cometa é possível de ser entendido a partir de um experimento tão simples em sala de aula. Foi muito gratificante ver a satisfação com que os alunos concluíram o experimento e entenderam os resultados obtidos.

A seguir algumas imagens tiradas no dia do experimento, mostrando a fase de produção de cometas.



FIGURA 26 – Produção do modelo de cometa pelo grupo 1.



Fonte: o autor (2015)

FIGURA 27 – Produção do modelo de cometa pelo grupo 2.



Fonte: o autor (2015)

**Atividade 14:**

Ao utilizar uma apresentação de *slides* (apêndice C) no telão, devido às imagens de nebulosas e o próprio assunto, os alunos ficaram muito curiosos em saber de que se tratavam as imagens. Os questionamentos relacionados às



imagens foram muito grandes, vários perguntavam ao mesmo tempo e às vezes até se atrapalhando. As perguntas mais comuns foram: “Mas isso existe mesmo?”, “Qual o tamanho dessa nuvem? ”, “Isso fica perto da gente? ”, “Como uma estrela pode nascer disso aí? ” As perguntas demonstravam o alto grau de curiosidade apresentado pelos alunos, ativada pela beleza do desconhecido, cada imagem que aparecia na tela fazia com que suas cabeças criassem várias dúvidas que foram sendo sanadas durante a apresentação da maneira mais visual possível. Foram utilizadas imagens de alta definição com a intenção de causar um impacto visual, como as figuras 28 e 29 mostradas abaixo.

O objetivo da atividade era fazer com que os alunos tivessem conhecimento das localidades do nosso universo onde existe a formação de estrelas, que foi atingido, se não em sua totalidade, muito próximo a ela. Os questionamentos dos alunos foram fundamentais para o que o processo ensino e aprendizagem obtivesse êxito.

FIGURA 28 – Os Pilares da Criação.



Fonte:Nasa.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Disponível em: <http://apod.nasa.gov/apod/ap150107.html>. Acesso em: 08 out.2015

FIGURA 29 – Nebulosa Cabeça de Cavalo.



Fonte:Nasa.<sup>15</sup>

**Atividade 15:**

Os primeiros sete minutos do documentário foram importantíssimos para que os alunos entendessem o processo de formação de uma estrela, da nebulosa à protoestrela, em seguida ao nascimento da estrela e sua entrada na sequência principal.

**Atividade 16:**

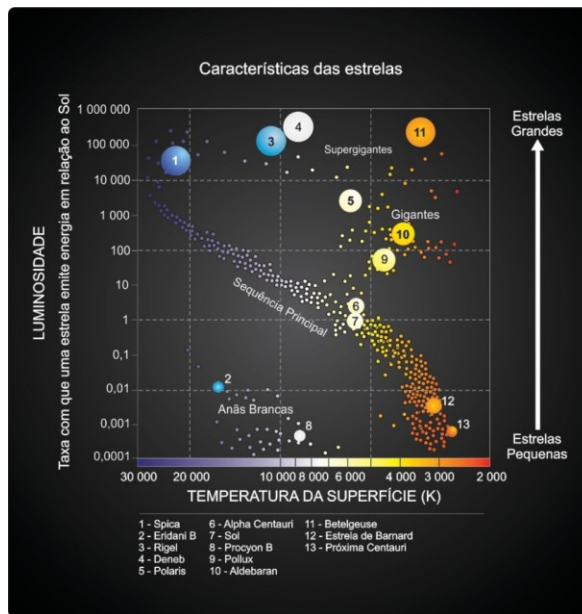
Foi necessária novamente a utilização da apresentação de *slides*, para a demonstração do diagrama HR que auxiliou em muito o entendimento pelos alunos.

Antes da demonstração do professor, não houve um entendimento claro do diagrama, tanto que alguns alunos acharam que a posição sete seria a posição do Sol no universo.

---

<sup>15</sup> Disponível em: <http://apod.nasa.gov/apod/ap031007.html>. Acesso em: 08 out.2015

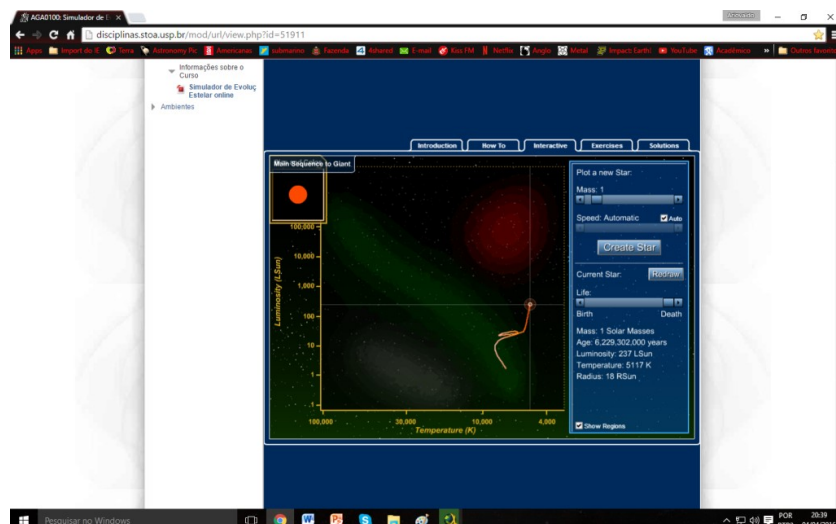
FIGURA 30 – Diagrama HR, demonstrando a sequência principal.



Fonte :UFRGS. <sup>16</sup>

Mas após a explanação do professor e a demonstração da evolução utilizando o simulador abaixo, ficou claro o processo de evolução estelar. Em seguida os alunos ficaram livres para “criarem” suas próprias estrelas no simulador.

FIGURA 31 – Cópia da tela do computador no momento da utilização do simulador do diagrama HR.



Fonte: USP. <sup>17</sup>

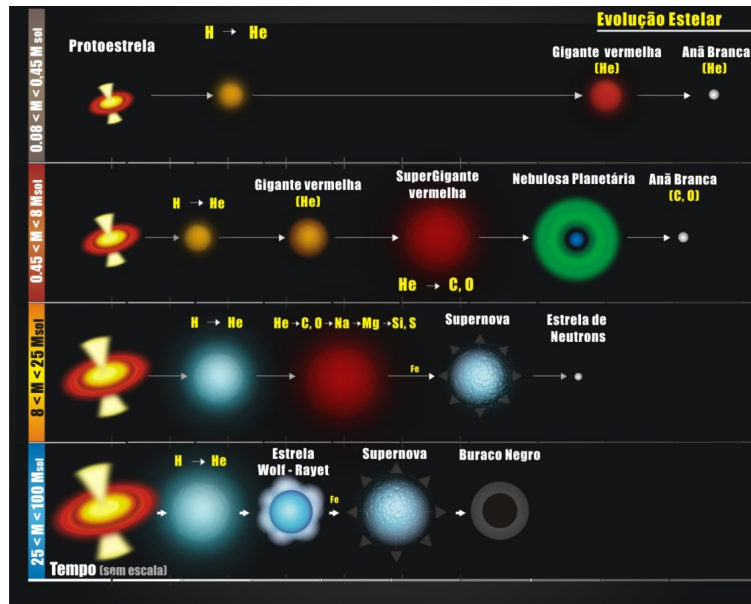
<sup>16</sup> Disponível em: <http://astro.ifrugs.br/estrelas/node2.htm>. Acesso em 29 ago. 2015

<sup>17</sup> Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/mod/url/view.php?id=51911>. Acesso em 30 out.2015.

### Atividade 17:

Para que a morte das estrelas fosse bem compreendida, a explicação da imagem abaixo foi imprescindível para que entendessem os diferentes estágios finais referentes a cada tipo de estrela.

FIGURA 32 – Ciclo de Evolução Estelar em relação à massa das estrelas.



Fonte: UFRGS.<sup>18</sup>

### Atividade 18:

O fechamento do tema com o restante do documentário para que os alunos tivessem uma visão ampla dos fenômenos que ocorrem com uma estrela, terminando com a entrega de um relatório, teve a intenção de indicar como foi a evolução dos alunos e se as habilidades requeridas foram absorvidas.

Nos recortes de relatórios abaixo é possível perceber que as habilidades foram amplamente dominadas pelos alunos.

<sup>18</sup> Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>. Acesso em 29 ago. 2015

FIGURA 33 – Recorte de relatório demonstrando os conceitos absorvidos pelo aluno 1.

\* As estrelas com maior massa elas têm a vida mais curta que uma estrela de menor massa.

\* A gravidade forma a estrela e depois a gravidade a destrói.

\* A estrela se forma a partir de um disco opusculante.

\* Os pilares da criação são um berçário estelar.

\* A estrela tem luz própria.

Fonte: o autor (2015)

É possível perceber na figura 33, que vários fenômenos físicos foram absorvidos pelo aluno, como por exemplo, a massa que é fundamental no tempo de vida de uma estrela, a gravidade que possibilita a criação de estrelas e que as estrelas nascem em lugares específicos, os berçários de estrelas.

FIGURA 34 – Recorte de relatório demonstrando os conceitos absorvidos pelo aluno 2.

O hidrogênio é o principal componente das Estrelas, dentro desses lugares formadora de Estrelas chamados Nebulosas, concentração de gás e poeira formam pequenas nuvens em milhões de anos, unidas pela gravidade. Cada uma dessas nuvens contrai e produz de dezenas a milhares de estrelas, para formar uma estrela como o Sol é preciso e precisa uma concentração de gás e poeira 100 vezes maior do que o nosso sistema Solar.

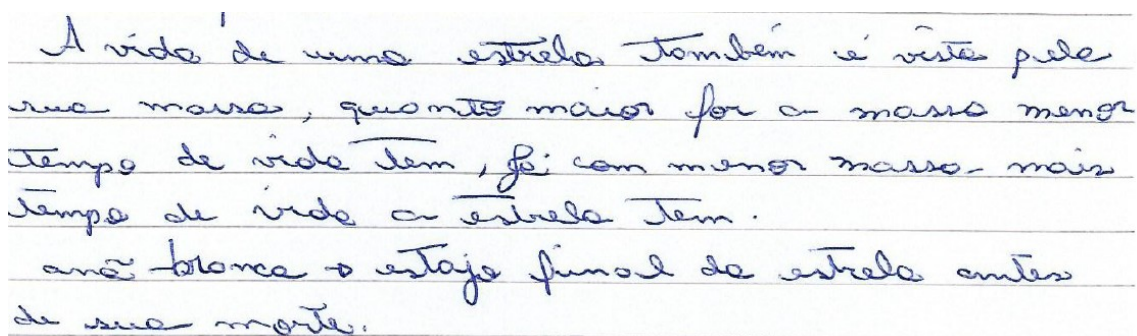
Fonte: o autor (2015)

O aluno 2 percebeu que as estrelas têm como seu combustível principal o hidrogênio, que nascem dentro de nebulosas, nuvens de gás e poeira unidas



pela gravidade e que com sua contração podem formar estrelas como o nosso Sol.

FIGURA 35 – Recorte de relatório demonstrando os conceitos absorvidos pelo aluno 3.



A vida de uma estrela também é vista pela sua massa, quanto maior for a massa menor tempo de vida tem, já com menor massa, mais tempo de vida a estrela tem.  
anã branca o estágio final de estrela antes de sua morte.

Fonte: o autor (2016)

O aluno 3, na figura 35, especifica a relação entre massa e tempo de vida da estrela, frisando que quanto maior a massa menor o tempo de vida e vice-versa. No final também define que anã branca é um estágio final na vida de uma estrela.

### 5.3 Análise da avaliação final

Procurando uma melhor visualização dos resultados, foram tabuladas as respostas aos questionários. Como dito anteriormente, foram avaliados dois grupos distintos: o primeiro grupo era formado pelos meus alunos, duas turmas de primeiro ano de ensino médio que iriam participar do projeto na íntegra. O segundo grupo, chamado grupo de controle, seria composto de duas outras turmas que não participaram das aulas, que seriam ministradas por outro professor que colaborou de forma ativa com o trabalho auxiliando e aplicando em seus alunos a mesma avaliação proposta para as turmas que participaram do projeto. Foi criado assim um parâmetro comparativo, pois o professor citado acima trabalhou da forma tradicional, conforme as instruções da secretaria da educação do estado de São Paulo.

A avaliação final aplicada tanto com os alunos participantes do projeto quanto ao grupo de controle teve como função fornecer as informações

necessárias para averiguar se houve ou não evolução dos alunos e também fazer um comparativo entre o aproveitamento dos grupos de alunos. As questões foram tabuladas de maneira a facilitar o entendimento e a observação dos resultados e logo em seguida foi feita uma análise de cada questão avaliada. A questão 3 teve que ser tabulada separadamente devido à inúmera quantidade de subitens que dificultariam a sua colocação na mesma tabela.

Tabela 3: Tabulação das questões por acertos, total de alunos e aproveitamento percentual.

Questão	Acertos	Total de alunos	Aproveitamento (%)
1	30	49	62%
2	28	49	57%
4	26	49	53%
5	2	49	4%
6	9	49	18%
7	25	49	51%
8	34	49	69%
9	43	49	88%
10	17	49	35%

Fonte: dados trabalhados pelo autor (2016)

Tabela 4: Tabulação das questões por acertos, total de alunos e aproveitamento percentual do grupo de controle.

Questão	Acertos	Total de alunos	Aproveitamento (%)
1	11	58	19%
2	12	58	21%
4	9	58	15%
5	0	58	0%
6	9	58	15%
7	14	58	24%
8	20	58	34%
9	20	58	34%
10	8	58	18%

Fonte: dados trabalhados pelo autor (2016)

Tabela 5: Tabulação das questões por acertos, total de alunos e aproveitamento percentual, referentes à questão 3.

Questão 3	Acertos	Total de alunos	Aproveitamento (%)
A	32	49	65
B	17	49	35
C	20	49	40
D	36	49	73
E	29	49	60
F	20	49	40
G	22	49	45
H	49	49	100
I	26	49	53
J	25	49	51
K	26	49	53

Fonte: dados trabalhados pelo autor (2016)

Tabela 6: Tabulação das questões por acertos, total de alunos e aproveitamento percentual, referentes à questão 3 do grupo de controle.

Questão 3	Acertos	Total de alunos	Aproveitamento (%)
A	34	58	58
B	16	58	27
C	19	58	32
D	28	58	48
E	10	58	17
F	2	58	03
G	2	58	03
H	32	58	55
I	6	58	10
J	0	58	0
K	11	58	19

Fonte: dados trabalhados pelo autor (2016)



### 5.3.1 Análise das questões propostas:

1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.

Habilidades a serem alcançadas:

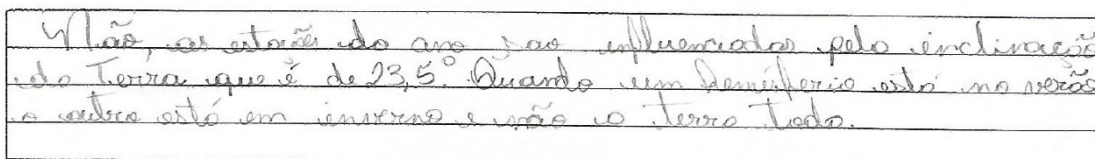
- Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de posição e outras variáveis;
- Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana.

Espera-se que nesta questão, que o aluno seja capaz de explicar que a variação da temperatura do planeta não tem nenhuma relação com a distância entre a Terra e o Sol e sim com a inclinação do eixo terrestre em relação à eclíptica.

A resposta abaixo mostra que o aluno 1 reconhece o fenômeno e consegue explicá-lo.

FIGURA 36 – Recorte da questão demonstrando o entendimento do aluno 1.

1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.



Não, as estações do ano são influenciadas pela inclinação do Terra que é de  $23,5^\circ$ . Quando um hemisfério está no verão o outro está em inverno e não o Terra todo.

Fonte: o autor (2016)

O aluno 1 percebeu, de acordo com o recorte da figura 36, que o fator que influencia nas estações do ano é a inclinação do planeta Terra e ainda frisou que a inclinação atual é de  $23,5^\circ$ , demonstrando que as habilidades foram absorvidas com sucesso.

FIGURA 37 – Recorte da questão demonstrando o entendimento do aluno 2.

1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.

Não. O que realmente influencia as estações é a inclinação do eixo da Terra. Conforme da figura, a luz do sol reflete nela quando isso acontece o lado que recebe a luz solar fica mais quente, assim como esse foto não sei.
---

Fonte: o autor (2016)

O aluno 2 também reconhece o fenômeno, resposta demonstrada na figura 37, mas fica um pouco confuso ao explicá-lo, pois tenta explicar a translação do planeta mas comenta sobre sua rotação.

FIGURA 38 – Recorte da questão demonstrando o entendimento do aluno 3.

1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.

NÃO, O VERÃO OCORRE PELA INCLINAÇÃO DA TERRA.

Fonte: o autor (2016)

O aluno 3 reconhece o fenômeno (figura 38), mas não se preocupa em explicar detalhadamente.

FIGURA 39 – Recorte da questão demonstrando o entendimento do aluno 4.

1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.

O verão acontece quando a inclinação do planeta está em direção ao sol.

Fonte: o autor (2016)

O aluno 4 conhece o fenômeno, mas tem dificuldade em descrevê-lo, como é possível observar na figura 39. Faltou ao aluno dissertar sobre os hemisférios, o que facilitaria o entendimento de sua resposta.

FIGURA 40 – Recorte da questão demonstrando o entendimento do aluno 5.

1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.

sim, porque o sol reflete com mais força na terra e assim é aquecendo mais.

Fonte: o autor (2016)

O aluno 5 nitidamente não absorveu as habilidades requeridas, como se observa na figura 40. Provavelmente faltou ao debate, onde o assunto foi tratado.

Após todas as atividades propostas serem desenvolvidas e a grande maioria de alunos terem se empenhado em realizar as atividades da melhor maneira possível, alguns alunos, aproximadamente 5%, por motivos desconhecidos não mostraram interesse e na avaliação tiveram baixo aproveitamento.

Observando o grupo de controle com exemplo o recorte da figura 36, percebe-se que a dificuldade foi ainda maior, pois as respostas esperadas deveriam abordar a inclinação do eixo terrestre, relacionando às estações do ano, considerando falsa a afirmação. Ao invés, apresentavam como verdadeira a afirmação da questão e sendo a explicação inerente à translação, o que não influencia nas estações.

FIGURA 41 – Recorte da questão 1, demonstrando o entendimento de um aluno do grupo de controle.

1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.

sim, quando a terra está em movimento de translação e estando mais próximo do sol.

Fonte: o autor (2016)

2- As fases da Lua: Como sabemos, a Lua gira em torno da Terra e ela sempre aparece diferente no céu. Às vezes vemos a Lua inteira, às vezes só metade, sem falar que às vezes ela nem aparece ou então aparece de dia. Mas porque isto acontece?

Habilidades a serem alcançadas:

- Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de velocidade e outras variáveis;
- Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana.

O aluno 7 dominou as habilidades necessárias para responder à questão, entendendo a natureza dos movimentos e as relações entre o Sol, Terra e Lua.

FIGURA 42 – Recorte da questão demonstrando o entendimento do aluno 7.

2- As fases da Lua: Como sabemos, a Lua gira em torno da Terra e ela sempre aparece diferente no céu. Às vezes vemos a Lua inteira, às vezes só metade, sem falar que às vezes ela nem aparece ou então aparece de dia. Mas porque isto acontece?

a lua também é iluminada pelo sol por isso  
nem sempre podemos ver sua parte que está iluminada  
pelo sol e isso inclui ela estar em diferentes formas  
para "nós" pois sua forma esférica não muda, é que  
muda a sua parte que recebe a energia solar.

Fonte: o autor (2016)

O aluno descreve com facilidade a relação entre o Sol, Terra e a Lua explicando que as fases da Lua ocorrem de acordo com a posição em que a Lua se encontra em relação aos outros astros. Afirma também que a Lua é uma esfera e tem seu formato imutável sendo apenas a mudança de posição que faz com que vejamos com formatos variados.

O aluno 8 reconheceu o movimento, mas teve dificuldade em explicar com maior clareza o fenômeno.

FIGURA 43 – Recorte da questão 2 demonstrando o entendimento do aluno 8.

2- As fases da Lua: Como sabemos, a Lua gira em torno da Terra e ela sempre aparece diferente no céu. Às vezes vemos a Lua inteira, às vezes só metade, sem falar que às vezes ela nem aparece ou então aparece de dia. Mas porque isto acontece?

Por causa do luz refletida do sol na lua. Dependendo  
de como estiver recebendo os raios solares e o modo  
que reflete e vem para a Terra

Fonte: o autor (2016)

Talvez se o aluno tivesse iniciado a resposta dando ênfase a posição da Lua em relação à Terra e o Sol, seria mais fácil explicar o fenômeno.

O aluno 9 alcançou as habilidades, mas explicou muito superficialmente o fenômeno.

FIGURA 44– Recorte da questão 2 demonstrando o entendimento do aluno 9.

2- As fases da Lua: Como sabemos, a Lua gira em torno da Terra e ela sempre aparece diferente no céu. Às vezes vemos a Lua inteira, às vezes só metade, sem falar que às vezes ela nem aparece ou então aparece de dia. Mas porque isto acontece?

<i>Isso ocorre devido a posição do Sol e da Lua referente ao Sol</i>

Fonte: o autor (2016)

É possível perceber que alguns alunos apesar de terem adquirido as habilidades necessárias, não se esforçaram em responder adequadamente às questões.

FIGURA 45 – Recorte da questão 2 demonstrando o entendimento de outro aluno do grupo de controle.

2- As fases da Lua: Como sabemos, a Lua gira em torno da Terra e ela sempre aparece diferente no céu. Às vezes vemos a Lua inteira, às vezes só metade, sem falar que às vezes ela nem aparece ou então aparece de dia. Mas porque isto acontece?

<i>A lua ao girar em torno do sol faz sombra, e com isso nos vemos algumas partes da lua, fazendo as fases lunares</i>

Fonte: o autor (2016)

O aluno do grupo de controle ao dizer que a Lua gira em torno do Sol demonstra que não possui habilidade de perceber que o Sol está muito mais distante da Terra do que a Lua, sendo impossível a Lua girar em torno do Sol tornando a resposta impossível.

O grupo de controle obteve um aproveitamento de 21%, sendo que vários alunos deixaram a resposta em branco e apenas 12 alunos demonstraram ter as habilidades necessárias.

3- Responda rápido:

- a) Qual é o maior planeta do Sistema Solar?
- b) E o menor?
- c) Qual é o mais distante do Sol?
- d) Qual é o mais próximo?
- e) Qual planeta tem mais satélites? Quantos?
- f) Qual se parece mais com a Terra, em tamanho?
- g) O planeta mais próximo do Sol é também o mais quente?
- h) Todos os planetas têm satélites?
- i) Quais não têm satélites?
- j) Quais os planetas que têm anéis?
- k) Que tipo de planeta possui superfície sólida: os grandes ou os pequenos? Explique.

Habilidades a serem alcançadas:

- Estimar e comparar as dimensões espaciais (tamanho e distância).

Como era esperado, os alunos apresentaram bom desempenho nesta questão, por tratar de conteúdos já estudados no ensino fundamental. O grupo de controle apresentou um aproveitamento muito baixo, inclusive preocupante, pois ocorreram erros gravíssimos de conceitos básicos que um aluno de ensino médio deve ter como bagagem de conhecimento, observe os exemplos na figura 46.



FIGURA 46 – Recorte da questão 3 demonstrando o entendimento de alunos do grupo de controle.

3- Responda rápido:

a) Qual é o maior planeta do Sistema Solar?

b) E o menor?

c) Qual é o mais distante do Sol?

e) Qual planeta tem mais satélites?  
Quantos?

Fonte: o autor (2016)

Tais respostas são preocupantes, pois não são enganos, demonstram falta de noções básicas sobre o Sistema Solar. Seria necessária uma retomada de conceitos para tentar minimizar o problema.

4- Qual a importância da Lua para nosso Planeta? Por que a Lua está se afastando?

Habilidades a serem alcançadas:

- Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana.

FIGURA 47 – Recorte da questão 4 demonstrando o entendimento do aluno 10.

4- Qual a importância da Lua para nosso Planeta? Por que a Lua está se afastando?

A Lua conserva a mesma velocidade em  $29,5^\circ$ , devido ao fato de o eixo mudar e horizontal em até  $90^\circ$ . A qual da mar. faz um movimento de repulsão ou seja, está "empurrando" seu corpo longe do planeta.

Fonte: o autor (2016)

O aluno 10 reconhece a importância da Lua de acordo com a figura 47 e associa com os fenômenos naturais, dominando totalmente a habilidade esperada.

FIGURA 48 – Recorte da questão 4 demonstrando o entendimento do aluno11.

4- Qual a importância da Lua para nosso Planeta? Por que a Lua está se afastando?

A lua é muito importante para a terra continuar  
com sua vida numa inclinação certa.  
Por causa da gravidade

Fonte: o autor (2016)

O aluno não atingiu a habilidade esperada, mas sabe que a Lua tem uma influência sobre o planeta, mantendo a inclinação do nosso planeta estável.

FIGURA 49 – Recorte da questão 4 demonstrando o entendimento do aluno 12.

4- Qual a importância da Lua para nosso Planeta? Por que a Lua está se afastando?

Se não existisse a lua nosso planeta giraria muito  
mais rápido e com a existência da lua ela ajuda a  
não ser assim.

Fonte: o autor (2016)

Apesar de não responder de acordo com o esperado, demonstra que o aluno adquiriu habilidades relativas à importância da Lua, pois a Lua também influencia na rotação do nosso planeta.

FIGURA 50 – Recorte da questão 4 demonstrando o entendimento do aluno 13.

4- Qual a importância da Lua para nosso Planeta? Por que a Lua está se afastando?

A lua tem importância por que é ela que mantém  
a rotação do terra em ordem e é ela que está se afastando  
por causa da gravidade mantendo (ondas do mar).

Fonte: o autor (2016)

Na figura 50, o aluno respondeu bem, mas confundiu correntes marítimas com marés.

Analisando o grupo de controle na figura 51, percebemos que o aluno ainda tem uma visão muito inocente da importância da Lua.



FIGURA 51 – Recorte da questão 4 demonstrando o entendimento do aluno do grupo de controle.

4- Qual a importância da Lua para nosso Planeta? Por que a Lua está se afastando?

Por conta de iluminar a Terra.

Fonte: o autor (2016)

A iluminação da Lua só ocorre, pois esta reflete a luz do Sol, sendo possível perceber que o aluno não adquiriu a habilidade necessária.

- 5- Sabendo que a velocidade da luz é de aproximadamente 300.000 km/s, qual a distância entre a Terra e o Sol, sabendo que a luz leva 8,27 min. para chegar até aqui?

Habilidades a serem alcançadas:

- Calcular proporções envolvendo distâncias e tempo.
- Reconhecer o conceito de ano-luz.

FIGURA 52 – Recorte da questão 5 demonstrando o entendimento do aluno 7.

- 5- Sabendo que a velocidade da luz é de aproximadamente 300.000 km/s, qual a distância entre a Terra e o Sol, sabendo que a luz leva 8,27 min. para chegar até aqui?

$15,2 \cdot 10^6 \text{ km}$

Fonte: o autor (2016)

O aluno 7 desenvolveu o cálculo, fez as transformações de unidade necessárias, mas não registrou o raciocínio na avaliação e errou na notação científica. É necessário que o aluno perceba que o cálculo é a demonstração do seu raciocínio, sendo fundamental deixá-lo na atividade.

FIGURA 53 – Recorte da questão 5 demonstrando o entendimento do aluno 8.

5- Sabendo que a velocidade da luz é de aproximadamente 300.000 km/s, qual a distância entre a Terra e o Sol, sabendo que a luz leva 8,27 min. para chegar até aqui?

$365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31.536.000$	$180.000 \cdot 100 \text{ km}$
$31.536.000 \cdot 8,27 = 260.800.720$	
$260.800.720 = 7,82 \cdot 10^{10}$	

Fonte: o autor (2016)

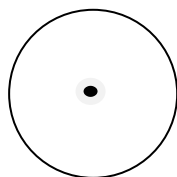
O aluno 8 não foi capaz de desenvolver o cálculo corretamente, mas conhecia a distância média entre o Sol e a Terra. Mostrando habilidade de contornar o problema e encontrar uma alternativa.

Quando se trata de cálculo, a dificuldade aumenta muito, a defasagem que os alunos apresentam é enorme, mostrando que os alunos envolvidos neste trabalho precisam de incentivo para desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.

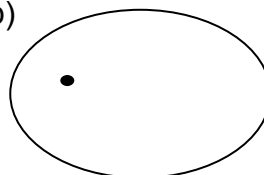
Nenhum aluno do grupo de controle foi capaz de resolver a questão, a maioria deixou em branco.

6- Qual desenho abaixo melhor representa a órbita da Terra em torno ao Sol?

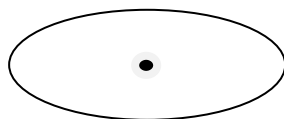
a) ←



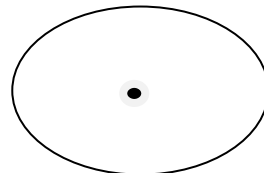
b)



c)



d)



Fonte: o autor (2016)

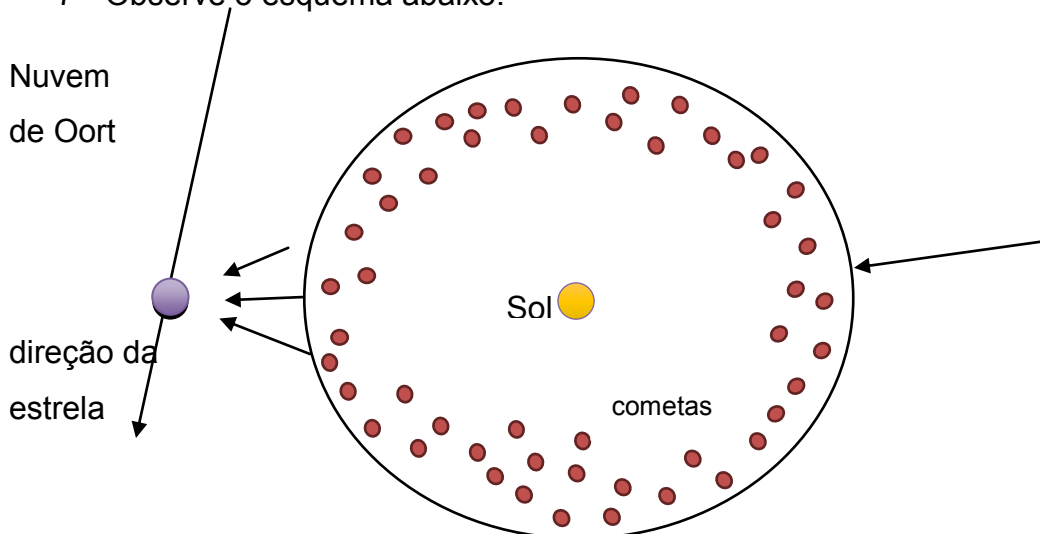
Habilidades a serem alcançadas:

- Representar graficamente órbitas dos planetas do Sistema Solar.
- Analisar as trajetórias dos planetas do Sistema Solar.

Apenas 18 % dos alunos foram capazes de acertar a alternativa correta. O erro se deve principalmente à maioria dos livros didáticos mostrarem de

maneira errônea a órbita da Terra em torno ao Sol. Esse raciocínio é bastante difícil de ser abandonada pelos alunos.

7- Observe o esquema abaixo:



O esquema está demonstrando um fenômeno que ocorre entre o Sol e estrelas próximas, alguns anos luz, quando se aproxima da zona de maior aglomeração estelar em nossa galáxia. Na figura podemos perceber que:

- O Sol será atraído pela estrela e sairá de sua órbita;
- Os cometas serão atraídos pela estrela e sairão da Nuvem de Oort;
- Os cometas serão perturbados pela estrela e se deslocarão em direção ao Sol; ←
- Nada acontecerá, pois as distâncias são tão grandes que não haverá interação gravitacional.

Habilidades a serem alcançadas:

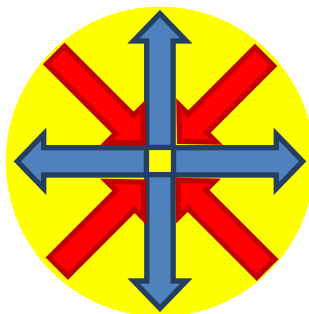
- Compreender a relação entre a intensidade do campo gravitacional, com a massa da Estrela e com a distância entre corpos celestes.

Ao todo 51% dos alunos acertaram a alternativa correspondente. Um bom resultado se levarmos em conta que a questão é bastante específica. O grupo de controle obteve 24% de acertos, provavelmente por deficiência na otimização do tempo para desenvolvimento do conteúdo utilizado pelo professor, pois o caderno de física do aluno repete muito as questões de entendimento.

8- 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.

A figura abaixo demonstra o equilíbrio hidrostático.



Fonte: o autor (2015)

Podemos concluir que ao se equilibrarem as forças, a protoestrela:

- Contraí-se até a singularidade;
- Expande suas camadas externas e esquenta;
- Inicia sua fase adulta, entrando na sequência principal; ←
- Explode em uma supernova.

Habilidades a serem alcançadas:

- Classificar, segundo conceitos físicos, os variados corpos que compõem o Universo.
- Reconhecer os modelos atuais propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, assim como do nosso Sistema Solar.

As habilidades desta questão foram entendidas pela maioria dos alunos, mostrando que entenderam o processo de evolução de uma estrela. Já o grupo de controle apresentou muita dificuldade, com um aproveitamento de apenas 34%.

- 9- Uma estrela tem seu ciclo de vida ligado a um fator muito importante. E as “mortes” mais espetaculares do universo estão ligadas diretamente a

maneira com que as estrelas queimam seu combustível. Portanto, respectivamente, qual o fator que define a “morte” de uma estrela e qual a velocidade de queima do combustível?

- a) O volume, quanto maior o volume, menor velocidade de queima do combustível;
- b) O tamanho, quanto menor o tamanho, maior a velocidade de queima do combustível;
- c) A massa, quanto maior a massa, maior a velocidade de queima do combustível; ←
- d) A gravidade, quanto maior a gravidade, menor a velocidade de queima do combustível;

Habilidades a serem alcançadas:

- Relacionar o tempo de vida de uma estrela à sua massa.

Um aproveitamento de 88%, o que mostra que a habilidade foi bem assimilada pelos alunos. Os alunos do grupo de controle, em sua maioria responderam que a gravidade é o fator determinante, não alcançando o objetivo.

10-O nosso Sol é responsável por toda a vida no Sistema Solar, como fonte principal de energia, mas o que é o nosso Sol?

- a) Uma estrela de primeira geração, rica em elementos químicos;
- b) Uma estrela de segunda geração, rica em elementos químicos;
- c) Uma estrela de segunda geração, formada por H e He; ←
- d) Uma estrela de primeira geração, formada por H e He.

Habilidades a serem alcançadas:

- Reconhecer os modelos atuais propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, assim como do nosso Sistema Solar.
- Reconhecer as características do Sol, fonte de toda a vida no planeta Terra.

Os alunos apresentaram certa dificuldade nesta questão, que teve aproveitamento de 35%, pois para eles é difícil imaginar que o nosso Sol tenha

nascido de uma explosão de outra estrela, pois de acordo com o senso comum, o Sol sempre esteve lá.

## 5.4 Análise da proposta pelos alunos

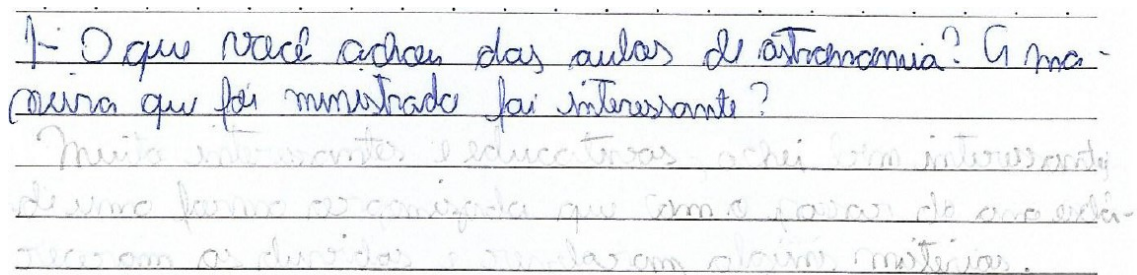
Ao final do projeto foi solicitada aos alunos uma avaliação sobre o desenvolvimento das atividades no intuito de saber sobre a aceitação da proposta e sua relevância para o ensino de física.

No formato de questões dissertativas, os alunos responderam as cinco questões abaixo:

- 1- O que você achou das aulas de Astronomia? A maneira com que foram ministradas foi interessante?
- 2- As atividades propostas foram boas? Justifique.
- 3- Quais as atividades mais bem aproveitadas?
- 4- Quais aulas foram menos motivadoras? Justifique.
- 5- Em que poderia melhorar a aula, em um contexto geral?

Abaixo, recortes de algumas das respostas obtidas.

FIGURA 54 – Resposta do aluno 2 referente a avaliação do projeto.



1- O que você achou das aulas de astronomia? A maneira que foi ministrada foi interessante?  
Muito interessante, e educativa, achei bem interessante de uma forma organizada que com o passar do ano esclareceram as dúvidas e revelaram alguns mistérios.

Fonte: o autor (2016)

“Muito interessantes e educativas, achei bem interessante de uma forma organizada que com o passar do ano esclareceram as dúvidas e revelaram alguns mistérios” (SIC).

FIGURA 55 – Resposta do aluno 5 referente a avaliação do projeto.

1- O que você achou das aulas de Astronomia?

A maneira que foi ministrado foi interessante?

Eu achei as aulas de astronomia muito legais, eu gostei muito. A maneira que foi ministrada foi muito interessante pois teve pesquisas, vídeos, experimentos etc.

Fonte: o autor (2016)

“Eu achei as aulas de Astronomia muito legais, eu gostei muito. A maneira que foi ministrada foi muito interessante, pois teve pesquisas, vídeos, experimentos etc.” (SIC).

FIGURA 56 – Resposta do aluno 6 referente a avaliação do projeto.

2) As atividades propostas foram boas? Justifique.  
Concerteza, pois foram tudo muito bem explicada, do modo que todos entendiam, as atividades foram explicativas, interessantes, elas proporcionaram algo para mim.

Fonte: o autor (2016)

“Com certeza, pois foram tudo muito bem explicada, do modo que todos entendiam, as atividades foram explicativas, interessantes, elas proporcionaram algo para mim” (SIC).

FIGURA 57 – Resposta do aluno 9 referente a avaliação do projeto.

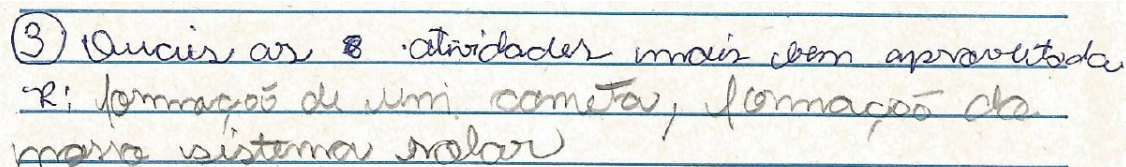
2) As atividades propostas foram boas? Justifique.  
Sim, pois quando nós praticamos a atividade, nós entendemos melhor. Somos até o agora, fizemos experimentos (com a orientação do professor), isso nos ajuda muito.  
Então as atividades propostas foram ótimas.

Fonte: o autor (2016)



“Sim, pois quando nós praticamos as atividades, nós aprendemos melhor. Fomos até o acessa, fizemos experimentos (com a orientação do professor), isso nos ajuda muito. Então as atividades propostas foram ótimas” (SIC).

FIGURA 58 – Resposta do aluno 10 referente a avaliação do projeto.

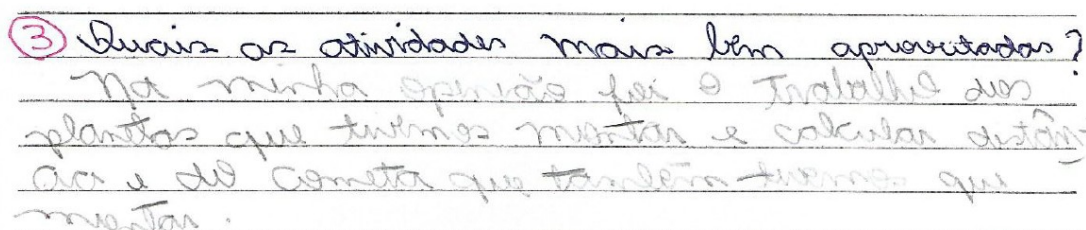


③ Quais as atividades mais bem aproveitadas?  
R: formação de um cometa, formação do  
nosso sistema solar

Fonte: o autor (2016)

“Formação de um cometa, formação do nosso sistema Solar” (SIC).

FIGURA 59 – Resposta do aluno 12 referente a avaliação do projeto.

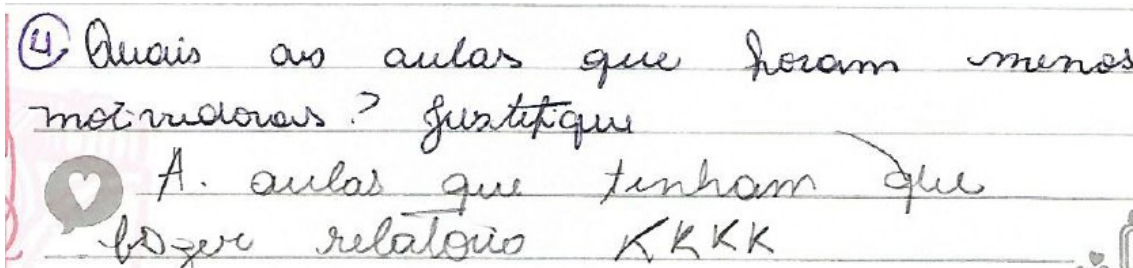


③ Quais as atividades mais bem aproveitadas?  
Na minha opinião foi o Trabalho dos  
planetas que tivemos montar e calcular distância  
do e do cometa que também tivemos que  
montar.

Fonte: o autor (2016)

“Na minha opinião foi o trabalho dos planetas que tivemos de montar e calcular distância e do cometa que também tivemos que montar” (SIC).

FIGURA 60 – Resposta do aluno 1 referente a avaliação do projeto.



④ Quais as aulas que foram menos  
melhores? Justifique  
A. aulas que tinham que  
fazer relatório kkkk

Fonte: o autor (2016)

“As aulas que tinham que fazer relatório kkkk” (SIC).



FIGURA 61 – Resposta do aluno 19 referente a avaliação do projeto.

© Disney  
4) Quais aulas que foram menos motivadoras?  
Justifique.  
Para mim foi as pesquisas feitas em casa, por um lado foi bom mas por outro não. Eu particularmente prefiro trabalhos ao invés de pesquisas na casa.

Fonte: o autor (2016)

“Para mim foi as pesquisas feitas em casa, por um lado foi bom, mas por outro não. Eu particularmente prefiro trabalhos ao invés de pesquisas na casa” (SIC).

FIGURA 62 – Resposta do aluno 3 referente a avaliação do projeto.

5) Em que poderia melhorar a aula em um contexto geral?  
R: Em nada, foi muito top arrasou.  
5) Ter mais procedimentos, como o do cometa.

Fonte: o autor (2016)

“Em nada, foi muito top, arrasou. Ter mais procedimentos, como o do cometa” (SIC).

O resultado foi acima do esperado, inclusive alunos que não demonstraram muito interesse nas aulas escreveram que o modelo utilizado na proposta é mais atraente aos estudos.

Os alunos que se destacaram nas aulas por apresentarem um volume de respostas dentro do esperado maior do que a média, acharam a proposta didática excelente e gostariam que continuasse no ano seguinte.

## Capítulo 6

### Conclusões finais

Este projeto teve a intenção de mostrar aos alunos elementos próximos para ensinar Astronomia, trazendo-a para suas realidades, que fizesse sentido e despertasse a curiosidade talvez adormecida em virtude da imersão em um mundo cada vez mais tecnológico.

A sequência proposta possibilita ao professor o desenvolvimento de um ensino mais interativo, utilizando sempre que possível diferentes formas de abordagem. O tópico de Evolução Estelar é inovador em sua abordagem, pois foi desenvolvido com uma sequência lógica e cronológica dos acontecimentos, sendo detalhado de maneira que se encaixasse no nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Nesse sentido, a sequência se opõe à maioria dos livros didáticos que apresentam o tema abordando-o superficialmente e sem propósito definido. Com essa sequência didática é possível expandir, criar novas atividades como, por exemplo, uma aula noturna com uso de telescópios, excursões para o campo e várias outras dinâmicas que possam se encaixar com a realidade da escola. Pois, a aceitação dos alunos e o interesse nas aulas aumentou cada vez que utilizamos metodologias que fugiram do ensino tradicional.

Se por algum motivo, a falta de tempo para desenvolver todo o projeto, por exemplo, o professor poderá unir as atividades 6 e 7, pois ambas têm seu desenvolvimento ligado à sala de informática da escola, facilitando de várias maneiras o desenvolvimento das atividades, diminuindo deslocamento dos alunos e fazendo com que permaneçam mais concentrados nas atividades, tornando sua transição muito mais dinâmica e proveitosa. Também é possível unir as atividades 15 e 18, se o professor achar necessário e ao invés de passar o documentário em duas partes passá-lo todo de uma vez só abordando tanto o nascimento quanto a morte das estrelas em um único debate. Particularmente, achamos que abordar separadamente as atividades acima pode fornecer ao aluno um tempo de maturação dos conhecimentos permitindo um melhor entendimento dos fenômenos que estão ocorrendo, pois ele terá mais tempo para refletir e reorganizar suas ideias e para absorver mais

facilmente as novas informações. Havendo possibilidade, o professor pode desenvolver duas aulas em seguida com a mesma turma, num total de 100 minutos.

É possível desenvolver a sequência didática de outra maneira, porém a escolha das metodologias utilizadas para cada atividade foi feita de maneira a obter o melhor resultado possível levando em conta a aceitação dos alunos e a dinâmica do processo ensino-aprendizagem.

Dependendo do nível de proficiência em que os alunos se encontram é possível substituir algumas atividades por outras de maior interatividade.

O protagonismo juvenil pode ser melhor explorado, diminuindo a dependência do aluno em relação professor como, por exemplo, as atividades expositivas (atividades 14 e 17) com utilização de projeção de slides. Que foram escolhidas com a intenção de demonstrar os fenômenos de maneira a fazer com que os alunos pudessem visualizar e compreendê-los com uma maior facilidade através do auxílio do professor, podem ser abordadas na forma de seminários, desenvolvidos em pequenos grupos de alunos

Ao se comparar as turmas que participaram da pesquisa com o grupo de controle, percebe-se que as dificuldades apresentadas foram notadamente superiores às apresentadas pelos alunos participantes do projeto. De acordo com a análise das tabelas 4, 5, 6 e 7, os alunos do grupo de controle apresentaram dificuldades em todas as questões, o que demonstrou um aproveitamento sempre inferior a 50%, indicando um possível baixo grau de aprendizado desses alunos. Analisando a atividade 5, relativa às habilidades matemáticas, foi possível perceber um baixo nível de aproveitamento de todos os alunos, provavelmente devido à dificuldade de raciocínio matemático dos alunos que já vem com uma defasagem crescente em matemática desde o ensino fundamental.

Cabe ressaltar que a dinâmica desenvolvida pelo professor do grupo de controle foi a tradicional, ou seja, aulas com o método de ensino utilizado há várias décadas. Muitos alunos já não respondem a este tipo de abordagem, o que dificulta muito o ensino de física. Por outro lado, a hipermídia faz com que os alunos estejam sempre envolvidos em algo diferente, aguçando sua curiosidade e facilitando todo o processo de ensino.

É possível perceber que a física não pode mais ser ensinada dentro do modelo tradicional, com o professor trabalhando apenas com giz e lousa. Este modelo já não é mais algo admitido pelos alunos, que estão interessados em aulas mais dinâmicas, que façam com que a física tenha algum sentido para eles. No mundo imediatista que vivemos não é mais admitido que o professor continue ministrando sua aula como o detentor de todo o saber, esperando que os alunos achem interessante ou que se comportem como meros receptáculos durante todo o período de cinquenta ou cem minutos.

Os alunos de hoje podem ter acesso a uma aprendizagem diferenciada, com aulas interessantes e estimulantes, o que só será possível a partir de metodologias que se aproximem de suas realidades e que façam com que as aulas possam ser realmente aproveitadas do ponto de vista do ensino-aprendizado. A tecnologia está aí para ser utilizada em prol de um maior intercâmbio de saberes entre professor-aluno.

Dentro do contexto do presente trabalho, entendemos que o professor deve buscar especialização em Astronomia, pois esta dificilmente lhe foi dada em sua licenciatura. Mesmo o professor que busca se especializar em formas mais dinâmicas de ensino-aprendizado encontra uma grande dificuldade em conseguir uma instituição que possa suprir suas deficiências, pois o ensino superior ainda ensina seus professores da mesma maneira com que ensinavam décadas atrás. Sendo assim, esse profissional que busca melhorar sua qualificação profissional fica sem opções e acaba desenvolvendo suas aulas por tentativa e erro, prejudicando o principal interessado, o aluno.

Retornando ao capítulo onde abordamos a metodologia deste trabalho, entendemos que as melhores ferramentas para a aplicação de metodologias diversificados são a CTS/ CTSA e as TIC, pois se relacionam intimamente com Ciências da Natureza, em particular a física. A abordagem CTS/CTSA permite ao aluno perceber o significado das aulas de física, pois relaciona o conteúdo com a sua realidade cotidiana fornecendo condições para a construção do seu conhecimento. Desta forma, não vale apenas estudar física por estudar física, mas estudar física para compreender o mundo ao seu redor, sentir-se parte do assunto abordado pelo professor e conseguir entender as relações entre a física a sociedade e o meio ambiente em que está inserido. Possibilitando ao aluno desenvolver suas conclusões a partir de uma abordagem concreta dos

fenômenos e desenvolver uma criticidade que o transforme em um cidadão capaz de tomar decisões importantes, não apenas para si, mas para a melhoria de toda uma comunidade.

Nos dias de hoje com toda a iluminação das cidades é quase impossível se observar o céu noturno. É provável que isso afete a curiosidade dos alunos, afinal ter curiosidade sobre o que não se vê é bastante difícil. Nas cidades pequenas ainda é possível encontrar locais e alunos com interesses em observar o céu, porque este é mais limpo e livre de poluição.

O não poder ver o céu é um dos fatores principais para a falta de interesse nas aulas de Astronomia, pois antigamente a beleza noturna fazia com que muitas pessoas indagassem sobre o passado e o futuro, que fenômenos estariam acontecendo no longínquo espaço. Mas hoje não há a possibilidade de visualização desse céu noturno e conseqüentemente toda a curiosidade inerente à observação desaparece e os alunos chegam à escola sem interesse nenhum pela Astronomia. Ou seja, a Astronomia passa a ser vista como algo que existe apenas em livros didáticos. Outro ponto que também agrega ao desinteresse é o fato das aulas de Astronomia serem ministradas por professores de ciências, cuja formação geralmente não é física, que não tiveram a disciplina de Astronomia em seu curso de formação e que dificilmente procuraram especializações, passando rapidamente pelo tema apenas por obrigação.

Como uma crítica construtiva, uma alternativa seria o desenvolvimento de aulas noturnas observacionais. No entanto, infelizmente esbarramos em vários problemas práticos. O telescópio, ferramenta indispensável, só está lá se for de propriedade do docente. Caso não possua, então a escola também não o terá, na maioria das vezes. Isto acaba restringindo ao mínimo a quantidade de profissionais que terão o material suficiente para desenvolver a aula noturna, sem mencionar que ficamos a mercê do clima, que pode impossibilitar o desenvolvimento das aulas. Uma opção válida para tornar o tema mais atraente seria promover excursões a observatórios existentes na região, como o de Valinhos.

Tendo em vista essas dificuldades surge a necessidade de fazer com que as aulas de Astronomia se tornem interessantes e motivadoras. Lançar

mão de novas metodologias é a melhor alternativa para o desenvolvimento de aulas com qualidade que despertem no estudante o gosto pela Astronomia.

As atividades que utilizaram a metodologia CTSA tiveram como objetivo relacionar a Astronomia com o cotidiano dos alunos, aproximar os fenômenos astronômicos da realidade, estreitando a distância existente entre a teoria e aplicação. Os modelos astronômicos desenvolvidos auxiliaram os alunos a entenderem a imensidão do nosso Sistema Solar e compreender as posições relativas dos astros.

O desenvolvimento de experimentos foi importantíssimo neste trabalho, para a demonstração das relações Sol-Terra-Lua onde os alunos se sentiam dentro do Sistema Solar, portanto, fazendo parte dos fenômenos apresentados. A produção do modelo de cometa foi essencial para o entendimento da composição e formação desses corpos celestes que orbitam as estrelas com períodos de tempo muito maiores que o da Terra. O fato dos alunos colocarem “a mão na massa” e criarem os modelos proporciona ao processo ensino e aprendizagem uma possibilidade de desenvolvimento de habilidades e competências que dificilmente seriam alcançadas pelo método tradicional. Isso comprova o diferencial deste projeto, que por característica é mais desafiador e motivador aos estudantes.

As TIC em Astronomia são uma ferramenta imprescindível à demonstração de fenômenos. O uso de simuladores possibilita a visualização de fenômenos que ocorrem a anos-luz de distância, impossíveis de observar sem instrumentos. Por sua dinâmica de funcionamento, é possível perceber a evolução de uma estrela, o desenvolvimento de um eclipse em questão de segundos, calcular e visualizar a aproximação de um cometa do planeta Terra, entre outras inúmeras possibilidades que transformam o ensino de Astronomia em uma descoberta. Os simuladores utilizados foram desenvolvidos com a intenção de proporcionar fácil interação e manuseio entre estudante e máquina. Como resultado, alunos curiosos e críticos com opiniões formadas e abertos a novos desafios que proporcionem o desenvolvimento pessoal no caminho para a construção do conhecimento.

## Referências Bibliográficas

- 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. 43-49.
- BLATTMANN, G. **O mistério dos cometas**. Stuttgart: antropológica, 1974.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC. Brasília. 1999.
- BRASIL, M. D. E. **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BRASIL, M. D. E. D. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministerio da educação do Brasil. Brasília, p. 652. 2016.
- 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.
- EINSTEIN, A. **Relativity, the special and the general theories**. 15. ed. New York: Henry Holt & Company, 1954.

- 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.
- FIOLHAIS, 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.
- KRAMERS-PALS, H.; PILOT, A. Solving quantitative problems: guidelines for teaching derived from research. **International Journal of Science Education**., v. 10, n. 5, p. 511-521, 1988.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino de Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, v. 2, p. 75-92, 2005.
- 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. **Educação em Astronomia no Brasil: Alguns recortes**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF. Vitória, p. 11. 2009.



- 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.
- MACHADO, A. R.; CRISTOVÃO, V. L. L. A construção de modelos didáticos de gêneros: Aportes e questionamentos para o ensino de gêneros. **Linguagem em (Dis)curso - LemD**, Tubarão, v. 6, n. 3, p. 547-573, setembro 2006.
- MARTINS, C. A.; GIRAFFA, L. M. M. **Formação do docente imigrante 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.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Instituto de Física da UFRGS. Porto Alegre, p. 45. 2005.
- MOREIRA, M. A. **Unidades de ensino potencialmente significativas - UEPS**. UFRGS. Porto Alegre, p. 22. 2016.
- 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.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 135-151, agosto 2001.

PALACIOS, E. M. G. et al. **Ciência, Tecnología 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.

PEREIRA, G. C. **Astronomia – A Lua, e suas fases**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Osório. 2006.

PIAGET, J. **A equilibração das estruturas cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.

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.

SÃO PAULO, S. D. E. D. E. D. **Currículo Oficial do Estado de São Paulo, Ciências da Natureza**. São Paulo: [s.n.], v. 1, 2012.

SÃO PAULO, S. D. E. D. G. D. E. D. **Caderno do Professor - Física**. 2. ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, v. 1, 2014.

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

SCHWARZELMÜLLER, F.; ORNELLAS, B. **Os objetos digitais e suas utilizações no processo de ensino-aprendizagem**. [S.l.]: [s.n.], 2006.

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

SILVA, Í. B. D.; TAVARES, O. A. D. O. Uma pegagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinarpara 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.

XAVIER, A. C. Letramento digital: impactos das tecnologias. **Calidoscópico**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, janeiro 2011.

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

APÊNDICE A – PRODUTO –  
PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO  
DE FÍSICA

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

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>106</b>
<b>2 O SISTEMA SOLAR</b> .....	<b>107</b>
<b>2.1 Algumas unidades de medida de distância usadas na Astronomia</b> .....	<b>110</b>
<b>2.2 O ano-luz - a.l.</b> .....	<b>111</b>
<b>2.3 O SOL</b> .....	<b>112</b>
<b>2.4 Divisão dos Planetas no Sistema Solar</b> .....	<b>113</b>
2.4.1 Planetas Internos ou Terrestres .....	113
2.4.2 Planetas Externos ou Jupterianos .....	113
2.4.3 Planetas Anões .....	114
<b>2.5 Satélites Naturais</b> .....	<b>115</b>
<b>2.6 A Lua</b> .....	<b>116</b>
2.6.1 Fases da Lua .....	117
2.6.2 Eclipses .....	119
<b>2.7 Cinturão de Asteroides</b> .....	<b>122</b>
<b>2.8 Cometas</b> .....	<b>123</b>
<b>2.9 Nuvem de Oort e Cinturão de Kuiper</b> .....	<b>124</b>
<b>3 EVOLUÇÃO ESTELAR</b> .....	<b>126</b>
<b>3.1 Berçário de Estrelas</b> .....	<b>126</b>
<b>3.2 O Nascimento de uma estrela</b> .....	<b>128</b>
<b>3.3 Protoestrela</b> .....	<b>129</b>
<b>3.4 Sequencia Principal</b> .....	<b>130</b>
<b>3.5 Morte das Estrelas</b> .....	<b>131</b>
<b>4 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>134</b>

## 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.

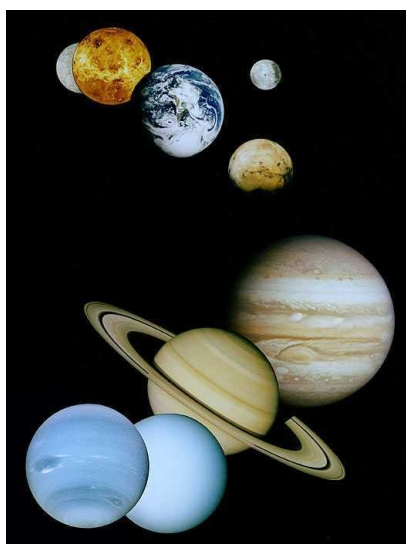
## 2 O SISTEMA SOLAR

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 planeta<sup>19</sup> 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>

<sup>19</sup> Planeta: do grego, errante; corpo celeste que orbita entorno a uma estrela, como por exemplo, o Sol.

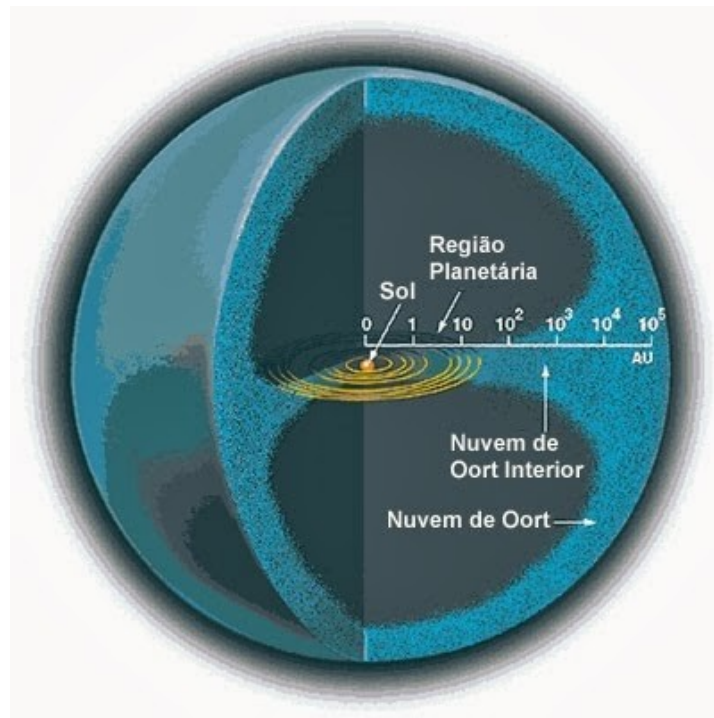
O Sistema Solar é muito mais do que apenas os planetas e seus respectivos satélites. Podemos definir o Sistema Solar como sendo o conjunto de todos os corpos celestes, independente de tamanho, estado físico ou propriedades, que estão gravitacionalmente ligados ao Sol, atraídos pela sua enorme gravidade 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 localizada 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.

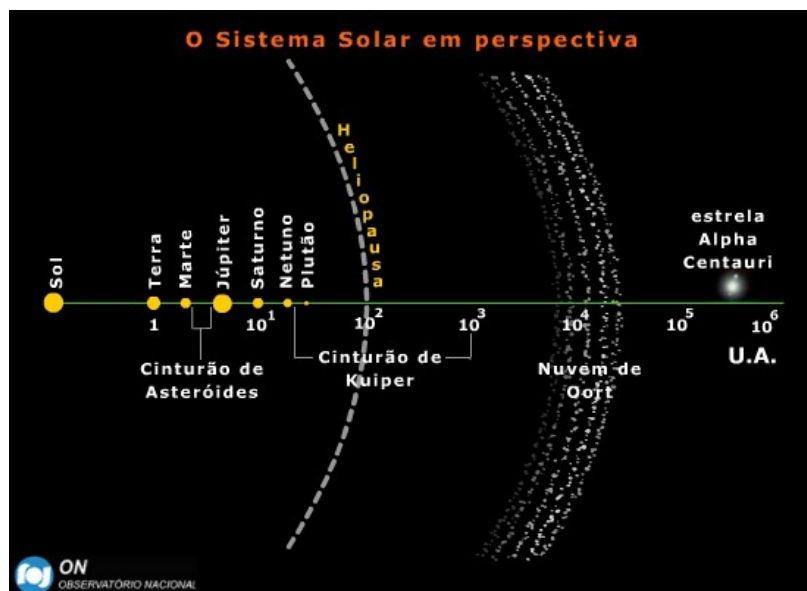


FIGURA 2 – Esquemática da Nuvem da Oort



Fonte: [http://www.portaldoastronomo.org/tema\\_pag.php?id=4&pag=3](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](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  $3 \times 10^5$  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 estrela<sup>20</sup> 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/>

---

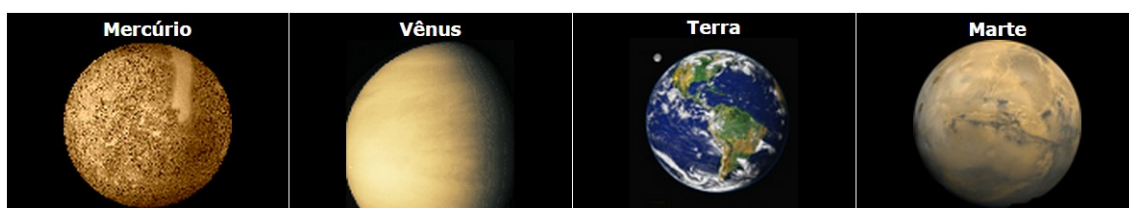
<sup>20</sup> Estrela: *astr* corpo celeste produtor e emissor de energia, com luz própria, e cujo deslocamento na esfera celeste é quase imperceptível ao observador na Terra; estela.

## 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.

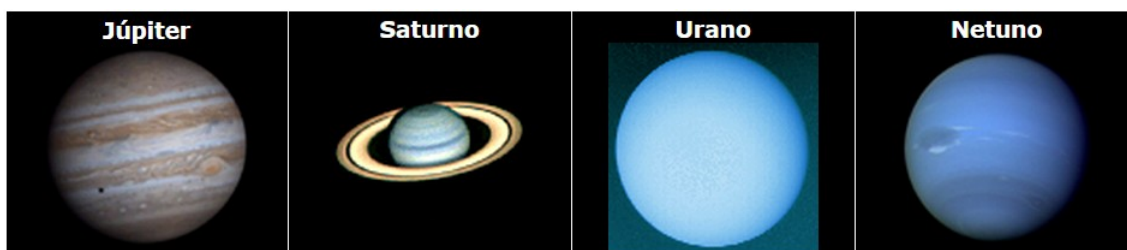
Planetas	Diâmetro em km	Composição Atmosférica	Número de Luas	Sentido de Rotação	Temperatura média em °C
Mercúrio					
Vênus					
Terra					
Marte					

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><sup>21</sup> .

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.

---

<sup>21</sup> Acesso em 09/07/2015



## 2.6.1 Fases da Lua

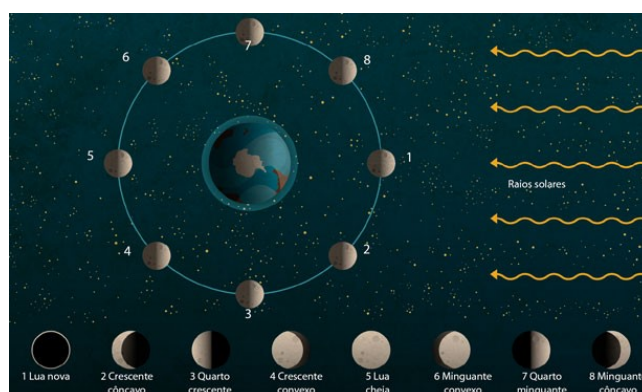
A Lua é o objeto mais brilhante do céu após o Sol. No entanto, ao contrário do Sol, a Lua não brilha devido à sua própria energia. Ela apenas reflete em torno de 18% da luz Solar que incide sobre ela.

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?

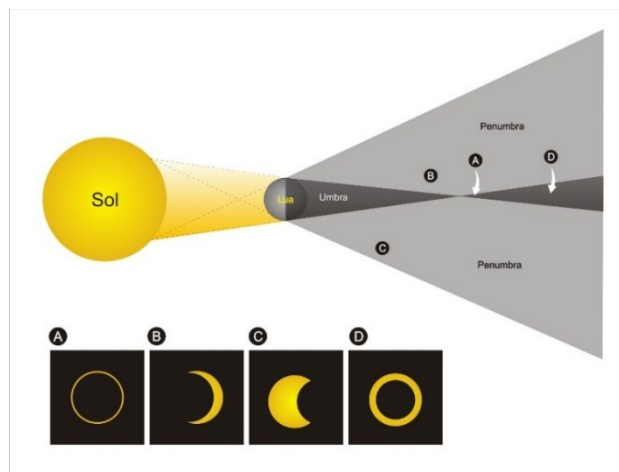
Atividade 11: Com a utilização de um computador e um projetor, utilizar um Simulador de eclipses, de preferência o desenvolvido pela UFRGS, disponível no link:

<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**.

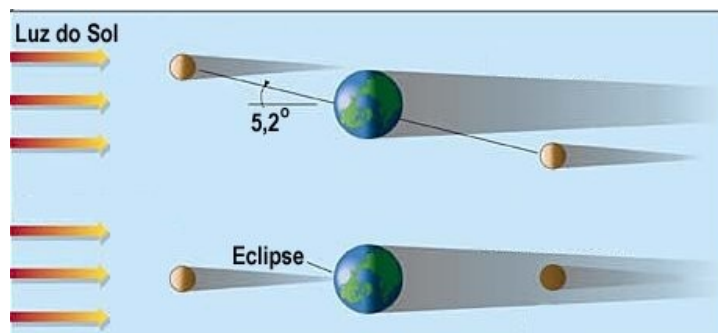
FIGURA 9 – Esquema das possibilidades de Eclipses Solares.



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.

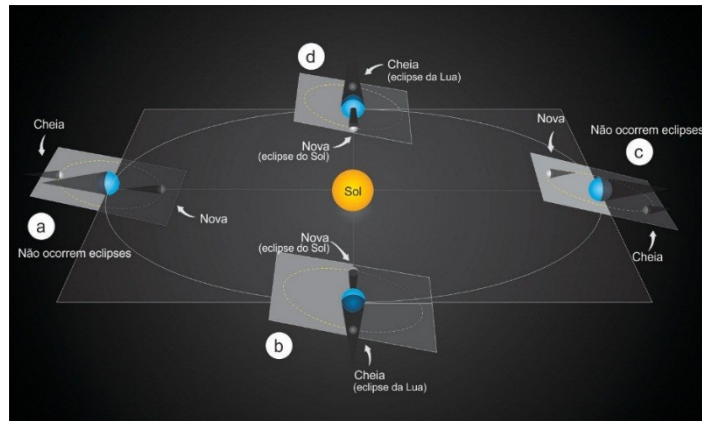
FIGURA 10 – Variação angular da Lua em relação ao plano da eclíptica.



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

Conseqüentemente, 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.

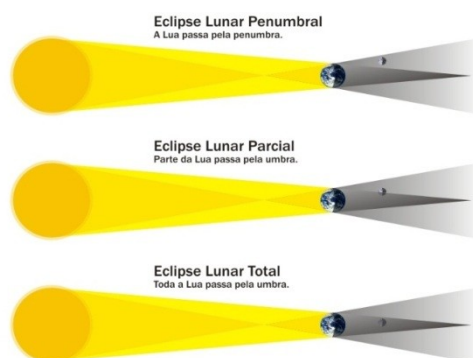
FIGURA 11 – Perspectiva das posições relativas da Lua



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 o 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



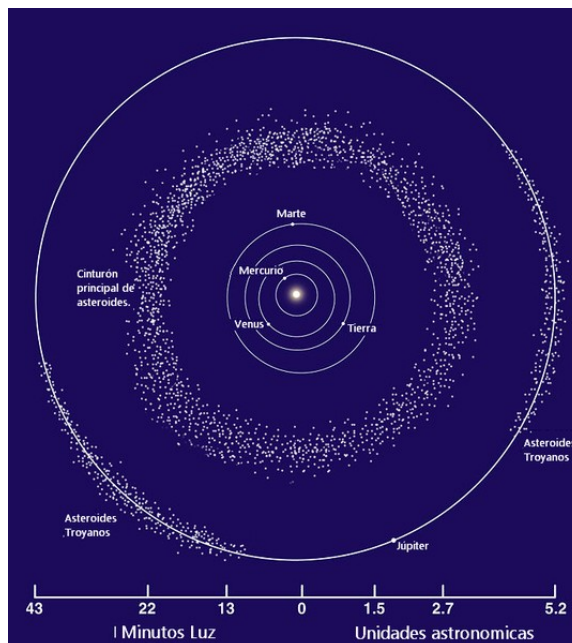
Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/eclipses/eclipse.htm>

## 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](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.

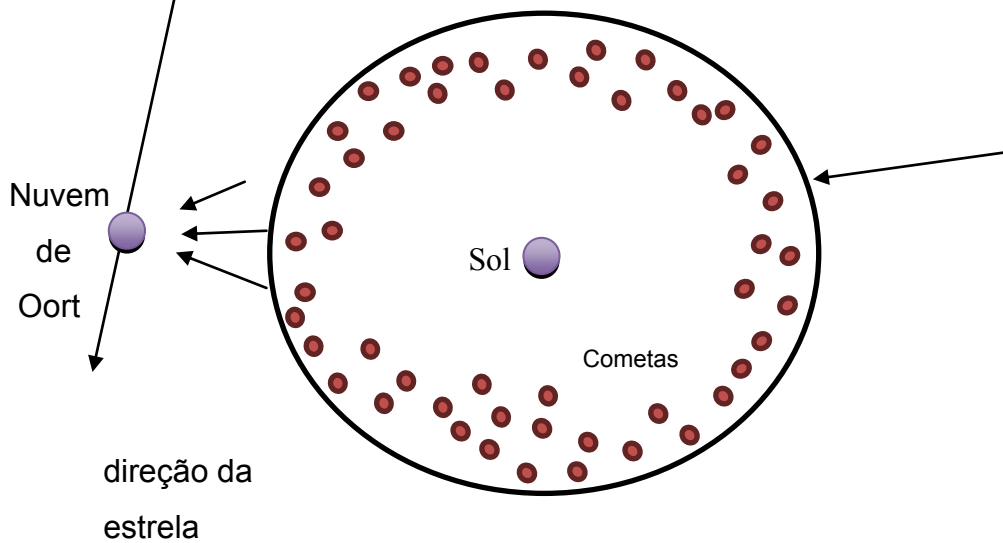


Mas como é um objeto situado na Nuvem de Oort perde sua estabilidade entra em rota de colisão com Sol?

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**

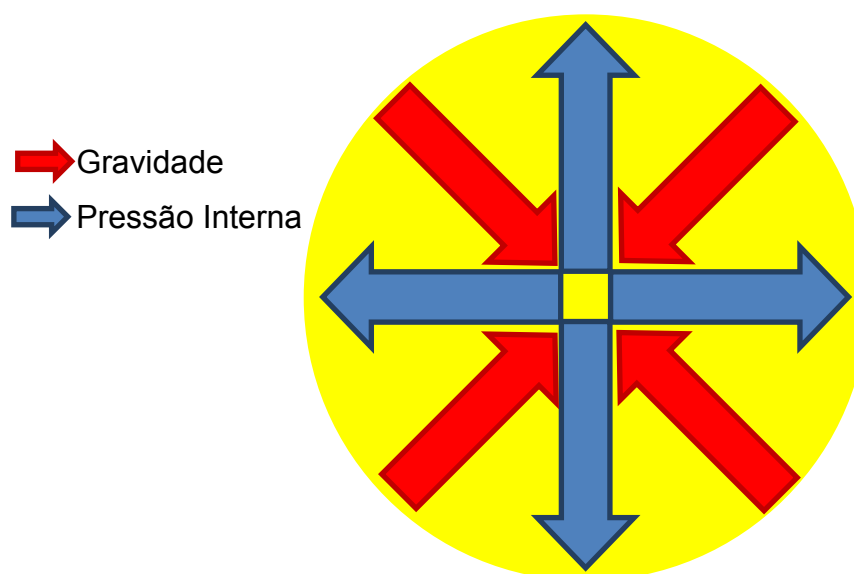
Uma estrela inicia seu processo de nascimento quando uma nuvem de gás e poeira começa a se contrair (atração gravitacional) e lentamente a gravidade vai fazendo com que toda a gigantesca massa se aproxime do centro. No caso do Sol, uma estrela com aproximadamente 1.400.000 km de diâmetro, é necessária 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.

### 3.3 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.



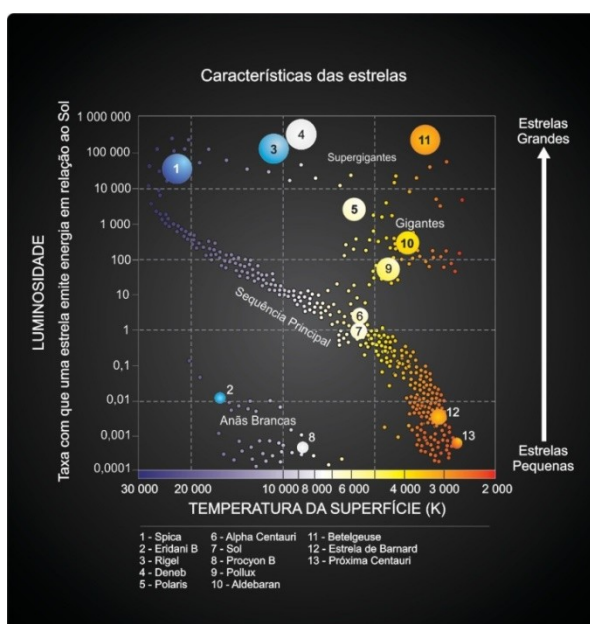
### 3.4 Sequencia Principal

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 liberada<sup>22</sup>, 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>

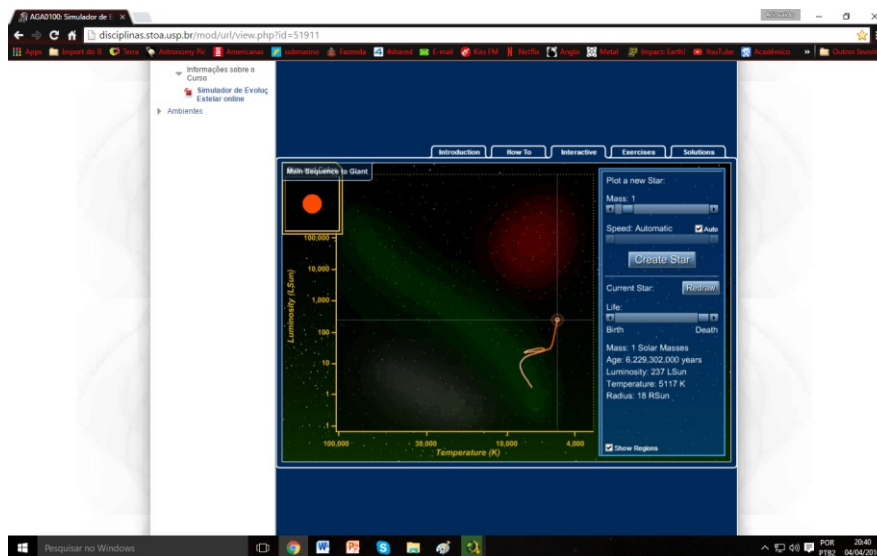
FIGURA 20 – Diagrama HR



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

<sup>22</sup> 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.

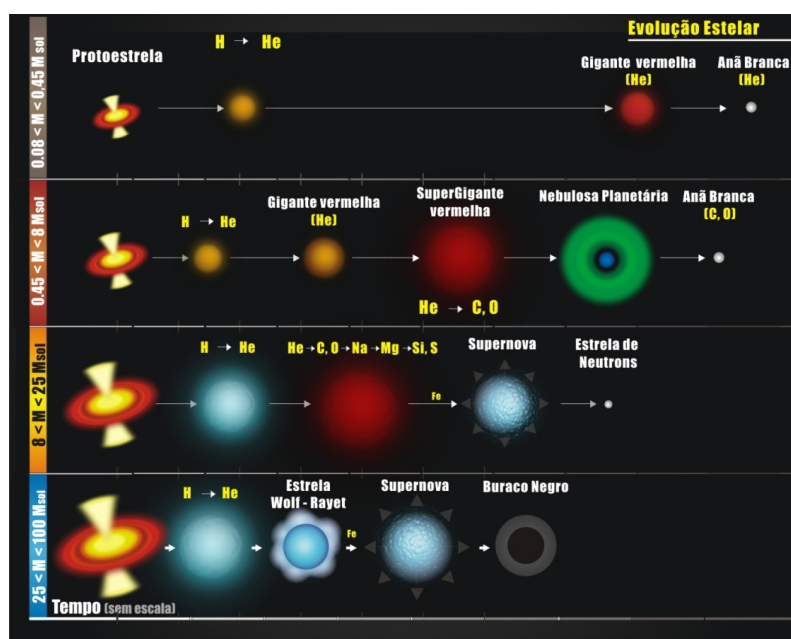
Já as estrelas com massas superiores a 8 massas Solares terão um final muito mais interessante. Aquelas com massas entre 8 e 25 massas Solares terão uma capacidade produzir muitos elementos pesados, H, He, C, O, Na, Mg, Si, S. Esses elementos pesados realizarão intensas fusões nucleares até chegarem 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: 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 menor<sup>23</sup> 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

<sup>23</sup> 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 imigrante 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 Narcea, 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**. Brasilia: 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.I.], 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.I.]. 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 hidtórico e suas implicações didáticas**. São Paulo. 2003.

SILVA, Í. B. D.; TAVARES, O. A. D. O. Uma pegagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinarpara 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.

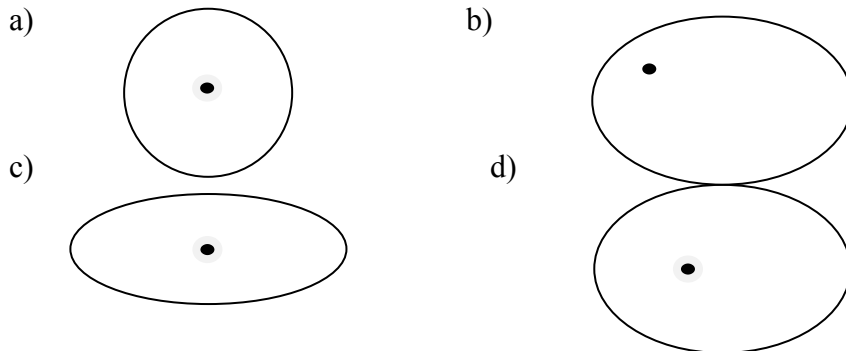
ZANETIC, J. **Evolução dos Conceitos da Física**. São Paulo: edusp, 2004.

## APENDICE B – Avaliação Final do Projeto

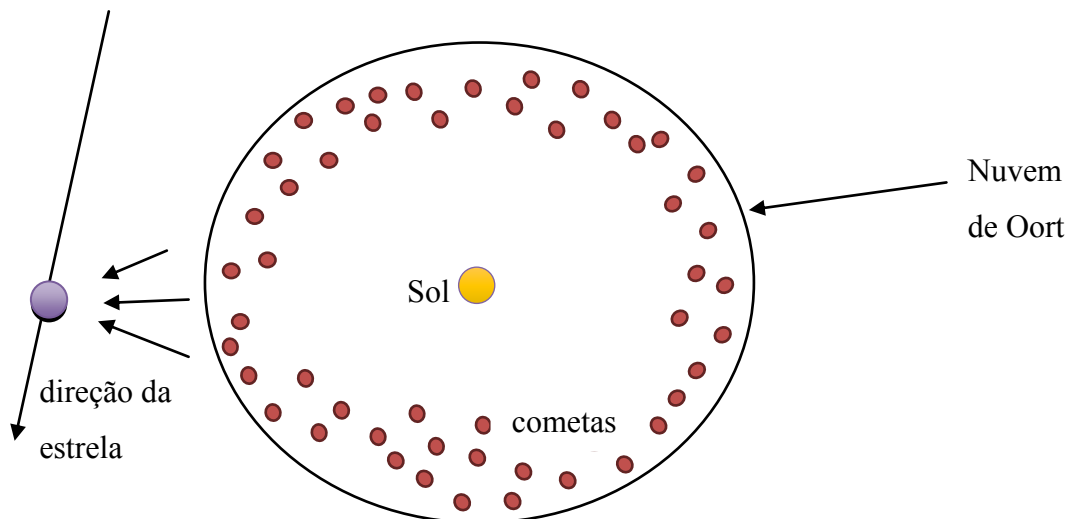
Nome: \_\_\_\_\_ n°: \_\_\_\_\_ Ano: \_\_\_\_\_

- 1- O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol? Explique.
  
- 2- As fases da Lua: Como sabemos, a Lua gira em torno da Terra e ela sempre aparece diferente no céu. Às vezes vemos a Lua inteira, às vezes só metade, sem falar que às vezes ela nem aparece ou então aparece de dia. Mas porque isto acontece?
  
- 3- Responda rápido:
  - a) Qual é o maior planeta do Sistema Solar?
  
  - b) E o menor?
  
  - c) Qual é o mais distante do Sol?
  
  - d) Qual é o mais próximo?
  
  - e) Qual planeta tem mais satélites? Quantos?
  
  - f) Qual se parece mais com a Terra, em tamanho ?
  
  - g) O planeta mais próximo do Sol é também o mais quente?
  
  - h) Todos os planetas têm satélites?
  
  - i) Quais não têm satélites?
  
  - j) Quais os planetas que têm anéis?
  
  - k) Que tipo de planeta possui superfície sólida: os grandes ou os pequenos? Explique.
  
- 4- Qual a importância da Lua para nosso Planeta? Por que a Lua está se afastando?
  
- 5- Sabendo que a velocidade da luz é de aproximadamente 300.000 km/s, qual a distância entre a Terra e o Sol, sabendo que a luz leva 8,27 min. para chegar até aqui?

6- Qual desenho abaixo melhor representa a órbita da Terra em torno ao Sol?



7- Observe o esquema abaixo:



O esquema está demonstrando um fenômeno que ocorre entre o Sol e estrelas próximas, alguns anos luz, quando se aproxima da zona de maior aglomeração estelar em nossa galáxia. Na figura podemos perceber que:

- a) O Sol será atraído pela estrela e sairá de sua órbita;
- b) Os cometas serão atraídos pela estrela e sairão da Nuvem de Oort;
- c) Os cometas serão perturbados pela estrela e se deslocarão em direção ao Sol;
- d) Nada acontecerá, pois as distâncias são tão grandes que não haverá interação gravitacional.

8- 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.

A figura abaixo demonstra o equilíbrio hidrostático.



Podemos concluir que ao se equilibrarem as forças, a protoestrela:

- a) Contraí-se até a singularidade;
  - b) Expande suas camadas externas e esquenta;
  - c) Inicia sua fase adulta, entrando na sequência principal;
  - d) Explode em uma supernova.
- 9- Uma estrela tem seu ciclo de vida ligado a um fator muito importante. E as “mortes” mais espetaculares do universo estão ligadas diretamente a maneira com que as estrelas queimam seu combustível. Portanto, respectivamente, qual o fator que define a “morte” de uma estrela e qual a velocidade de queima do combustível?
- a) O volume, quanto maior o volume, menor velocidade de queima do combustível;
  - b) O tamanho, quanto menor o tamanho, maior a velocidade de queima do combustível;
  - c) A massa, quanto maior a massa, maior a velocidade de queima do combustível;
  - d) A gravidade, quanto maior a gravidade, menor a velocidade de queima do combustível;
- 10- O nosso Sol é responsável por toda a vida no Sistema Solar, como fonte principal de energia, mas o que é o nosso Sol?
- a) Uma estrela de primeira geração, rica em elementos químicos;
  - b) Uma estrela de segunda geração, rica em elementos químicos;
  - c) Uma estrela de segunda geração, formada por H e He;
  - d) Uma estrela de primeira geração, formada por H e He.



## APÊNDICE C – Apresentação de Slides – Berçário de Estrelas

Slide 1- Berçário de Estrelas

### Berçário de Estrelas



Slide 2 Onde as estrelas nascem ?

### Onde as estrelas Nascem ?

- Em nossa Galáxia existem vários lugares para uma estrela nascer.
- Nuvens de gás e poeira, disseminados por toda a Via-Láctea.



Slide 3- Nebulosa da Pipa.

- Nebulosa da Pipa.
- Situada na região da constelação de Escorpião



Slide 4 – Constelação de unicórnio.

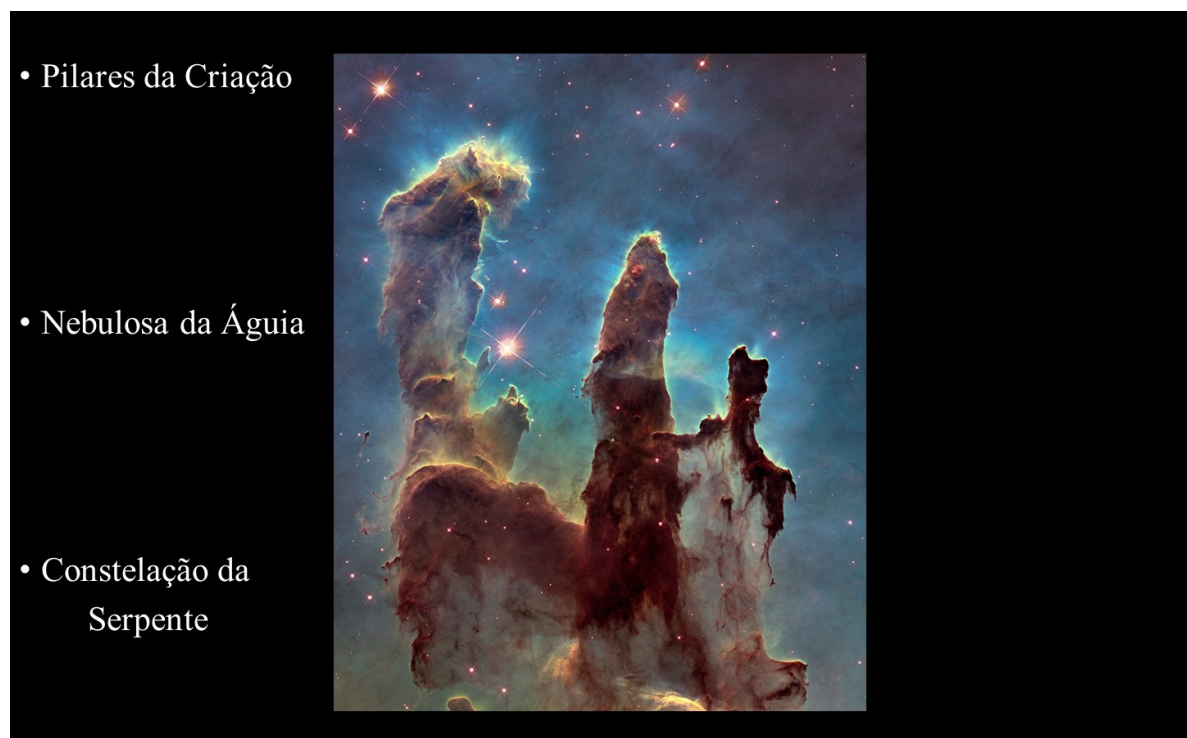
- Um unicórnio, a pele de uma raposa, e uma árvore de Natal
- Constelação do Unicórnio



Slide 5 – Nebulosa Cabeça de Cavalo.



Slide 6 – Nebulosa da Águia.

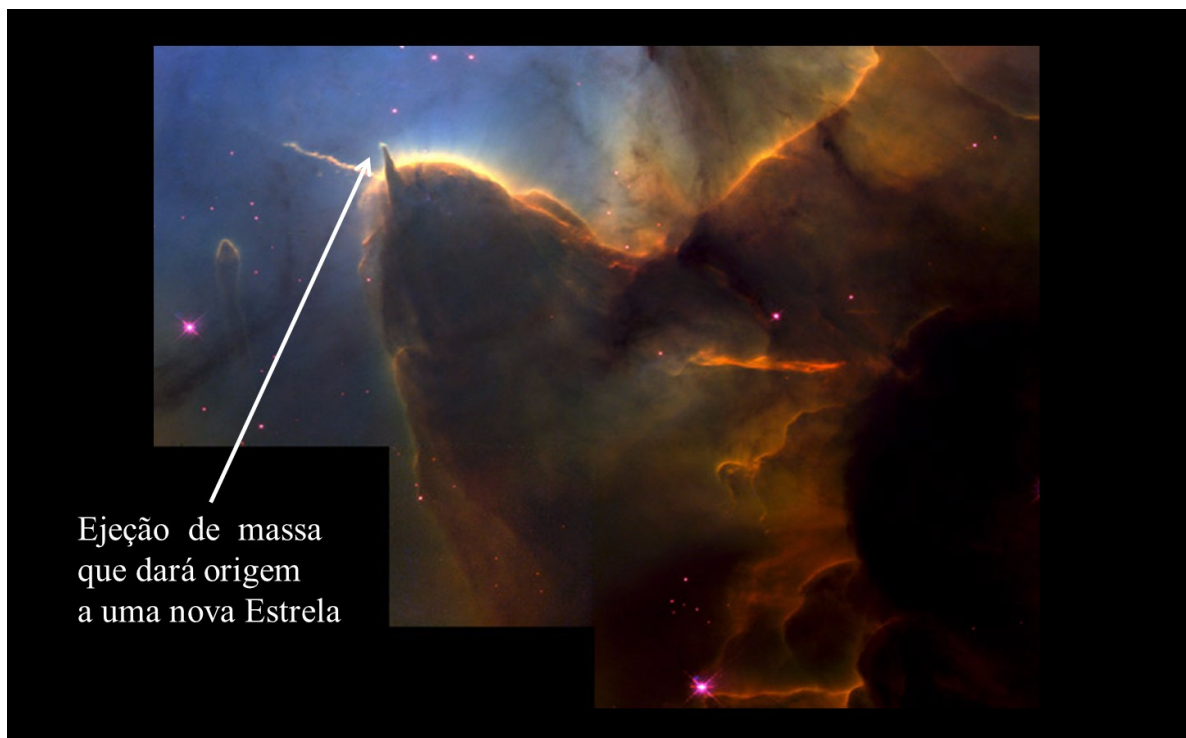




Slide 7 – Como nasce uma estrela.



Slide 8 – Ejeção de Massa.



## ANEXO A – Texto de Apoio - As estrelas gigantes e supergigantes

Vimos que, em um dado momento de sua evolução, as estrelas da sequência principal praticamente esgotam o seu hidrogênio. Este hidrogênio foi lentamente sendo transformado em hélio e agora a região central da estrela é composta por um núcleo de hélio.

No entanto, já sabemos que, durante os processos de queima nuclear que acontecem quando a estrela esta na sequência principal, 4 átomos de hidrogênio desaparecem para dar origem a um único átomo de  $^4\text{He}$ . A lei do gás perfeito nos diz que:

$$PV = NRT$$

onde  $N$  é o número de partículas contidas no gás. Vemos, portanto, que a pressão é proporcional ao número de partículas existentes no gás. Isto quer dizer que à medida que as reações nucleares da cadeia p-p estão ocorrendo no interior da estrela, o número de partículas está diminuindo na sua região central. Consequentemente, a pressão nesta região também está caindo.

O resultado disso é que a região central da estrela já não consegue mais suportar a força exercida pela gravidade e começa a ser, continuamente, esmagada.

Neste momento a temperatura na região central é ainda baixa demais para que seja possível iniciar processos de fusão do hélio. No entanto, à medida que a contração da região central continua a ocorrer, este processo de esmagamento libera energia gravitacional. Nesta fase da evolução da estrela, as reações nucleares que ainda ocorrem no seu interior, somadas com a energia potencial gravitacional que está sendo liberada devido à contração do núcleo da estrela, estão produzindo uma quantidade de energia que aumenta sua luminosidade total. Este aumento na liberação de energia vence o puxão para dentro exercido pela força da gravidade e empurra o envoltório da estrela para fora. Isto faz com que a atmosfera mais externa da estrela se expanda. Nesta fase de sua evolução o núcleo da estrela se contrai e o seu envoltório se expande. A temperatura da sua superfície diminui bastante.

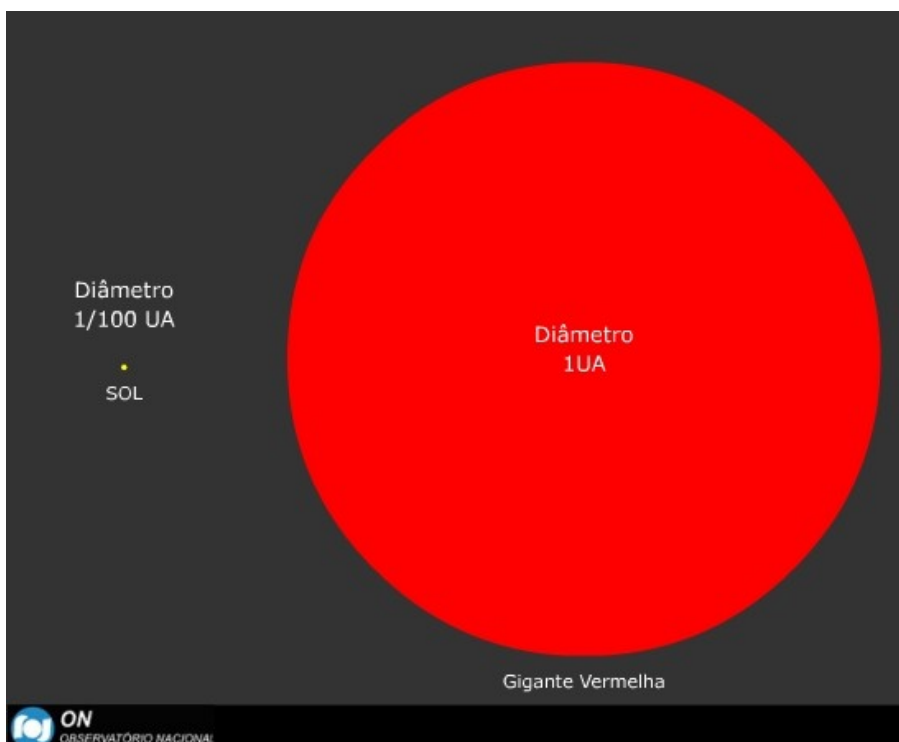
Quando todo o hidrogênio foi transformado em hélio no interior da estrela começa uma nova fase de sua vida. O núcleo de hélio, que ainda não pode produzir energia por causa da temperatura baixa, não consegue aguentar o envoltório gasoso à

sua volta. A estrela começa a contrair e energia potencial gravitacional é continuamente liberada. Esta é a única fonte de energia da estrela neste momento de sua evolução.

Com esta compressão total da estrela a temperatura fora da região nuclear consegue se tornar bastante alta para fazer a ignição de uma fina concha de hidrogênio residual que ainda existe em torno da região nuclear. A estrela tem de novo uma fonte de luminosidade gerada por energia nuclear. À queima desta concha de hidrogênio que envolve a região central da estrela damos o nome de "queima da concha de hidrogênio". Com essa nova fonte de energia a estrela volta a se expandir.

Acontece agora um fato muito interessante. A estrela possui no seu interior regiões ainda muito quentes. Em algumas delas a temperatura atinge 30000 Kelvins. Isto é suficiente para que bolhas de gás muito quente se desloquem para a superfície da estrela, tal como vimos acontecer no caso das estrelas pré-sequência principal, as estrelas T-Tauri. Quando estes gases atingem a superfície da estrela, sua luminosidade aumenta muito, mais de 1000 vezes. A temperatura da sua superfície é de, apenas, 4000 Kelvins. A estrela agora é vermelha, muito luminosa e muito grande, podendo ser mais de 200 vezes maior do que o seu tamanho original.

Quando este processo ocorre, pelo qual a estrela se expande enormemente mantendo a sua luminosidade e ficando fria, dizemos que foi criada uma **estrela gigante vermelha**. Por que vermelha? Porque estrelas frias têm a cor vermelha. O vermelho é a região espectral que corresponde a temperaturas de cerca de 3000 K.



## **A estranha região central de uma estrela gigante vermelha**

Ocorre algo muito excepcional no interior de uma estrela gigante vermelha. À medida que sua região central contrai, a densidade neste local aumenta cada vez mais. No entanto, segundo um dos princípios fundamentais da mecânica quântica, o Princípio da Exclusão de Pauli, descoberto pelo físico alemão Wolfgang Pauli, dois elétrons não podem ocupar simultaneamente estados idênticos de energia. Como a região central da estrela gigante vermelha é muito densa, todos os estados de energia mais baixos já estão ocupados. Dizemos então que a região central das estrelas gigantes vermelhas está em um estado de degeneração do elétron ou melhor, que a sua região central está em um estado degenerado e que a matéria que lá se encontra é matéria degenerada.

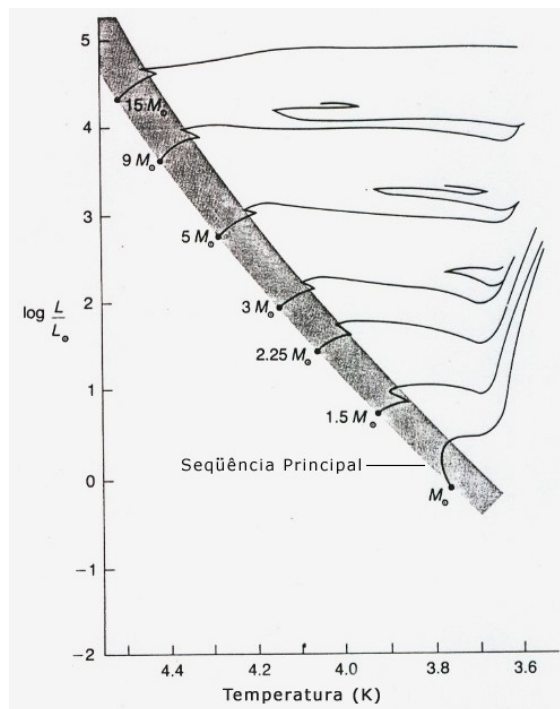
Quando a matéria atinge um estado degenerado ela passa a mostrar características bastante peculiares. Por exemplo, já vimos que na matéria degenerada os níveis de energia mais baixa estão todos ocupados. Só restam disponíveis para os elétrons os estados de energia mais alta. Com isso, a região central da estrela gigante vermelha, que é formada de matéria degenerada, resiste mais às compressões. Além disso esta região exerce uma pressão, chamada de "pressão de degeneração do elétron", sobre o envoltório da estrela. De modo bastante característico, a pressão de degeneração do elétron tem uma diferença fundamental em relação à pressão produzida pela lei do gás ideal. Enquanto que a pressão exercida por um gás ideal depende da temperatura segundo a lei  $PV = NRT$ , a pressão de degeneração do elétron não depende da temperatura. Isto irá se revelar extremamente importante para o futuro da estrela uma vez que a pressão de degeneração do elétron retira do mecanismo de equilíbrio que regula a sua existência uma de suas importantes variáveis, a temperatura. Vimos anteriormente como a taxa de produção de energia, a temperatura e a pressão se relacionavam de modo a manter a estabilidade de uma estrela. A presença de matéria degenerada no centro de uma estrela faz com que o núcleo degenerado não seja mais sensível às variações de temperatura e, como resultado, violentas explosões ocorrerão nesta região.

## **O destino das estrelas gigantes vermelhas**

Entretanto, não podemos falar de um processo único de evolução que transforma as estrelas da sequência principal em estrelas gigantes vermelhas. O processo pelo qual a

estrela sai da sequência principal e se transforma em uma estrela gigante vermelha, e o seu destino final, é fortemente dependente da massa que ela tinha quando ainda estava na sequência principal.

O diagrama H-R abaixo nos mostra que o caminho seguido por uma estrela ao se tornar uma gigante vermelha depende de sua massa.



Para estudar melhor como se dá o processo de evolução de uma estrela vamos separá-las segundo as características finais de sua evolução.

### se $M < 0,8 M_{\text{Sol}}$

Neste caso a contração muito lenta do núcleo continua e sua temperatura central aumenta muito pouco. Sua superfície continua a expandir transformando-se numa **estrela supergigante**. Devido à sua pequena massa, a luminosidade da estrela é gerada pelo processo de convecção. Devido ao seu processo de expansão continua, a estrela não consegue manter o seu envoltório e o ejeta no espaço. O destino deste tipo de estrela é se transformar em uma nebulosa planetária.

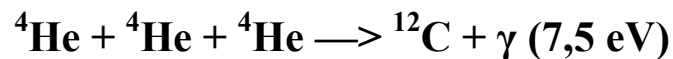
### se $0,8 M_{\text{Sol}} < M < 3 M_{\text{Sol}}$

Nestas estrelas o núcleo contrai bastante e aquece. Como o seu núcleo é um sólido de hélio (é isso mesmo! o núcleo desta estrela é hélio tipo-metal) ele não consegue expandir muito embora haja um forte aumento da temperatura central. Quando



a temperatura na região central dessas estrelas atingir  $T \sim 10^8$  Kelvins, um novo tipo de reação nuclear, desta vez envolvendo o hélio, irá ocorrer. Voltamos a lembrar que a temperatura tem que ser suficientemente grande para que os núcleos de hélio superem a barreira elétrica repulsiva que existe entre eles (lembre-se que eles têm a mesma carga elétrica) e possam se fundir. O resultado desta fusão é um novo elemento químico, o carbono.

A este processo nuclear que envolve o hélio damos o nome de processo **triplo-alpha**.



Vejamos algumas características do processo triplo-alpha:

- veja que esta reação nuclear envolve três núcleos de  ${}^4\text{He}$ . Isto nos mostra que estas reações só podem ocorrer no interior das estrelas após a fase de reações nucleares da cadeia p-p ou do ciclo CN que produz estes elementos.
- por que o nome triplo-alpha? Por que "triplo" é óbvio: são três núcleos de  ${}^4\text{He}$  que colidem para realizar a reação. O nome "alpha" vem do fato de que os núcleos de hélio também são conhecidos como **partículas alpha**.

O processo triplo-alpha é muito sensível às variações de temperatura. A taxa de produção de energia pelo processo triplo-alpha é dada por:

Vejam que a taxa de produção de energia do processo triplo-alpha é enormemente maior do que aquelas apresentadas pela cadeia p-p ou pelo ciclo CN.

$$\epsilon_{3\alpha} \sim T^{40}$$

Como consequência desta sensibilidade à variação de temperatura, o processo triplo-alpha provoca uma violenta explosão no interior da estrela. Já vimos que a região central da estrela é formada por hélio sólido. Cada reação triplo-alpha libera 7,5 eV. Isto faz com que a temperatura do núcleo aumente, aumentando enormemente a taxa de produção nuclear (que depende da temperatura como  $T^{40}$ !), que libera cada vez mais energia de 7,5 eV, que aumenta ainda mais a temperatura do núcleo, que aumenta ainda mais a taxa de produção de energia, etc. Algumas horas após o começo do processo triplo-alpha há uma violenta explosão do núcleo, o processo conhecido como "flash do hélio".

Embora seja uma explosão violenta, a estrela não é destruída. A explosão fica confinada à região nuclear e, como consequência dela, o núcleo não é mais sólido. Ele

agora é apenas gás hélio. Como a temperatura abaixa muito, o processo triplo-alpha termina.

A partir daí, a estrela contrai até que a temperatura no seu centro, de novo, atinge  $10^8$  Kelvins. Mais uma vez tem início o processo triplo-alpha no interior da estrela só que, desta vez, como um processo controlado, queimando hélio e o transformando em carbono.

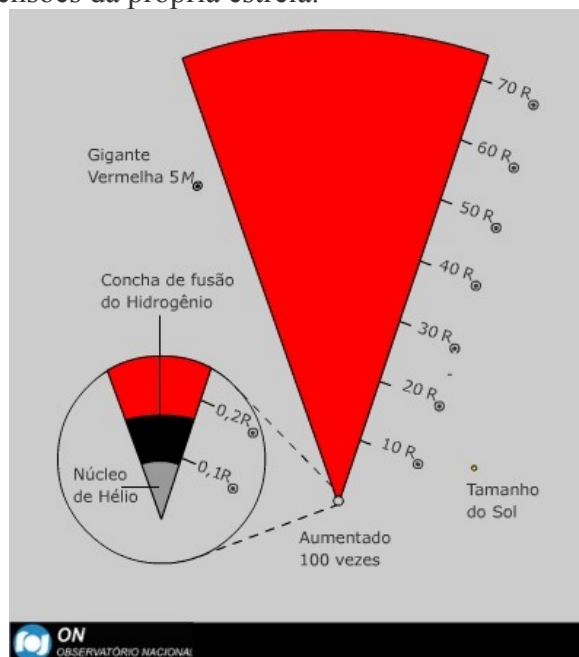
Do mesmo modo como aconteceu com a transformação de hidrogênio em hélio, os resíduos da transformação de hélio ou seja, o carbono, vão se acumulando na região central da estrela. Ela passa a ter, agora, um núcleo de carbono inerte pois o carbono só consegue ter reações nucleares quando a temperatura é de  $10^9$  Kelvins.

Quando a estrela esgota o seu conteúdo de hélio acontece tudo exatamente igual ao processo descrito anteriormente para a transformação de hidrogênio em hélio. A estrela, com uma região central de carbono sólido, se transforma em uma **estrela supergigante** e ejeta a maior parte do seu envoltório gasoso, transformando-se numa nebulosa planetária.

Este é o destino do nosso SOL: daqui a  $5 \times 10^9$  anos a superfície do Sol se expandirá até a órbita da Terra. Logo em seguida o Sol ejetará a maior parte do seu envoltório gasoso, transformando-se em uma nebulosa planetária.

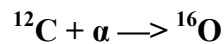
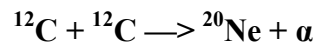
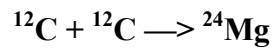
### se $3 M_{\text{Sol}} < M < 10 M_{\text{Sol}}$

Veja que o núcleo de uma estrela gigante vermelha é muito pequeno em comparação com as dimensões da própria estrela.



Uma estrela situada neste intervalo de massa também realiza a queima do hélio com a conseqüente formação de um núcleo de carbono. Só que, neste tipo de estrela, o núcleo continua a contrair e a aquecer. Em algum momento a temperatura da região central deverá atingir a temperatura de  $T \sim 10^9$  Kelvins. Esta temperatura já é suficiente para dar início a um novo conjunto de reações nucleares envolvendo o carbono.

A queima do carbono ocorre das seguintes maneiras:



No entanto, do mesmo modo como ocorre com as estrelas que têm massa entre 0,8 e 3 massas Solares, as estrelas deste grupo formam, após a queima do hélio, um núcleo sólido de carbono. A taxa de produção de energia das reações envolvendo carbono varia com a temperatura de uma maneira espantosa:

$$\epsilon \sim T^{120}$$

Pelas mesmas razões citadas no caso anterior, o núcleo de carbono explode, um processo conhecido como "flash de carbono". No entanto, ao contrário do caso anterior, muitas coisas podem acontecer neste momento:

- a energia liberada pelo "flash do carbono" é tão grande que a estrela é **completamente destruída**. A estrela explode de modo tão violento que nada resta, a não ser o gás que ela lança no meio interestelar. Esta é a formação de uma **supernova** que, por não deixar nenhuma estrela residual, é classificada como **supernova tipo I**.
- interações de partículas elementares ocorrem no interior da estrela e o "flash de carbono" é uma explosão moderada. A estrela explode mas deixa para trás uma estrela residual, uma **estrela de nêutrons**.

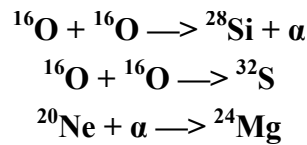
Na verdade, os cientistas ainda não sabem com certeza qual é o destino de uma estrela cuja massa se encontra neste intervalo.

**se  $M > 10 M_{\text{Sol}}$**

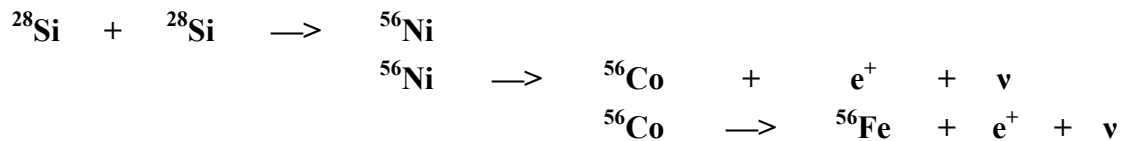
Este caso é mais complicado ainda! Estrelas com tanta massa evoluem ao longo de vários estágios de queima nuclear com a produção residual de vários elementos químicos pesados.

Estas estrelas não passam por explosões violentas. Elas contraem, aquecendo suavemente o núcleo até que uma reação particular começa. Quando este elemento é esgotado a contração gravitacional transfere a queima nuclear para um anel em torno do novo núcleo.

Uma outra contração do núcleo faz com que a temperatura nesta região aumente e seja iniciado o próximo estágio de fusão nuclear. Detalhes deste processo dependem da massa da estrela. **Se a estrela tem uma massa entre 10 e 20  $M_{\text{Sol}}$**  a temperatura do núcleo sobe até um valor bastante alto, da ordem de  $T \sim 2 \times 10^9$  Kelvins. Isto é suficiente para iniciar a queima do oxigênio e do neônio, formando silício, enxofre e magnésio.

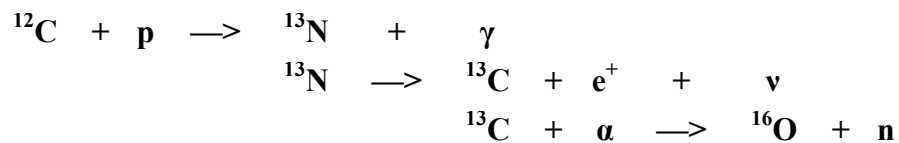


No entanto, **se a estrela tem uma massa maior do que 20  $M_{\text{Sol}}$**  a temperatura do núcleo alcança  $T \sim 3 \times 10^9$  Kelvins o que permite a queima do silício.



A cadeia termina quando o  ${}^{56}\text{Fe}$  é produzido.

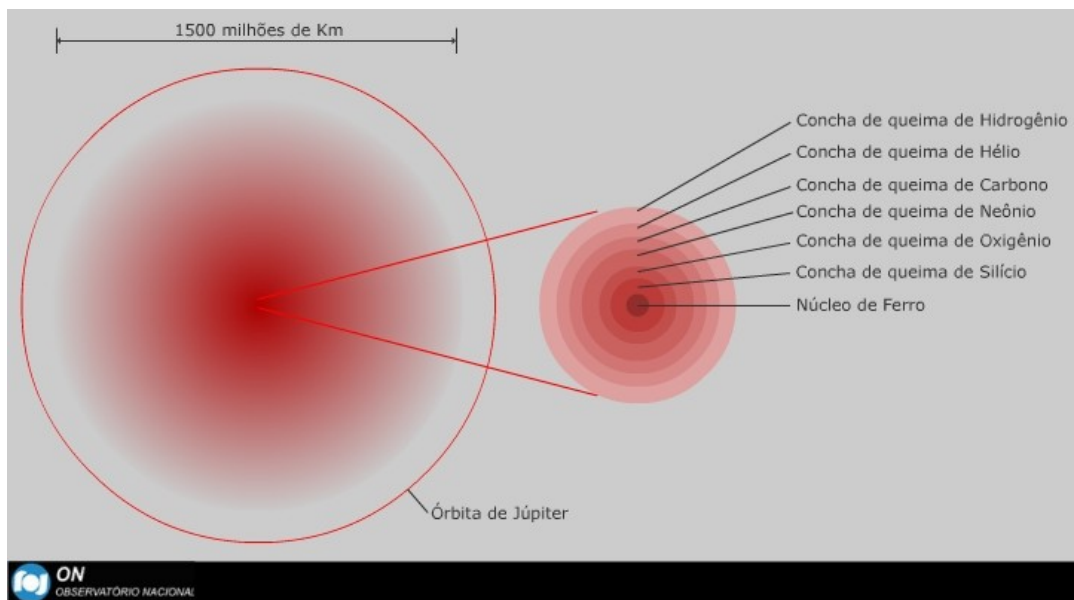
No entanto, acontece algo muito importante durante estes processos nucleares. A partir de reações tais como



um número muito grande de nêutrons é produzido e liberado no interior da estrela. Estes nêutrons se combinam com vários átomos formando isótopos pesados destes elementos. Acontece que os núcleos ricos em neutrons são **instáveis** e decaem para estados de menor energia. O importante é entender que este é o processo de formação dos elementos pesados que encontramos em todo o Universo.

Todos os elementos pesados que existem no Universo foram fabricados no interior de alguma estrela supergigante. Quando estas estrelas evoluem e explodem estes elementos são lançados no meio interestelar, enriquecendo as nuvens de gás e poeira que dão origem à geração seguinte de estrelas. Nosso corpo é formado por carbono, um elemento pesado que foi fabricado no interior de uma estrela. Existimos porque, em algum momento, uma estrela nesta vizinhança explodiu e lançou este material pesado no gás que, mais tarde, daria origem ao Sol e ao sistema planetário que o acompanha.

Devido à contínua queima de elementos nucleares a estrutura interna destas estrelas é formada por conchas concêntricas de elementos cada vez mais pesados, assemelhando-se a uma repugnante cebola.



O destino destas estrelas supergigantes é ou explodir sem deixar resíduos estelares, ou explodir deixando uma estrela de nêutrons ou colapsar formando buracos negros.

## ANEXO B – Artigo Científico - Astronomia – A Lua, e suas fases.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Osório

### **Astronomia – A Lua, e suas fases.**

Gustavo Cardoso Pereira  
gustavopereira96@hotmail.com  
Administração – Tarde

#### **Introdução:**

Afinal, o que é a Lua? A Lua é o único satélite natural da Terra, ela está situada a uma distância de aproximadamente 384.405 km da Terra. Essa distância foi medida a partir de radares e lasers emitidos de Primas Retro Refletores, elas refletem a luz na mesma direção da luz incidente. O motivo de eu ter escolhido a Lua para este presente artigo, não foi por ser um planeta lindo, romântico etc. Foi por que eu acho este planeta fascinante e além de ter sido o primeiro planeta em que o homem botou os pés.

#### **1.Formação da Lua:**

Algumas delas foram abandonadas por terem sido demonstradas implausíveis, outras são possíveis, mas não há conclusões definitivas. A origem da Lua é incerta, mas há muitas similaridades no “teor” dos elementos encontrados tanto na Lua quanto no nosso planeta. Isto indica que ambos os astros podem ter tido uma origem comum. Alguns astrólogos e geólogos alegam que a Lua teria se desprendido de uma massa incandescente de rocha liquefeita primordial através da Força Centrífuga.



Outra hipótese, é que um planeta desaparecido, nomeado Theia, com aproximadamente o mesmo tamanho de Marte, ainda no princípio da formação da Terra, teria se chocado ao planeta Terra, esta colisão fez com que Theia se desintegrasse e forçou a liberação de pedaços

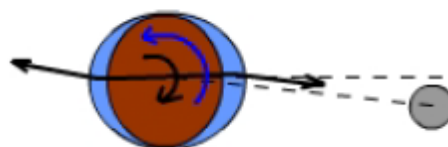
de rochas líquidas. Esses pequenos pedaços teriam se condensado num mesmo corpo, e foi aprisionado ao campo gravitacional da Terra. Esta hipótese foi nomeada de “Hipótese do Grande Impacto” ou Big Splash.



*Ilustração 1: Representação do Big Splash*

## **2. Influência da Lua nas Marés Terrestres:**

Marés altas não ocorrem exatamente pelo alinhamento entre os centros Terra/Lua, as marés altas são levadas um pouco mais a frente pela rotação da Terra. Como resultado, a força da atração entre a Terra e a Lua não se exerce exatamente na direção da linha entre estes dois centros, isso gerará um binário sobre a Terra, que contraria a sua rotação e uma força de atração da Lua, puxando ela para frente de sua órbita e levando-a para uma órbita. Este fenômeno é chamado de Transferência Líquida de Energia da Terra para a Lua.



*Ilustração 2: Imagem tirada da Wikipédia de um esquema mostrando a influência da Lua nas marés terrestres.*

- Binário: na Astronomia, ao sistema composto por dois corpos celestes próximas de tal forma de que orbitam em torno de um centro de massa comum - fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Bin %C3%A1rio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Bin%C3%A1rio)

### 3. Plano Orbital da Lua:

O plano orbital da Lua em volta da Terra tem uma inclinação de  $5^{\circ}9'$ , em relação à elíptica, ela está inclinada  $23,5^{\circ}$  em relação à linha do Equador. Apesar do ângulo do plano orbital em relação à eclíptica continuar aproximadamente constante, o plano orbital não é fixo, movendo-se de uma maneira em que seu eixo pareça um círculo completo em torno do eixo da eclíptica num período de 18,6 anos. Esta rotação para oeste do plano orbital da Lua ocorre pela força diferencial exercida pelo bojo equatorial da Terra, isto é causado pela rotação da

Terra. E em relação à Linha do Equador da Lua, o seu plano orbital tem uma inclinação de menos do que  $1^{\circ}$ . *Representação da rotação da Lua em torno do Plano Orbital da Terra:*

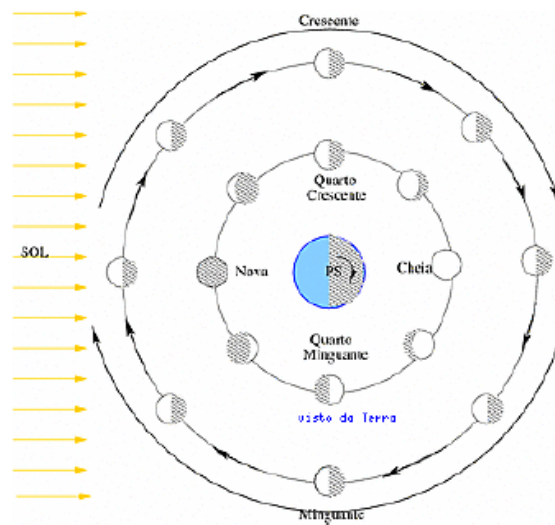
*<http://astro.if.ufrgs.br/Lua/plano.gif> (fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/Lua/Lua2.htm>)*

Eclíptica - Astronomia. Círculo imaginário, correspondente à órbita aparente do Sol em volta da Terra, órbita que a Terra descreve num ano em volta do Sol. (Fonte: <http://www.dicio.com.br/ecliptica/>)

### 4. Fases da Lua:

Ao decorrer dos meses a Lua dá a volta ao redor do Plano Orbital da Terra, durante esse “caminho” a Lua parece variar de forma gradualmente. Um ciclo da Lua completo dura aproximadamente 29,5 dias. Esse fenômeno é compreendido desde a Antiguidade. Acredita-se que o filósofo grego Anaxágoras (+/- 430 a.C.), já teria conhecimento desta causa, e o filósofo grego Aristóteles (384 – 322 a.C.) registrou a explicação do fenômeno “as fases da Lua resultam do fato de que ela não é um corpo iluminado, e sim um corpo iluminado pela luz do Sol”.





*Ilustração 3: Influência da Luz Solar nas fases da Lua*

#### **4.1. Lua Nova:**

- Lua e Sol, vistos da Terra, estão na mesma direção;
- A Lua nasce  $\approx$  6h e se põe  $\approx$  18h.

A Lua Nova ocorre quando o lado visível da Lua não recebe luz Solar, pois os dois corpos celestes (Lua e Sol) estariam na mesma direção. Nessa fase, a Lua está no céu durante o dia, nascendo e se pondo praticamente junto ao Sol.

#### **4.2. Lua Quarto-Crescente:**

- Lua e Sol, vistos da Terra, estão separados a um ângulo de  $90^\circ$ ;
- a Lua está a leste do Sol e, portanto, sua parte iluminada tem a convexidade para o oeste;
- a Lua nasce  $\approx$  meio-dia e se põe  $\approx$  meia-noite.

A Lua fica na forma de um semicírculo com a parte convexa voltada para o oeste. Após o dia de Lua Quarto-Crescente dia, a fração iluminada da face visível continua a crescer pelo lado voltado para o oeste, até que atinge a fase Cheia.

#### **4.3. Lua Cheia:**

- Lua e Sol, vistos da Terra, estão em direções opostas, separados de  $180^\circ$ , ou 12h;
- a Lua nasce  $\approx 18h$  e se põe  $\approx 6h$  do dia seguinte.

Na fase cheia 100% da face visível está iluminada. A Lua está no céu durante toda a noite, nasce quando o Sol se põe e se põe no nascer do Sol. o disco lunar vai dia a dia perdendo um pedaço maior da sua borda voltada para o oeste. Aproximadamente sete dias depois, a fração iluminada já se reduziu a 50%, e temos o Quarto-Minguante.

#### **4.4. Lua Quarto-Minguante:**

- a Lua está a oeste do Sol, que ilumina seu lado voltado para o leste;
- a Lua nasce  $\approx$  meia-noite e se põe  $\approx$  meio-dia.

A Lua está aproximadamente  $90^\circ$  a oeste do Sol, e tem a forma de um semicírculo com a convexidade apontando para o leste.

- Curiosidade: O intervalo de tempo médio entre duas fases iguais consecutivas é de 29d 12h 44m 2.9s ( $\approx 29,5$  dias). Esse período é chamado mês sinódico, ou luação, ou período sinódico da Lua.

#### **5. O Lado Distante:**

As pessoas se referem ao “lado escuro da Lua”, mas este lado escuro da Lua **não existe**, por que, durante o movimento de rotação da Lua, o Sol iluminará todos os lados do astro. Mas, existe o “lado distante da Lua”, que não é possível ser visto daqui da Terra. Ao decorrer do tempo, as forças gravitacionais da Terra diminuíram a rotação da Lua sobre seu eixo até que o período rotacional fosse exatamente igual, a sua órbita em torno do planeta Terra.

Experimento do site <http://astro.if.ufrgs.br/moon/Lua.htm>:

“Você pode simular este efeito usando dois objetos redondos, como bolas. Mantenha uma das bolas estacionária, para representar a Terra. Mova a outra bola em volta da "Terra" sem mover seu pulso. Você verá que pessoas na "Terra" veem todos os lados da "Lua". Entretanto, se você girar a "Lua" na sua órbita em redor da "Terra", você pode ver que você pode ajustar a rotação de modo que somente um lado da "Lua" é visto a partir da "Terra". É por isto que as formas na face da Lua nunca mudam.”

## 6. Rotação da Lua:

Rotação Sincronizada da Lua

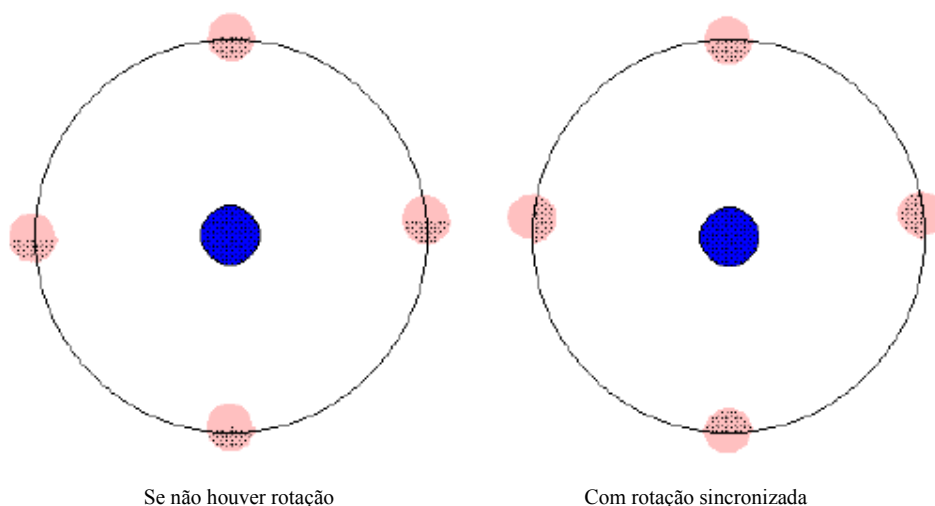


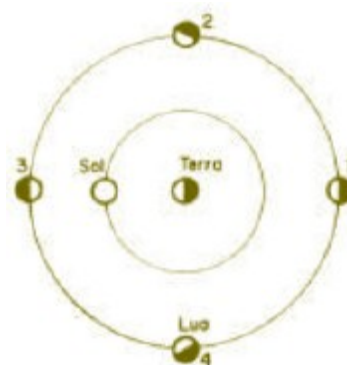
Imagem retirada do site <http://astro.if.ufrgs.br/Lua/Lua.htm>

Na medida em que a Lua orbita em torno da Terra, completando o ciclo de fases, ela sempre mantém sempre a mesma face voltada para a Terra. Isto indica que o período de translação e o período de rotação em torno do seu próprio eixo, são iguais. Portanto, a Lua tem a translação e a rotação **sincronizadas**. Acredita-se que esta sincronização, tenha acontecido mediante as grandes forças de maré exercidas pela Terra na Lua no tempo em que ela era mais “Jovem” e mais elástica.

- Curiosidade: Atualmente a Lua continua afastando-se da Terra, a uma taxa de 4 cm/ano.

## 7. Quem está mais longe, Sol ou Lua?

Para descobrir que o Sol está mais longe da Terra que a Lua, bastou observar atentamente cada uma das fases da Lua. Se fosse a Lua que estivesse mais longe da Terra, por algumas análises de suas posições relativas ao Sol e a Terra. Isto ocorreria de que a Lua sempre estaria iluminada pela luz do Sol quando observada do nosso planeta, por tanto, não haveria mais Lua Nova.



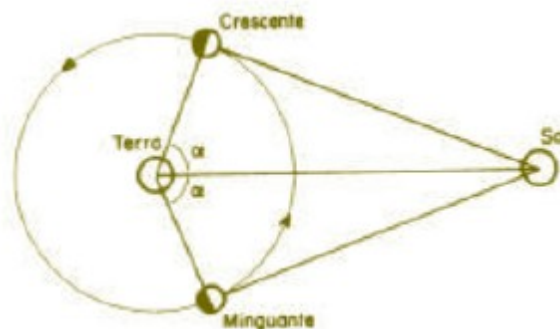
A hipótese contrária, que é a única que se diz compatível com as fases da Lua, em relação à ocorrência da Lua Nova, é de que o Sol está mais distante de nós do que a Lua. Outro fato, que afirma esta hipótese é a ocorrência de Eclipses Solares, que só é possível, com a Lua estando mais perto da Terra que o Sol.

### 7.1. A ideia de Aristarco:

Aristarco de Samos foi um astrônomo grego, ele foi o primeiro cientista a propor a ideia de que a Terra gira em torno do Sol, e que a Terra possui movimento de rotação. Por tanto foi acusado, por esta afirmação, de impiedade por Cleanto, o Estóico. (fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Aristarco\\_de\\_Samos](http://pt.wikipedia.org/wiki/Aristarco_de_Samos))

Para descobrir quão distante que a Lua está do Sol, Aristarco de Samos, observou o ciclo Lunar, e utilizou de métodos desenvolvidos por ele para comparar as distâncias Terra/Lua e Terra/Sol.

Há duas posições da Lua em sua órbita, o Quarto Crescente e o Quarto Minguante, quando a Lua encontra-se com metade iluminada e metade escura.



Ao ocorrer disto, o triângulo Terra-Lua-Sol é retângulo, isto faz com que o ângulo reto do vértice seja ocupado pela Lua. E este fato pode ser muito bem observado, ao nascer e ao pôr do Sol, com a Lua em Quarto Crescente e em Quarto Minguante (Meia-Lua).



Imagens: [http://www.mais.mat.br/recursos/images/c/c4/Medidas\\_astronicas.pdf](http://www.mais.mat.br/recursos/images/c/c4/Medidas_astronicas.pdf)

## 8. Considerações Finais:

O presente artigo tinha como objetivo de aprofundar, de certa forma, os conhecimentos que eu havia sobre este astro que é a Lua. Além de “saciar” as minhas dúvidas sobre a Lua, e querer saber muito mais sobre ela. E além de conseguir achar diversificadas hipóteses, uma que eu achei interessante foi a do Big Splash, que é a que diz que havia um planeta, nomeado Theia, que teria se chocado ao nosso planeta, e que seus restos, geraram o nosso satélite, a Lua. E também a maneira que podemos aplicar, geometria entre as posições Sol/Terra/Lua. E este trabalho me ajudou a abrir varias “portas”, ao descobrir tanto sobre a Lua.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Osório

**Referências Bibliográficas:**

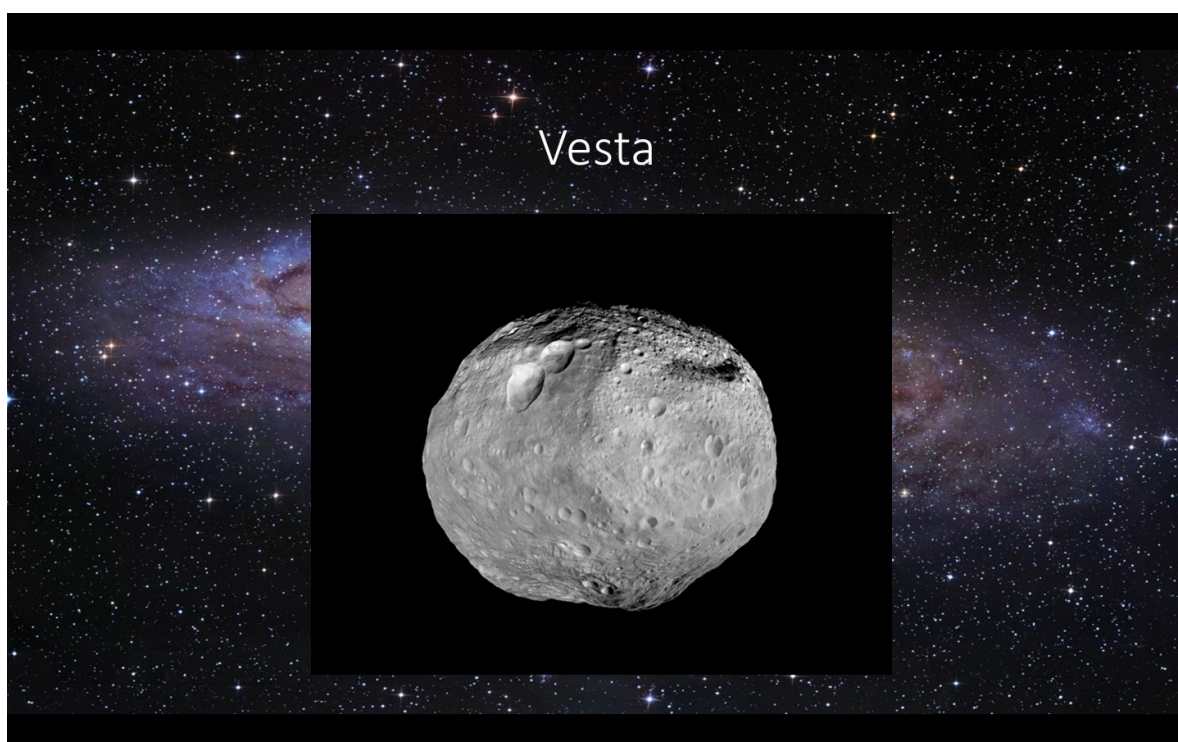
- <http://astro.if.ufrgs.br/Lua/Lua.htm>
- <http://astro.if.ufrgs.br/Lua/Lua2.htm>
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lua>
- <http://astro.if.ufrgs.br/moon/Lua.htm>
- [http://www.mais.mat.br/recursos/images/c/c4/Medidas\\_astronomicas.pdf](http://www.mais.mat.br/recursos/images/c/c4/Medidas_astronomicas.pdf)

## ANEXO C – Apresentação de Seminário desenvolvido por alunos.

Slide 1 – Cinturão de Asteroides.

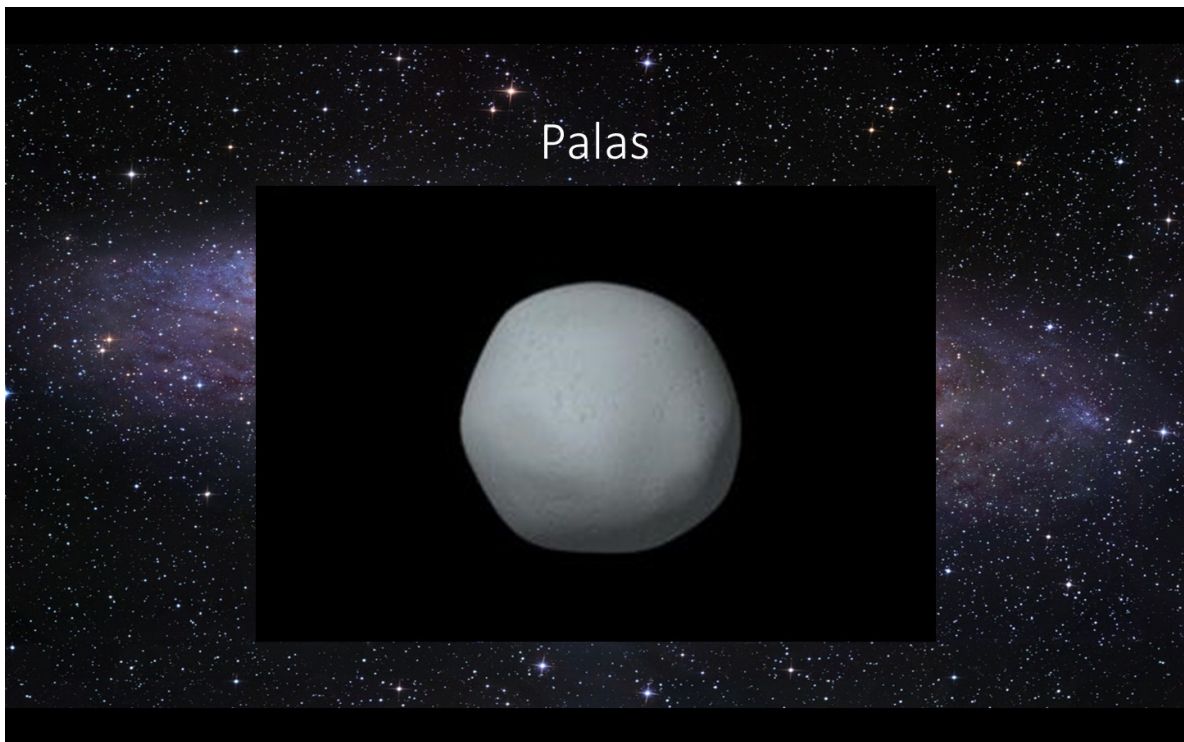


Slide 2 – Asteroide Vesta.

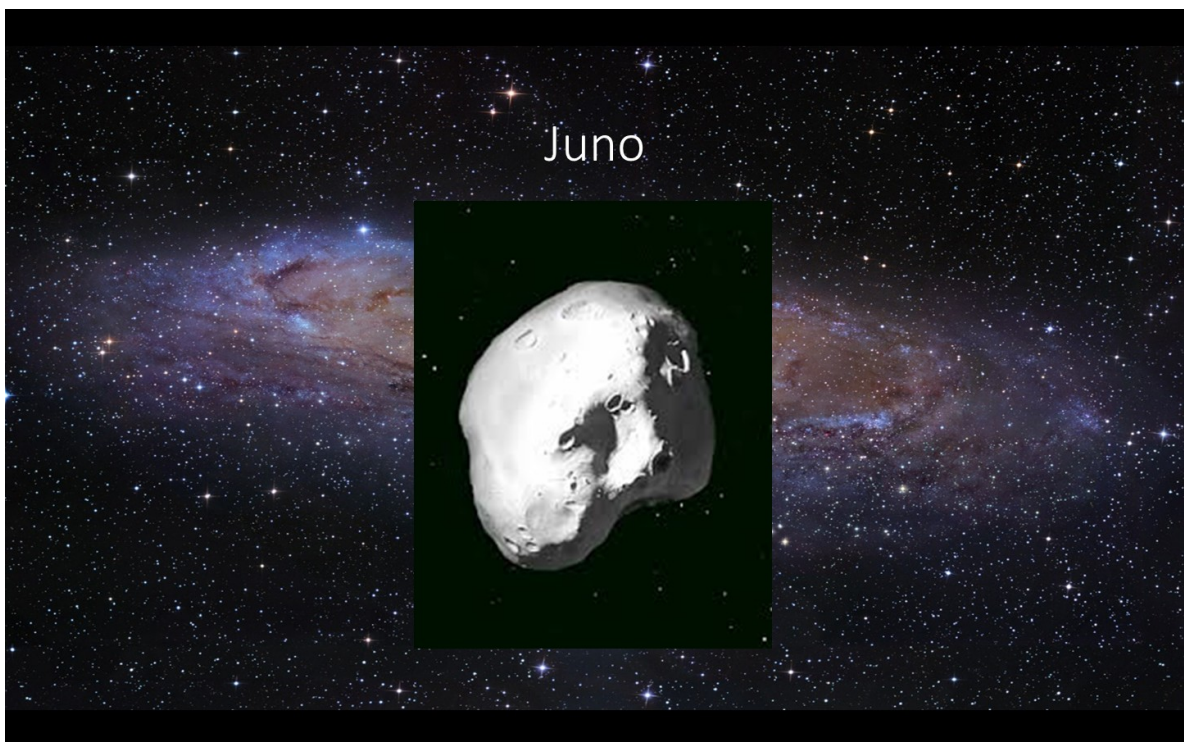




Slide 3 – Asteroide Palas.

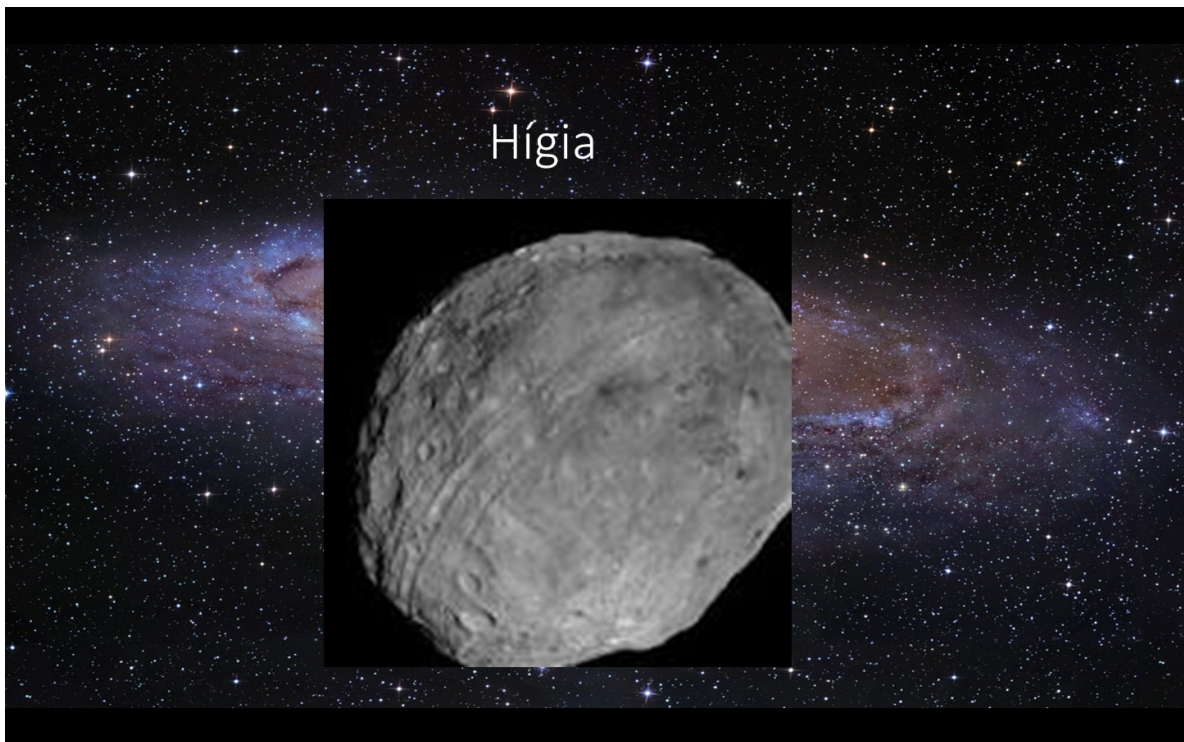


Slide 4 – Asteroide Juno.





Slide 5 – Asteroide Hígia.



Slide 6 – Asteroide Davida.

