

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



*Universidade Regional
do Cariri - URCA*

UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA – DF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA – POLO 31

A ASTRONOMIA DOS POVOS PRIMITIVOS A CONCEPÇÃO DE EINSTEIN POR
MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO BASEADA NA EPISTEMOLOGIA DE IRME
LAKATOS EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO NO MUNICÍPIO DE QUIXELÔ, CE

JUAZEIRO DO NORTE

2022

NILSON BARBOSA MACIEL

A ASTRONOMIA DOS POVOS PRIMITIVOS A CONCEPÇÃO DE EINSTEIN POR
MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO BASEADA NA EPISTEMOLOGIA DE IRME
LAKATOS EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO NO MUNICÍPIO DE QUIXELÔ, CE

Orientador: Prof. Dr. Claudio Rejane da Silva Dantas

JUAZEIRO DO NORTE, Ce

2022

A ASTRONOMIA DOS POVOS PRIMITIVOS A CONCEPÇÃO DE EINSTEIN POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO BASEADA NA EPISTEMOLOGIA DE IRME LAKATOS EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO NO MUNICÍPIO DE QUIXELÔ, CE

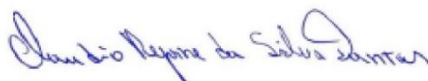
Nilson Barbosa Maciel

Orientador:

Prof. Dr. Claudio Rejane da Silva Dantas

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Regional do Cariri – URCA, polo 31 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.

Aprovada por:



Dr. Claudio Rejane da Silva Dantas (Orientador/ URCA)



Dra. Alejandra Daniela Romero (UFRGS)



Documento assinado digitalmente

NOELIA SOUZA DOS SANTOS

Data: 03/11/2022 15:08:36-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dra. Noélia Sousa dos Santos (UFCA)

Av. Leão Sampaio, N° 107- Bairro Triângulo - CEP: 63.041-235 – Juazeiro do Norte/CE
E-mail: mnpef.cariri@urca.br- Site: www.urca.br/mnpef / - CNPJ: 06.740.864/0001-26



FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha Catalográfica elaborada pelo autor através do sistema
de geração automático da Biblioteca Central da Universidade Regional do Cariri - URCA

Maciel, Nilson BARBOSA

63515000a A ASTRONOMIA DOS POVOS PRIMITIVOS A CONCEPÇÃO DE EINSTEIN
POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO BASEADA NA EPISTEMOLOGIA DE
IRME LAKATOS EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO NO MUNICÍPIO DE QUIXELÔ,
CE Nilson Barbosa Maciel / Nilson BARBOSA Maciel. QUIXELO, 2022.

200p. il.

Dissertação. Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física da
Universidade Regional do Cariri - URCA.

Orientador(a): Prof. Dr. CLAUDIO REJANE DA SILVA DANTAS

1.ENSINO, 2.ASTRONOMIA, 3.EDUCAÇÃO BÁSICA, 4.ASTROFÍSICA; I.Título.

CDD: 621

Agradecimentos

A meus pais Francisco Edilson Maciel e Luzia Patrício Maciel (*in memoriam*) que moldaram 100% do meu caráter e me ensinaram as primeiras noções das virtudes.

A meu querido irmão Claudio parceiro de longa data.

A minha esposa Francisca Ivoneide e a minha conselheira e filha Anna Karine.

Aos meus colegas do Mestrado que acabaram se tornando bons amigos.

Ao grande Astrônomo e divulgador científico Carl Sagan por despertar em mim a paixão pela astronomia e pela ciência em geral.

Ao núcleo gestor e alunos da Escola de Ensino Médio Luís Gonzaga da Fonseca Mota por me permitirem a realização deste trabalho.

Especialmente ao meu orientador Prof. Dr. Claudio Rejane pela enorme ajuda e aos demais membros da banca avaliadora.

A Universidade Regional do Cariri – URCA pelo apoio em realizar os estudos nas suas dependências.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código do financiamento 001, pelo apoio financeiro na concessão da bolsa.

A todos os professores Dr. Antonio Carlos Alonge Ramos; Dr. Carlos Emídio Sampaio Nogueira; Dr. Francisco Augusto Silva Nobre; Dr. George Pimentel Fernandes; Dr. Jamil Saade; Dr. Job Saraiva Furtado Neto e Dr. José Euclides Gomes da Silva pelos importantes ensinamentos dados ao longo do MNPEF.

Aos demais leitores não citados acima.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC = BASE NACIONAL CURRICULAR COMUM

MPPC = METODOLOGIA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA CIENTÍFICA

CAs = CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

URCA = UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI

MEC = MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA

LDB = LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO

PNE = PLANO NACIONAL DA EDUCAÇÃO

PCN = PARAMETROS CURRICULARES NACIONAIS

UFSCar = UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

UNICAMP = UNIVERSIDADE DE CAMPINAS

ROSE = RELEVANCE OF SCIENTIFIC EDUCATION

GRF = GRUPO DE ESTUDOS DE FÍSICA

UFSM = UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

TER = TEORIA ESPECIAL DA RELATIVIDADE

TGR = TEORIA GERAL DA RELATIVIDADE

UFPR = UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PPC = PROGRAMA DE PESQUISA CIENTÍFICA

INEP = INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS

EAD = ENSINO A DISTÂNCIA

UFRGS = UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Via Láctea (Olavo Bilac)

“Ora (dizeis) ouvir estrelas! Certo
Perdeste o senso!” E eu vos direi, no entanto,
Que, para ouvi-las, muita vez desperto
E abro as janelas, pálido de espanto...
E conversamos toda a noite, enquanto
A via-láctea, como um pálido aberto,
Cintila. E, ao vir do sol, saudoso e em pranto,
Inda as procuro pelo céu deserto.
Dizeis agora: “Tresloucado amigo!
Que conversas com elas? Que sentido
Tem o que dizem, quando estão contigo?”
E eu vos direi: “Amai para entendê-las!
Pois só quem ama pode ter ouvido
Capaz de ouvir e de entender estrelas”.

RESUMO

Este trabalho visa essencialmente, discutir de modo breve, o tema de Ensino de Astronomia na educação básica, e principalmente fornecer aos colegas professores uma sequência de ensino com assuntos ligados a Astronomia para que possam ser trabalhados com alunos do Ensino Médio. Embasado pela BNCC – Base Nacional Curricular Comum – e tomando como norte a filosofia racionalista - crítica de Imre Lakatos procurou-se criar uma sequência de ensino que pudesse ser aplicada e discutida de modo a trazer o tema da Astronomia para mais próximo dos jovens estudantes. Inicialmente fez-se um apanhado histórico sobre a astronomia com o foco nos modelos de Universo desde os primórdios gregos até a concepção de Einstein dando ênfase na passagem do conhecimento geocêntrico para o heliocêntrico na Idade Média. Em seguida fez-se um estudo da filosofia de Imre Lakatos onde foi exposto as suas concepções sobre a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica (MPPC). Uma sequência de ensino foi criada, baseando-se livremente nas ideias de Lakatos e numa estratégia de ensino exposta pelo professor Fernando Lang da Silveira da UFRGS com o objetivo de discutir algumas questões importantes como: a) a visão do cosmos tida pelos alunos frente a visão científica, b) O conhecimento científico da astronomia frente a pseudociência da astrologia e “terraplanismo” e, c) As Leis de Kepler e sua importância para a explicação newtoniana do sistema solar. A pesquisa é de caráter qualitativa e foi realizada com alunos do terceiro ano do ensino médio da escola Gonzaga Mota no município de Quixelô. Como instrumentos para a aferição dos dados foi realizado um teste no início para coletar as concepções alternativas (CAs) dos alunos e um teste no final, para coletar as concepções científicas adquiridas pelos discentes. Na conclusão, os dados foram analisados observando os dois testes e verificando a mudança de concepção dos alunos sobre os temas trabalhados.

Palavras – Chave: Ensino de Astronomia. Geocentrismo. Heliocentrismo. Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. Concepções Alternativas.

ABSTRACT

This work essentially aims to briefly discuss the topic of Astronomy Teaching in basic education, and mainly to provide fellow teachers with a teaching sequence with subjects related to Astronomy so that they can be worked with high school students. Based on the BNCC – Base Nacional Curricular Comum – and taking as a guide the rationalist philosophy - critical of Imre Lakatos, we sought to create a teaching sequence that could be applied and discussed in order to bring the topic of Astronomy closer to young students. Initially, a historical overview was made on astronomy with a focus on cosmological models from the Greek beginnings to Einstein's conception, emphasizing the transition from geocentric to heliocentric knowledge in the Middle Ages. Then, a study of the philosophy of Imre Lakatos was made, where his conceptions about the Methodology of Scientific Research Programs (MPPC) were exposed. A teaching sequence was created, based freely on Lakatos' ideas and on a teaching strategy exposed by professor Fernando Lang da Silveira from UFRGS, with the aim of discussing some important issues such as: a) the students' view of the cosmos in relation to scientific view, b) The scientific knowledge of astronomy against the pseudoscience of astrology and “flat-earthism” and, c) Kepler's Laws and their importance for the Newtonian explanation of the solar system. The research is qualitative and was carried out with students of the third year of high school at the Gonzaga Mota school in the municipality of Quixelô. As instruments for the measurement of data, a test was carried out at the beginning to collect the alternative conceptions (ACs) of the students and a test at the end, to collect the scientific conceptions acquired by the students. In the conclusion, the data were analyzed observing the two tests and verifying the change of conception of the students about the worked themes.

Keywords: Teaching Astronomy. Geocentrism. Heliocentrism. Methodology of Scientific Research Programs. Alternative Conceptions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ruínas de STONEHENGE

Figura 2: Sítio arqueológico de CARNAC

Figura 3: Sítio megalítico de CALLANISH

Figura 4: Escola de Atenas

Figura 5: Visão de Universo de Tales

Figura 6: O Universo segundo Aristóteles

Figura 7: Cópia grega do sec. II a.c. do trabalho de Aristarco sobre os tamanhos relativos do Sol, da Terra e da Lua.

Figura 8: Edição em latim do *Algestum* de 1515

Figura 9: Esquema do modelo Geocêntrico de Ptolomeu

Figura 10: O sistema de epiciclos de Ptolomeu

Figura 11: Capa original da obra *De Revolutionibus*

Figura 12: Modelo heliocêntrico de Copernico

Figura 13: Movimento aparente dos planetas

Figura 14: Observatórios astronômicos de Uraniborg e Stjerneborg

Figura 15: Modelo cosmológico de Tycho Brahe

Figura 16: O modelo do sistema solar de Kepler

Figura 17: Foco e excentricidade de Mercúrio e da Terra

Figura 18: Capa da edição de 1610 de *Siderius Nuncios*

Figura 19: Primeira edição de *Principia*

Figura 20: a Geometria curva do Espaço – tempo segundo Einstein

Figura 21: As fases do ciclo básico da investigação ação

Figura 22: vista aerea da escola Gonzaga Mota

Figura 23: Vista da entrada

Figura 24: Vista interna da sala de aula

Figura 25: vista do corredor interno das salas de aula

Figura 26: Vista do pátio interno

Figura 27: Interior da biblioteca e sala de multimeios

Figura 28: slide visão geral do Universo

Figura 29: slide visão geral do Universo

Figura 30: O nosso Sistema solar

Figura 31:: Os planetas do sistema solar

Figura 32: slide a Evolução histórica da Astronomia

Figura 33: comparação Geocentrismo x heliocentrismo

Figura 34: slide visão einsteiniana do Universo

Figura 35: divisão das equipes do seminário

Figura 36: Apresentação das equipes

Figura 37: Apresentação das equipes

Figura 38: Slide sobre as Leis de Kepler

Figura 39: Aula sobre a Lei da Gravitação de Newton

Figura 40: Resolução de exercícios sobre as leis de Kepler e a lei da gravitação

universal

Figura 41: Aplicação Questionário I

Figura 42: Aplicação do Questionário II

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Excentricidade dos planetas do Sistema Solar.

Tabela 2: Quadro resumo com a sequência de ensino.

Tabela 3: Temas de interessa dos alunos.

Tabela 4: Exemplo de alguns temas de interesse dos alunos.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	15
1.0 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 – BREVE COMENTÁRIO SOBRE A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR	21
1.2 – REVISÃO DE ALGUNS TRABALHOS SOBRE A ABORDAGEM DA ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	23
2.0 A FÍSICA DA ASTRONOMIA E SEUS ASPECTOS HISTÓRICOS: DO PENSAMENTO PRIMITIVO A CONCEPÇÃO MODERNA DE EINSTEIN ..28	
2.1– A ASTRONOMIA PRIMITIVA DOS POVOS ANTIGOS	28
2.2– A ASTRONOMIA NA GRÉCIA ANTIGA	31
2.3– A ASTRONOMIA NO RENASCIMENTO	42
2.3.1 – <i>de revolutionibus orbium celestium</i>	42
2.3.2 – O sistema de Ticho Brahe	45
2.3.3 – Kepler e a Harmonia dos Mundos	47
2.3.4 – Galileu e o fortalecimento do Heliocentrismo	54
2.3.5 – Sobre os ombros de gigantes – as contribuições de Isaac Newton para a Astronomia	55
2.4– EINSTEIN E A GEOMETRIA DO ESPAÇO – TEMPO	59
3.0 A EPISTEMOLOGIA DE IMRE LAKATOS E O PROGRAMA DE PESQUISA CIENTÍFICA	64
3.1– A CIÊNCIA DE IMRE LAKATOS.....	64
3.2 - O PROGRAMA DE PESQUISA CIENTÍFICA	64
3.3- LAKATOS, O RACIONALISMO – CRÍTICO E O ENSINO CIENTÍFICO	67
3.4 - BREVE EXPOSIÇÃO DA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO DE SILVEIRA PARA PROBLEMATIZAR A EPISTEMOLOGIA DE LAKATOS NO ENSINO DE FÍSICA	68

4.0 METODOLOGIA	73
4.1 – A PESQUISA QUALITATIVA	73
4.2 – A PESQUISA - AÇÃO	74
4.3 – ESTRUTURA ESCOLAR E CARACTERIZAÇÃO DA TURMA	76
4.4 - UM OLHAR PARA O INSTRUMENTO	80
4.5 – A SEQUÊNCIA DE ENSINO	82
4.6 – QUADRO RESUMO COM AS ETAPAS DA SEQUÊNCIA	94
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES	95
5.1 – DADOS DO QUESTIONÁRIO I.....	95
5.2 – DADOS DO QUESTIONÁRIO II.....	105
6.0 CONCLUSÃO	112
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
8.0 APÊNDICES	119
- APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO I	119
- APÊNDICE B – RELATÓRIO DE PERGUNTAS	123
- APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO II	124
- APÊNDICE D – MANUAL PARA USO NAS AULAS	126

APRESENTAÇÃO

Minha trajetória de vida daria um livro dramático com recortes de aventura, mas vou deixar esses detalhes biográficos para outra ocasião o fato é que comecei na educação por acaso, e também por afinidade. Desde tenra idade, na meninice, já curtia brincadeiras em que pudesse ensinar os outros a aprender algo. Minha inteligência enciclopédica contribuía para isso. Formalmente, porém, iniciei na Educação no ano 2000, com 26 anos e na época, cursava Ciências Econômicas na Universidade Regional do Cariri Crato, e por intermédio de um amigo, fui convidado para lecionar Física e Matemática numa Escola de Ensino Médio, localizada no pequeno município de Quixelô. Era o início da minha vida profissional, nunca havia trabalhado fora da Universidade de modo que aquilo, de início, me aterrorizou. A extrema timidez, a inabilidade de falar em público somado ao fato de ter que abandonar a Faculdade de Economia fizeram-me pensar em demover da idéia, mas as condições financeiras adversas que enfrentava na época aliada a outros fatores me motivaram a aceitar o convite. O início difícil não foi o bastante para me desmotivar e a experiência de trabalhar com os jovens as disciplinas que eu tinha afinidade me fascinava. Após 3 anos trabalhando na escola, senti a obrigação de cursar uma graduação e naquela ocasião optei por Física. Era o ano de 2003. Nesse mesmo ano prestei vestibular para o recém criado curso de Licenciatura em Física na Universidade Estadual do Ceará, campus Iguatu. Fui aprovado em primeiro lugar e iniciei o curso em 2004 com muita vontade de aprender, mas também muitas dificuldades uma vez que tinha que me dividir entre o trabalho, os estudos e a família. Ao longo do curso tive oportunidade de aprender muita coisa nova e aprimorar o meu já bom conhecimento sendo aluno de professores Célio Rodrigues, Ênio Oliveira, Lázara Castillo, professor Valdemiro, entre outros, os quais sou muito grato. Também aprendi a gostar muito de Ciência. Foi também durante o período em que era aluno da graduação que conheci o grande divulgador científico norte americano Carl Sagan do qual ainda sou um fã. Após finalmente concluir a faculdade, continuei trabalhando no Ensino Médio como professor substituto e em 2009 prestei concurso para Professor do Estado. Onde obtive aprovação em segundo lugar na Macrorregião Centro-Sul do Ceará e consegui permanecer lotado na escola em que já trabalhava a algum tempo. Em 2014 optei por iniciar uma Especialização *latu sensu* em Ensino de Física que concluí cerca de dois anos depois, curso esse que ajudou a atualizar os meus conhecimentos. Em 2019 iniciei mais um curso desta vez *stricto sensu* de Mestrado em Ensino de Física pela Universidade Regional do Cariri – URCA, onde mais uma vez pude aprimorar os meus conhecimentos com a boa estrutura e o corpo docente empenhado em fornecer aos estudantes o caminho para o

aprimoramento na profissão. Fiquei muito feliz em retornar aquela instituição depois de muitos anos. Hoje, após quase 23 anos na educação, e tendo lecionado a mais de 2 mil jovens adolescentes sinto que aprender nunca é demais e ensinar também, pois sempre vai existir alguma coisa a se aprender e alguém para ensinar.

CAPÍTULO I

1.0 – INTRODUÇÃO

De antemão aviso ao leitor que muitas das informações contidas nesse trabalho foram colhidas na experiência de mais de duas décadas trabalhando como professor de Física numa escola de Ensino Médio no município de Quixelô no Ceará, na convivência direta com os adolescentes e jovens na referida escola.

Ensinar Física não é uma tarefa das mais fáceis. Tida, ao longo dos anos, como uma Ciência de difícil assimilação e voltada essencialmente para conceitos abstratos, o seu domínio, segundo muitos estudantes e colegas de trabalho os quais tive e tenho contato, requer destreza e habilidade na manipulação de equações complexas e fora da vivência dos mortais comuns. Em outras palavras, a Física era notadamente um campo do conhecimento que somente alguns “privilegiados” seriam capazes de compreender. Isso mesmo “seriam”, pois essa concepção anacrônica, a meu ver, sendo lentamente substituída pela ideia mais moderna de que todos são capazes de aprendê-la, bastando para isso um pouco de dedicação. Obviamente que o ensino dessa ou de qualquer disciplina das ciências naturais enfrenta percalços como assinala Costa e Barros (2015) que destaca o caráter livresco dos conteúdos e aulas expositivas em excesso, ausência quase completa de prática experimental, reduzida carga-horária, profissionalização deficiente do professor e currículo desatualizado e descontextualizado

Embora seja uma disciplina base para se compreender os avanços tecnológicos e científicos da sociedade moderna, o currículo na maioria das escolas encontra-se ainda muito desatualizado e distante da realidade dos estudantes.

A ainda precária ou falta de formação específica em Física, pode explicar parte dessa desatualização. Segundo Peres (2013) “vários estudiosos enfocaram a formação docente como um diferencial altamente significativo para a obtenção de melhorias educacionais”. Já é longa e árdua a batalha para tentar se resolver o problema da precária formação dos professores nas áreas de ciências da natureza no ensino básico. Essa precária formação é corroborada pela predominância da Física Clássica nos planos anuais de Física das escolas da educação secundária pelo Brasil afora.

E nesse ponto, MOREIRA (2018) aponta que não basta abordar mais conteúdos para que os alunos os “decorem mecanicamente”, (entendido como aprendizagem sem significado e sem transferência) mas sim que estes façam sentido,

despertem o interesse e que o professor foque nas metodologias a serem utilizadas, de modo a facilitar a aprendizagem.

Desse modo, baseado em muitas experiências como professor na educação básica, vejo tornar-se injustificável que um estudante conclua a Educação Básica e não tenha tido um mínimo de horas-aulas nas disciplinas de Ciências ou Física destinadas ao estudo da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia já que como foi exposto anteriormente, o conhecimento científico teórico está dando bastante enfoque nos estudos sobre o Cosmos e nosso futuro nele. É importante ressaltar ainda que o período escolar da Educação Básica para muitos jovens é a única oportunidade de acesso aos conhecimentos científicos, pois muitos não seguirão carreiras científicas ou docentes, ficarão subordinados as notícias que saem nas mídias que muitas vezes passam uma imagem distorcida da ciência.

Inicialmente com o sentido prático de ajudar na agricultura do homem primitivo, o estudo sobre o Universo acabou despertando também algumas dúvidas sobre determinados fenômenos. Como destaca Anne Rooney (2018, p. 15)

Nossa curiosidade vai aumentando a medida que observamos com cuidado o céu que nos parece envolver. Nele podemos distinguir muitos objetos completamente diferentes. Alguns são brilhantes porque? Alguns cintilam porque? Nem todas as estrelas são da mesma cor porque? Em algumas épocas, um cometa aparece no céu, com sua estranha cauda, mas de onde ele vem? E porque eles são diferentes das estrelas?

Além dessas e inúmeras outras questões, mais recentemente nos deparamos com perguntas como: “a Terra é plana ou esférica? Será que o homem foi à Lua? Perguntas essas que nos fazem pensar porque temas como esse ainda geram debates na atualidade.

Por outro lado, a Astronomia ainda se mostra desconhecida de muitos dos nossos alunos nas escolas e da população em geral. Talvez isso explique, em parte, o motivo de tais questionamentos feitos no parágrafo anterior. Mas o fato é que ainda falta uma boa divulgação dessa ciência nas escolas de Ensino Fundamental, Médio e nas Universidades brasileiras.

A fato de as disciplinas científicas terem uma aura de difícil e incompreensível para a maioria dos alunos precisa ser encarado pelos professores como algo real e presente nas nossas escolas. E diante desse fato consumado, é imperativo que o professor procure diversificar sua didática. Desse modo os conteúdos precisam ter significado e despertar a curiosidade nos jovens.

Com a internet o conhecimento passou a ser amplamente divulgado e disponível a todos de modo que vimos crescer o interesse em diversos temas, entre eles os relacionados à Astronomia. Diversos sites, canais no Youtube, páginas nas redes sociais (WhatSap, Facebook, Instagran, etc) e filmes falam sobre Astronomia tornando-a mais fácil de se compreender uma vez que a maioria dos adolescentes já traz algum conhecimento prévio sobre o assunto. Soma-se a isso as muitas notícias veiculadas sobre o assunto nos mais diversos meios de comunicação.

Mas mesmo sendo um tema que tem muita evidência atualmente, algumas escolas negligenciam debater tais assuntos. Apesar dos avanços tidos nos últimos anos com pesquisas e dissertações voltadas ao ensino de Astronomia, ainda há jovens que não encontram na escola uma forma de conversar ou aprender mais sobre o Universo. Como expressa Dias (2008)

Diversos trabalhos foram elaborados com ênfase nesse tema, entre eles destacam-se: as falhas encontradas em livros didáticos (BOCZKO, 2003), concepções errôneas de professores de Ciências (LEITE, 2002), falta de recursos didáticos para elaboração de experimentos em sala de aula (BUCCIARELLI, 2001) e, além disso, o desinteresse pela carreira de professor auxilia a elevar a distorção existente entre o que se ensina ao aluno e o que é proposto pelos PCN. (DIAS & SANTA RITA, 2008, p. 56)

Do outro lado, os professores, muitas vezes acabam não se aventurando a trabalhar a Astronomia nas escolas, o que a meu ver é inaceitável no mundo atual. Um aluno que conclui a educação básica sem ter tido pelo menos as noções e conceitos básicos da Astronomia não compreenderá o desenvolvimento que essa ciência passou e que irá passar nos próximos anos.

E mesmo aqueles colegas que se aventuram a trabalhar esse tema nas suas aulas de Física, encontram dificuldades porque não sabem exatamente quais assuntos abordar e como devem ser trabalhados.

Por tudo isso e pela crescente curiosidade dos meus alunos, senti a necessidade de iniciar temas sobre o Universo nas aulas de Física. E foi imbuído dessa necessidade que resolvi escrever este trabalho, principalmente para ajudar os demais colegas professores que por ventura acham o assunto difícil ou que, sem saberem por onde começar e quais temas podem ser trabalhados em suas aulas sobre a Astronomia. Os livros didáticos pouco exploram o tema, e basicamente não existem muitos textos que buscam indicar quais assuntos da Astronomia podem ser explorados e repassados para os alunos no Ensino Médio.

É inegável que no cenário atual, as grandes descobertas na Física passam por estudos dos fenômenos do mundo atômico e do Cosmos. Os documentos vistos anteriormente apontam nessa linha de trabalhar o campo da Astronomia no ensino médio.

O objetivo deste trabalho de dissertação foi desenvolver e validar uma sequência de ensino para incentivar o estudo da Astronomia fundamentada na teoria epistemológica de Imre Lakatos sobre os programas de pesquisa no Ensino Médio em uma turma de uma escola pública de Quixelô – Ce. A sequência integra uma contextualização filosófica e histórica acerca de conhecimentos da Astronomia desde as civilizações mais antigas, passando pela idade média até as concepções mais aceitas atualmente sobre a localização do homem e do nosso planeta no cosmos, enfocando o debate entre o Geocentrismo e o Heliocentrismo.

Destacamos os objetivos específicos:

- Realizar uma breve revisão de literatura sobre o ensino de Astronomia na Educação Básica;
- Realizar uma revisão histórica sobre aspectos do desenvolvimento da Astronomia focando as concepções do Universo em diferentes épocas da humanidade;
- Elaborar uma sequência de ensino fundamentada na teoria filosófica e epistemológica de Imre Lakatos para ser problematizada com estudantes do Ensino Médio;
- Construir um material instrucional propositivo para oferecer a outros professores que desejam introduzir o ensino da Astronomia em um caráter mais crítico e reflexivo.

A sequência de ensino visa colocar os alunos no centro desse debate e fazê-los entender quais as implicações de cada uma das concepções.

A presente dissertação está dividida em 6 capítulos:

No primeiro, faço uma pequena introdução sobre o trabalho aqui escrito, inclusive justificando a relevância do tema da Astronomia para os currículos da Educação Básica.

No segundo capítulo, fez-se uma longa discussão acerca do desenvolvimento ao longo do tempo a respeito da Astronomia desde as primitivas observações e descrições feita pelo homem primitivo, até a concepção einsteiniana de Universo, passando pelas contribuições dos pensadores gregos, da revolução copernicana, das observações pioneiras de Galilei, das Leis de Kepler e de Newton com sua Lei da Gravitação Universal.

No terceiro capítulo falo sobre grande Pensador húngaro Imre Lakatos e suas contribuições para a educação com seu famoso programa de pesquisa científica. Também delineei sobre o seu pensamento racionalista através de um artigo escrito por Fernando Lang da Silveira professor titular na Universidade Federal do rio Grande do Sul.

No quarto capítulo detalho a metodologia empregada. Inicialmente descrevi o ambiente escolar, detalhando a localização, a sua história, etc. Em seguida fez-se uma caracterização da turma e, em seguida, faço uma descrição da sequência empregada detalhando cada etapa da sequência com o número de horas aulas empregadas bem como as atividades propostas e realizadas.

No quinto capítulo expus os resultados obtidos pelos questionários I e II aplicados na turma. Em seguida explanei detalhadamente a sequência de ensino criada por mim baseada nas ideias de Lakatos usando como referência uma proposta criada pelo professor Fernando Lang da Silveira (1992).

No último capítulo, este mais breve, fiz uma sucinta conclusão a respeito do trabalho aqui exposto e as minhas impressões sobre os resultados alcançados.

1.1 – A ASTRONOMIA E A BASE NACIONAL CURRICULAR COMUM

Neste subtópico abordarei de maneira breve o que propõe a BNCC no que diz respeito a inserção da Astronomia na educação básica.

A última LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei Federal n. nº 9.394/96) - aponta para a necessidade de inovação das práticas pedagógicas como um caminho para estimular a iniciativa dos discentes. (BRASIL, 1996, Art. 36, II)

A mesma Lei, mais adiante expressa que : a Base deve nortear os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas, como também as propostas pedagógicas de todas as escolas públicas e privadas de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, em todo o Brasil. E a BNCC – Base Nacional Curricular Comum – (Resolução nº 4 de 17 de dezembro de 2018¹) por meio do Plano Nacional de Educação – PNE – promulgado em 25 de junho de 2014, organizou as áreas de conhecimento e suas respectivas competências e habilidades necessárias em cada uma dessas áreas. No caso da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC propõe, para o Ensino Médio, um aprofundamento de 3 temáticas. A saber:

- Matéria e Energia;
- Vida e Evolução;
- Terra e Universo.

Segundo o próprio documento da BNCC;

Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. (BNCC, 25/06/2014; p. 548)

¹ - DOU de 18 de dezembro de 2018 https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55640296 acesso em 05/06/2022.

Ainda segundo a BNCC, dentro da temática **Terra e Universo**, existem algumas competências e habilidades concernentes a esse tópico. Podemos destacar a competência 2:

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (BNCC, 25/06/2014; p. 556).

A partir dessa competência específica relacionada ao estudo da Astronomia, podemos destacar duas habilidades, que segundo o próprio documento “expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos alunos nos diferentes contextos escolares.”

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

O Novo Ensino Médio busca, entre outras coisas, corrigir algumas distorções no ensino de ciências, possibilitando que tópicos sobre o Universo agora tenham respaldo dentro de um documento pedagógico, que é a BNCC.

1.2 - REVISÃO DE ALGUNS TRABALHOS SOBRE A ABORDAGEM DA ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.

Neste tópico farei uma breve revisão de alguns trabalhos voltados ao tema da inserção da Astronomia na educação básica, especialmente no Ensino Médio. Alguns desses trabalhos que compreenderam dissertações, artigos publicados, resumos expandidos, relatórios de iniciação científica e monografias, foram de extrema importância para a realização do texto aqui escrito, e contribuíram para que se pudesse chegar ao resultado final com respeito a sequência de ensino aplicada e a metodologia envolvida.

Em 2017 ROGÉRIO escreveu uma dissertação cujo título foi “Uma proposta de ensino de Astronomia para o Ensino Médio a partir de uma breve história da evolução de nosso conhecimento sobre o universo” onde o autor utiliza da abordagem da dinâmica dos 3 momentos pedagógicos que, segundo ele, possui uma perspectiva “dialógica e problematizadora”. Tal dinâmica baseia-se em 3 fases: Problematização inicial – Organização do conhecimento – aplicação do conhecimento.

Outro trabalho, intitulado “Ensino de Astronomia no Brasil: educação formal, informal, não-formal e divulgação científica” de LANGHI & NARDI (2010) compreende a um artigo publicado em 2010 na Revista Brasileira de Ensino de Física onde é debatido o ensino de astronomia no ensino fundamental médio e superior. Os autores buscam descrever como o tema é trabalhado nas escolas e Universidades brasileiras bem como elenca alguns estabelecimentos e iniciativas que promovem a Astronomia. Nas palavras dos próprios autores

Comenta-se, em forma de um breve ensaio, a importância da atuação contextualizada destas instâncias no ensino da astronomia, levantando um desafio ainda a ser considerado, referente ao estudo das possíveis relações entre estes estabelecimentos e iniciativas, visando o avanço da educação em astronomia, em um movimento contrário à dispersão e pulverização de atividades locais e pontuais dos mesmos. Argumentamos que a pesquisa em ensino de astronomia tem potencial para exercer este papel integrador. (LANGHI & NARDI, 2010, p 01)

Em 2014 o Professor Paulo Sergio Bretones da UFScar organizou a obra “Jogos para o Ensino de Astronomia” onde apresenta diversas propostas para se trabalhar a astronomia na Educação Básica por meio de jogos didáticos.

No decorrer do livro são discutidos e propostos um total de 10 jogos que foram todos criados por diversos profissionais que atuam na formação de professores na área de educação em Astronomia no Brasil.

O organizador discute, inicialmente e de forma breve, as dificuldades no Ensino de Ciências e da Astronomia nas escolas notadamente nos anos finais do Fundamental e ensino médio. Em seguida defende o lúdico como um mecanismo para tentar vencer a resistência dos alunos no estudo das Ciências. Segundo Bretones (2014) “recorrendo ao brinquedo e as brincadeiras é possível desenvolver nos nossos educandos o prazer de construir a própria aprendizagem”.

A obra “Ensino de Astronomia na Escola” organizado pelo professor Marcos Daniel Longhini da Universidade federal de Uberlândia e coordenador do grupo de estudos de educação em astronomia visa discutir de maneira didática sobre o ensino de astronomia nas escolas brasileiras. Neste livro diversos temas são abordados como reflexões teóricas sobre o ensino, o emprego de recursos computacionais e atividades desenvolvidas nas escolas.

Prefaciado pelo eminente Professor Rodolpho Caniato um pioneiro no ensino de astronomia no Brasil, o livro apresenta diversas concepções, idéias e práticas destinadas ao ensino dessa ciência nas escolas do país.

O artigo do professor André Luís Delvas Froes membro do instituto de Física Gleb Wataghin da UNICAMP intitulado “Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio” vem somar a outros textos que visam discutir a importância desses temas para a Educação Básica especialmente no nível médio.

O referido artigo menciona inicialmente, um trabalho de pesquisa com os estudantes de mais ou menos 15 anos de idade chamado PROJETO ROSE (*Relevance of Science Education*), que consiste em coletar informações, via questionário, sobre os interesses dos jovens para diversos assuntos científicos. Segundo o autor, essa pesquisa, realizada inicialmente na Noruega mostrou que os temas relacionados a Cosmologia, Astrofísica e Astronomia tem grande apelo entre os jovens. Em seguida o artigo apresenta resumidamente, diversos assuntos que podem ser adaptados e trabalhados com os alunos da educação básica como, a Composição do Sistema Solar, da Via Láctea, a formação dos Buracos Negros, as Supernovas, a Cosmologia Observacional, as implicações da Relatividade de Albert Einstein no desenvolvimento da Cosmologia e outros assuntos.

O trabalho de Dissertação “Objetos de Aprendizagem: uma Sequência didática para o ensino de Astronomia” escrita pelo professor Anderson Giovani Trogello em 2013 propõe uma sequência didática para se trabalhar no ensino fundamental com crianças do 6º ano,

onde se trabalhou temas da Astronomia e principalmente a explicação sobre as estações do ano. Durante a aplicação da sequência o professor observou que as crianças possuíam algumas explicações alternativas relativas a alguns fenômenos por exemplo “entendiam a alternância das estações do ano devido a aproximação e afastamento da Terra ao Sol; compreendiam um sistema geocêntrico; afirmavam que o Sol “movimentava-se” na esfera celeste em trajetória fixa durante todo o ano, nascendo a leste e pondo-se a oeste” (TROGELLO, 2013).

O autor utilizou dois questionários para avaliar a evolução dos alunos durante a sequência didática o que se mostrou positiva como ficou expressa na passagem “após as intervenções propostas na sequência didática alguns avanços na direção da construção de conceitos foram averiguados na avaliação do questionário final” (TROGELLO 2013).

O artigo “Uma proposta para a inclusão de tópicos de astronomia indígena brasileira nas aulas de Física do Ensino Médio” dos professores Diones Charles Costa de Araújo, Maria de Fátima da Silva Verdeaux da UnB e Walmir Thomazi Cardoso da PUCSP apresenta alguns resultados obtidos da proposta de inserção de tópicos de Astronomia indígena nas aulas de Física no Ensino Médio. Inspirado na pedagogia de Paulo Freire, onde o diálogo assume um papel importante na aprendizagem, os pesquisadores abordaram aspectos da Etnoastronomia com 3 turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Os temas trabalhados buscavam discutir a visão de 3 povos indígenas brasileiros sobre a astronomia: Guarani, Tukano e Tembé-Tenetebara.

Os estudantes foram instigados a participarem, contribuindo com seus conhecimentos adquiridos durante a pesquisa realizada e com suas ideias para fortalecer as discussões e debates a partir de temas geradores trazidos pelo pesquisador ou pelos demais componentes do grupo. (ARAÚJO & VERDEAUX & CARDOZO, 2014)

A dissertação “Uma Proposta de Sequência didática para o Ensino de Astronomia na Educação Básica com o uso do Software ASTRO 3D” do professor Leandro Donizete Moraes (2016), discute-se uma sequência didática para o ensino da astronomia com alunos do primeiro ano do ensino médio. Como recurso didático, o autor utilizou um software chamado ASTRO 3D que consiste numa espécie de simulador do movimento dos astros nos referenciais heliocêntrico e topocêntrico. Diversos temas foram trabalhados na sequência didática como “a Astronomia e sua importância nas nossas vidas”, “o movimento aparente do sol e as estações do ano”, “fases da Lua e eclipses” e “o movimento dos planetas e suas características”. Também foi trabalhado as Leis de Kepler utilizando o software e a sala de informática com os alunos.

O ensaio “O ensino de astronomia nas escolas públicas brasileiras de Educação Básica” do professor Pedro Paulo Santos da Silva (2019) procura analisar o ensino de Astronomia nas escolas publicas brasileiras. O ensaio discute a evolução da concepção newtoniana de universo até a revolução no século XX onde as evidências mostravam que a mecânica clássica não conseguia explicar todos os fenômenos observados. Também é feita uma análise sobre

o distanciamento que se estabeleceu entre as concepções contemporâneas da astronomia, do ponto de vista da ciência e a disciplina Física, tida como um componente da estrutura curricular praticada atualmente nas escolas. Busca-se o exame dessa temática com o intuito de identificar as possíveis causas para a enorme disparidade que se estabeleceu entre o saber científico erudito e o saber escolar no campo da astronomia. (SILVA, 2019)

O autor termina constatando que as escolas de Educação Básica no Brasil priorizam muito o ensino da mecânica celeste newtoniana, negligenciando as concepções da mecânica relativística.

O artigo intitulado “Uma sequência didática para discutir as relações etnico-raciais na educação científica” Brito (2018) discute a importância de se tratar do tema da visão do céu dos povos indígenas e principalmente africanos na Educação Básica. Ancorado nas leis federais 10.639/03 que regulamenta sobre a obrigatoriedade do Ensino de História e Cultura Afro-brasileira e dos povos africanos e 11.645/08 que institui a obrigatoriedade do Ensino da História e Cultura das populações Indígenas “que tem sido historicamente alijadas de direitos, sobretudo o direito à educação científica que leve em conta as suas próprias histórias e epistemologias” (BRITO, 2018).

No referido artigo o professor Alan Brito propões uma sequência de ensino que possa discutir e introduzir nas aulas de Física ou Ciências da educação Básica a Astronomia dos povos indígenas e africanos. Segundo ele

Busca-se, com esta Sequência Didática, valorizar as alteridades e as identidades culturais do País no contexto das aulas de Ciências/Física, levando para a escola básica mecanismos distintos de valorização das culturas e de promoção de uma educação mais inclusiva, pautada no direito à educação plena e democrática (BRITO, 2018, p. 923).

Por fim temos Beserra (2021), professor e ex-aluno da URCA que na Dissertação “Astronomia no Ensino Fundamental por meio do método PEER INSTRUCTION e o uso de videos aulas: em busca de uma Aprendizagem Significativa” procurou utilizar nas aulas de

Ciências para uma turma do 9º ano do ensino fundamental, um método conhecido como *Peer Instruction* que, em síntese, busca tirar o foco do professor e transferir para o aluno.

Segundo o próprio autor da dissertação, o método *Peer Instruction* compreende as seguintes características: estudo prévio dos alunos; feedback constante entre aluno e professor; interação constante e participação efetiva do aluno. O trabalho com os alunos foi realizado com a utilização de ferramentas que compreendiam cartões com alternativas de A a D e vídeo aulas no site Youtube. Na conclusão o autor apresenta os resultados alcançados onde “os alunos foram estimulados a estudarem o assunto antes de ir para a sala de aula, e durante a apresentação o professor estimulou os alunos a interagirem entre si” (BESERRA, 2021).

Podemos observar que existe uma razoável quantidade de trabalhos voltados ao Ensino de Astronomia na Educação Básica. O que diferencia a Dissertação aqui escrita dos outros textos da literatura científica sobre o mesmo tema é o fato de:

- permitir uma discussão um pouco mais aprofundada cientificamente dos assuntos abordados devido a um certo grau de amadurecimento dos alunos;
- os temas a serem trabalhados estarem mais próximos da Física propriamente dita;
- Promover de forma mais efetiva, uma interligação entre as áreas da Astronomia – Física - Matemática – História – Filosofia;
- a sequência ser de fácil execução, pois faz uso de poucos recursos materiais e tecnológicos, podendo ser aplicada em qualquer escola de Ensino Médio;
- as intervenções realizadas podem ser usadas como nota de avaliação bimestral da disciplina componente curricular de Física.

Como já foi defendido anteriormente, os assuntos relacionados a Astronomia e Astrofísica apesar de serem atuais e despertarem a curiosidade dos jovens, são ainda pouco explorados com os estudantes da Educação Básica no país.

CAPITULO II

2.0 – A FÍSICA DA ASTRONOMIA E SEUS ASPECTOS HISTÓRICOS: DO PENSAMENTO PRIMITIVO A CONCEPÇÃO MODERNA DE EINSTEIN

A Astronomia, diferente do que alguns pensam, é fruto da construção humana e esteve presente desde os primórdios da civilização. Segundo Rooney (2018) os primeiros registros astronômicos de que se tem notícia e que ficaram preservados até hoje datam de aproximadamente 35.000 anos em cavernas na Alemanha.

Já é clichê a constatação de que toda ciência é de fato uma construção humana e, ao longo da nossa história sabemos que o homem sempre buscou aprimorar ferramentas de uso pessoal, refletir e explicar fenômenos desconhecidos, questionar e observar outros, etc. Diferentes povos imprimiram suas visões culturais, filosóficas, morais e até transcendentes na explicação de determinados fenômenos. A Astronomia foi forjada sob essa perspectiva multicultural de cada povo. Ao longo dos séculos, ela foi passando de um conjunto de saberes empíricos, para uma ciência factual, passando pelo crivo do rigor científico no período do Renascimento. Hoje se estabeleceu como um campo científico próprio, na qual se junta a história, a Geografia, a Química, a Biologia, a Filosofia e obviamente a Física. Em se tratando dessa última, serve de ferramenta para o estudo da Astronomia, assim como a Física utiliza a Matemática. Não por acaso a Astrofísica (FÍSICA + ASTRONOMIA) é a aplicação de conceitos e leis físicas na Astronomia e que surgiu no fim da Idade Média. Posso dizer então que o que se tem hoje como “Ciência do Universo” é a Astrofísica.

2.1 - ASTRONOMIA PRIMITIVA DOS POVOS ANTIGOS

Evidências arqueológicas comprovaram que os primeiros registros astronômicos datam de cerca de 3000 a.c. sendo os chineses, babilônicos, assírios e egípcios os primeiros povos que proporcionaram estudos nesse campo do conhecimento. Estes estudos tinham objetivos práticos (voltados á agricultura por exemplo) ou astrológicos. Segundo a Dra. Anne Rooney (2018), o mais antigo artefato relacionado a Astronomia foi encontrado em *Geibenklosterle* na Alemanha atual, e data de aproximadamente 30.000 anos. Trata-se tão somente de um pedaço de marfim cujas inscrições referem-se a um padrão de estrelas, possivelmente a constelação de Órion (ROONEY, 2018).

Nas sociedades de caçadores e coletores da Idade da Pedra talvez observando o céu, os primitivos humanos notaram um padrão no surgimento de determinadas estrelas, ou na posição do Sol, e associavam tais fenômenos às mudanças climáticas ou de estações do ano.

Nossos ancestrais mais antigos acompanhavam o nascimento do sol, da Lua, dos planetas e das estrelas e aprenderam a prevê-los e interpretá-los, usando seu conhecimento para plantar na época certa e prever eventos como enchentes e ou chuvas anuais. Certamente dotavam de significado mitológico ou sobrenatural os fenômenos e corpos celestes que viam. (Rooney. 2018, p. 12)

Por muitos séculos o conhecimento astronômico ficou restrito a esses dois caminhos.

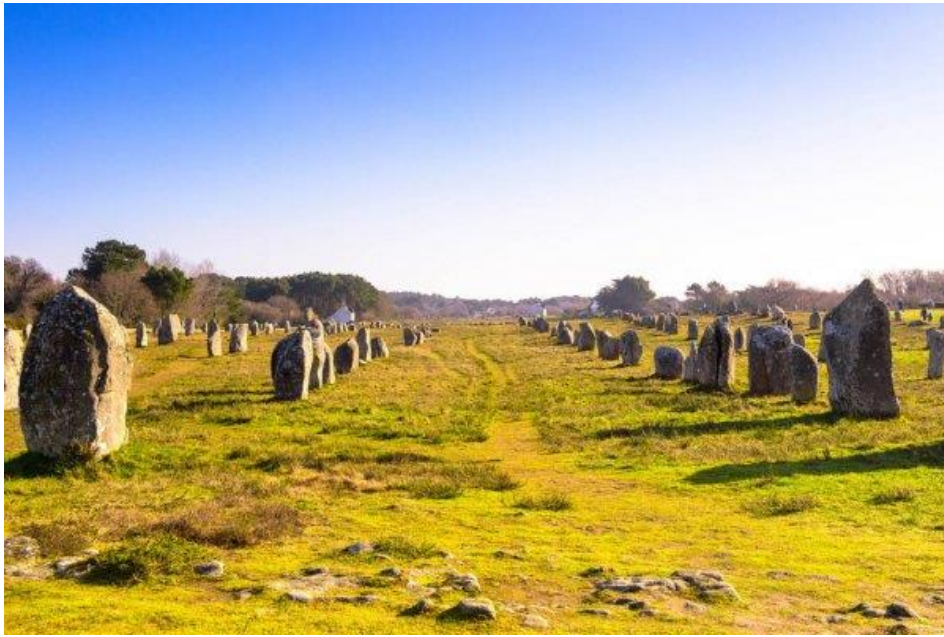
Dentre aos vários vestígios astronômicos deixados pelos primitivos e que permaneceram preservados até o presente momento, podemos citar, por exemplo, os sítios arqueológicos de Stonehenge (figura 1) na Inglaterra, os alinhamentos de Carnac (figura 3) na Bretanha e o sítio megalítico de Callanish (figura 2) na Escócia:

Figura 1 - Stonehenge



Fonte: encurtador.com.br/THX02

Figura 2 - Carnac



Fonte: encurtador.com.br/bjRS1

Figura 3 - Sitio megalítico de Callanish



Fonte: encurtador.com.br/lxO9

Os povos antigos eram exímios contadores de histórias. O mito da criação ou seja, a narrativa de como o Universo e tudo o mais surgiu refletiu-se como sendo uma característica marcante de todos os agrupamentos humanos desde a pré-história. Todas as sociedades de que temos conhecimento têm tido uma maneira de explicar o mundo a sua volta, que geralmente está associada a um conjunto de mitos e histórias sagradas, onde os deuses são os grandes criadores e controladores do universo (Skolimoski, 2012). Cada povo tinha os seus mitos próprios, mas algumas características eram comuns a quase todos:

- Invariavelmente utilizavam-se de seres transcendentais ou fantásticos nas suas narrativas, que tinham poderes ou relações com corpos celestes ou algum astro no céu;

- Havia um indivíduo (uma espécie de sacerdote ou xamã) que conseguia interpretar esses mitos e repassá-los aos outros do grupo.

De todo modo as primeiras tentativas de explicar o Cosmos tinham utilidade na agricultura ou pecuária, mas também havia aqueles que associavam acontecimentos mundanos como sendo fruto da ação de corpos celestes, não por acaso por muitos milênios até o Renascimento, a Astronomia e Astrologia eram intimamente interligadas. Modernamente os cientistas definem a Astronomia como sendo a ciência que estuda o movimento, a natureza e a história de corpos celestes, estrelas, cometas e asteroides. Já a astrologia é uma pseudociência que estuda os corpos celestes e as prováveis relações que possuem com a vida das pessoas².

Segundo Amarante (2009, p. 3)

a medida que a humanidade ia se desenvolvendo e as sociedades ficavam mais complexas, o povos se aprofundavam do conhecimento sobre o céu, prevendo assim com bastante antecedência alguns fenômenos, ao mesmo tempo (assim como ocorreu com os mesopotâmios e outros povos), isso inspirava uma mística admiração por aquele gigantesco mecanismo que ele ia dominando pouco a pouco. Não há como não dizermos que este misticismo tenha dado lugar a certas crenças, principalmente aquela que, se a hora e as estações dependiam do curso dos astros no firmamento, da mesma maneira, os acontecimentos históricos também eram por eles condicionados. Surgiu daí o nascimento de uma pseudociência, a astrologia, que é a arte de predizer os acontecimentos pela observação dos astros, e que não deve ser confundida com a Astronomia (AMARANTE, 2009, p.3)

2.2 – ASTRONOMIA NA GRÉCIA ANTIGA

A imagem (figura 4), pintada pelo artista Rafael Sanzio (1483—1520) nos remete a famosa Academia de Atenas, criada por Platão no século IV a.c.

² - Disponível em: < [http:// www.significados.com.br/astrologia/](http://www.significados.com.br/astrologia/) > Acessado em: 17 de julho de 2022.

Figura 4 - Escola de Atenas



Fonte: encurtador.com.br/ejpQV

A Academia de Atenas ou Academia de Platão, foi um dos primeiros centros de estudos dos gregos que, podemos dizer foram os primeiros povos da antiguidade a tentar explicar os fenômenos celestes de maneira mais racional, separado da visão prática até então vigente. Obvio que, no início, também olharam para o céu, tal como os outros povos da antiguidade e procuraram estabelecer relações entre os fenômenos celestes e determinados acontecimentos, sejam eles climáticos ou do cotidiano. Porém, talvez por influência dos babilônicos e dos egípcios, a partir do século V a.C. e o desenvolvimento do pensamento grego, começou-se a olhar essa relação de modo único (ROONEY, 2018).

Na Mesopotâmia, no Egito, na Índia, na China e, possivelmente na Mesoamérica, a astronomia tinha uso prático na criação de calendários e era difícil ou impossível separá-la da astrologia. No entanto, os gregos antigos, adotaram uma abordagem diferente. Eles foram os primeiros povos conhecidos a propor que o funcionamento do mundo natural pode ser suscetível a investigações e explicações que não envolvam seres sobrenaturais. (ROONEY, 2018, p.)

Assim sendo os pensadores gregos procuravam explicar os fenômenos desconsiderando a “mão invisível” dos deuses que controlaria tudo de maneira onipresente, ou seja, tentaram explicar as coisas mesmo que estas não tivessem aplicações práticas

imediatas. “Foram os primeiros a buscar o conhecimento pelo próprio conhecimento” (Rooney 2018).

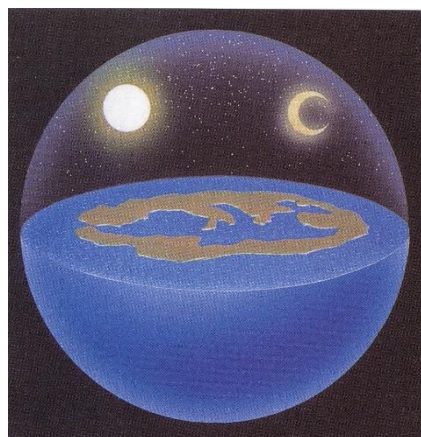
Segundo Amarante (2009) antes dos gregos, os babilônios realizavam observações sistemáticas que lhes permitiam prever acontecimentos astronômicos (eclipses solares e lunares), efetuar medidas das translações planetárias, etc. Entretanto, eles não se preocuparam em construir modelos geométricos que explicassem os movimentos dos astros, ou seja eram bons observadores mas não procuraram elaborar reflexões filosóficas sobre o que observavam.

A seguir veremos alguns personagens que contribuíram ativamente para o desenvolvimento científico do pensamento grego referente a Astronomia e a concepção de Universo.

Tales de Mileto:(sec. VI a.C.) originário da Asia Menor, na atual Turquia, pertencia a Escola Jônica, foi o primeiro pensador grego a deixar algum registro de suas ideias³. Levou o conhecimento da astronomia egípcia para a Grecia. Foi também um dos primeiros filósofos a explicar a formação dos eclipses solares, prevendo inclusive o eclipse total do Sol em 585 a.C., fato este que o tornou muito famoso na época (ALVES,2016).

Ainda em relação á visão de Universo, Tales acreditava que a Terra seria um imenso disco plano (figura 5) com uma grande extensão de água ao redor e uma enorme abóbada permeando tudo (AMARANTE, 2009, p. 5).

Figura 5 - Visão de Universo de Tales



Fonte: encurtador.com.br/bAIR5

³ - Não se sabe ao certo se ele foi o autor de todas as façanhas das quais recebeu o mérito, pois uma prática relativamente comum entre os discípulos pré-socráticos era a de dar o crédito de sua obra ao seu mestre, isto é, seus alunos podem ter assinado trabalhos com seu nome (AMARANTE, 2009, p. 6)

Anaximandro de Mileto (sec. VI a.C.) discípulo de Tales, acreditava que o cosmos era formado por uma matéria eterna e que haveria diferentes e infinitos mundos. Foi um dos primeiros a explicar o movimento dos objetos celestes de maneira mais racional sem o misticismo presente até então. Defendeu ainda que o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas estariam encrustados em camadas esféricas e a Terra era como um cilindro flutuando no centro do Universo sem nenhum apoio, com o homem vivendo em suas bases (SILVA,2016). A cosmologia de Anaximandro é um pouco mais elaborada que a de Tales. Para começar, ele não busca algo que sustente a Terra, ela permanece onde está, imóvel, devido a sua equidistância de tudo o mais (KENNY, 2008)

Pitágoras de Samos (sec. V a.c.) cunhou o termo “cosmos” para se referir ao Universo. Era um geômetra, matemático e astrônomo grego. Fundou a escola pitagórica. Propunha que a Matemática era de fundamental importância para a descrição dos fenômenos astronômicos que, pra ele possuía uma regularidade, a qual chamava de “harmonia cósmica” (AMARANTE, 2009).

Filolaus de Cretona (sec. IV a.c.) discípulo de Pitágoras, foi um dos primeiros a considerar a Terra como um planeta. Segundo ele o Sol, a Lua, e os planetas orbitavam o centro do universo que possuía um fogo central. A Terra estaria protegida desse fogo central por um outro planeta chamado “contra Terra” (Alves,2016), que orbitaria o fogo central na mesma velocidade do nosso planeta. Apesar de parecer absurda hoje, essa visão era extremamente inovadora para a época. Também propôs o movimento rotacional da Terra o que explicaria a sucessão de dias e noites.

Eudoxio de Cnidos (sec IV a.c.) propôs que o período de translação da Terra seria de 365 dias e 6 horas. Criou um complicado sistema de aproximadamente 27 esferas concêntricas movendo-se em diferentes velocidades para explicar os movimentos do Sol, da Terra, da Lua e demais planetas (OLIVEIRA & SARAIVA, 2017).

Platão (sec. III a.C.) nascido em Atenas, foi discípulo de Sócrates e defendia que a Terra era uma esfera perfeita localizada no centro do Universo com os demais corpos celestes como o Sol, a Luas e os demais planetas girando em movimento circular e uniforme em torno dela. Para ele os astrônomos deveriam criar modelos geométricos e matemáticos utilizando círculos para descrever os movimentos dos corpos celestes. Essa visão

influenciou os modelos cosmológicos que vieram depois dele (OLIVEIRA & SARAIVA, 2017).

Aristóteles (aprox. 384 a.C a 322 a.C) era natural de Estagira na Grécia, foi o mais importante pensador da Grécia antiga. Suas ideias influenciaram a ciência Ocidental por mais de 2 milênios. Sistematizou todo o conhecimento adquirido pelos povos até então e estabeleceu fundamentos bem menos empíricos para explicar os fenômenos naturais observados. No campo da astronomia, buscou explicar as fases da Lua como sendo a reflexão da luz vinda do Sol. Postulou que os eclipses eram sombras de determinados corpos celestes, por exemplo o eclipse lunar seria quando a Lua entra na sombra da Terra. Defendeu a esfericidade da Terra, assim como Platão, mas era contrário a ideia do movimento terrestre. Na cosmologia aristotélica, a Terra estaria imóvel no centro do Universo com 9 esferas concêntricas e transparentes (SILVA, 2016). Esse modelo de Universo ficou conhecido como Geocentrismo. Veja a imagem seguinte onde temos representado o modelo de Universo segundo o próprio Aristóteles (figura 6).

Figura 6 - O Universo segundo Aristóteles



Figura 1 - O universo ao tempo de Aristóteles. A figura mostra três esferas iniciais, os *lugares naturais* da água, ar e fogo. Depois se seguem as esferas dos corpos celestes, em ordem: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. A última esfera, a *oitava*, é a das *estrelas fixas*.

Segundo ele o Universo estaria assim formado: 9 esferas, com o centro na Terra, em que a primeira esfera era a da Lua, em seguida vinham as dos planetas Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. A penúltima esfera seria a das estrelas fixas e em seguida, e última, a esfera do primeiro móvel (que segundo os filósofos escolásticos⁴ seria regida por Deus) (SILVA,2016).

Aristóteles também defendia que o Universo seria “perfeito e imutável” (SILVA, 2016) dividido em dois grupos: o mundo *supralunar* e o mundo *sublunar*. O primeiro, seria formado pelas esferas correspondentes as estrelas e aos planetas, e eram perfeitas e imutáveis. Já o mundo *sublunar*, ocuparia as esferas abaixo da Lua e seria imperfeito, mutável e sujeito a certos fenômenos como cometas e outras manifestações meteorológicas. Para ele o Universo era perfeitamente esférico e finito (OLIVEIRA & SARAIVA, 2017).

Aristarco de Samos (sec. II a. C) as contribuições desse astrônomo grego foram simples mas revolucionárias. Foi o primeiro pensador a propor o heliocentrismo, segundo a qual a Terra e os demais planetas girariam ao redor do Sol, inclusive colocando os planetas na ordem de distância do Sol, numa disposição ainda aceita até hoje, antecipando o pensamento copernicano em quase 2 milênios. A referência a essa ideia foi feita indiretamente por Arquimedes em sua obra “O Conta-se de areia” (*Archimedis Syracusani Arenarius & Dimensio Circuli*)

Você agora está ciente [‘você’ sendo rei Gelon] que o “universo” é o nome dado pela maioria dos astrônomos à esfera do centro da qual é o centro da Terra, enquanto seu raio é igual à linha reta entre o centro do Sol e o centro da Terra. Este é o relato comum (τὰ γραφόμενα) como você ouviu dos astrônomos. Mas Aristarchus trouxe à tona um livro que consiste em certas hipóteses, em que parece, como consequência das suposições feitas, que o universo é muitas vezes maior do que o “universo” apenas mencionado. Suas hipóteses são de que as estrelas fixas e o sol permanecem impassíveis, que a Terra gira sobre o sol na circunferência de um círculo, o sol deitado no meio da órbita, e que a esfera das estrelas fixas, situada situado no mesmo centro do Sol, é tão grande que o círculo em que

⁴ - “Os escolásticos procuravam conciliar os sagrados ensinamentos da doutrina cristã com o platonismo e o aristotelismo”(CULLETON) disponível em: < <https://www.ihuonline.unisinos.br/media/pdf/IHUOnlineEdicao342.pdf> >

ele supõe que a terra gira carrega tal proporção à distância das estrelas fixas como o centro da esfera carrega até sua superfície⁵.

Aristarco chegou a essa conclusão ao comparar os tamanhos relativos do Sol, da Terra e da Lua (figura 7), afirmando que um objeto maior não poderia orbitar um objeto menor (OLIVEIRA & SARAIVA, 2017). Também fez contribuições no cálculo das distancias entre o Sol e a Terra e a Lua e a Terra. Infelizmente de seus escritos apenas “Sobre os Tamanhos e Distâncias (do Sol e da Lua)” permaneceu conservado até hoje.

Figura 7 - cópia grega do sec. II a.C. do trabalho de Aristarco sobre os tamanhos relativos do Sol, da Terra e da Lua



Fonte: encurtador.com.br/bnyzX

Segundo Amarante (2008, p 21) a teoria heliocêntrica de Aristarco foi elaborada sob duas premissas:

⁵ - Para mais detalhes consulte <https://archive.org/details/aristarchusofsam00heatuoft>

- A Terra gira sobre si mesma, o que explica o dia e a noite (outros também acreditavam nessa ideia como Heráclides);

- A terra gira em torno do Sol e os outros planetas também.

Tais ideias não tiveram muito apoio na época, e permaneceu mais de 20 séculos desacreditadas.

Esse modelo apresentava, aos olhos dos filósofos de então, a falha imperdoável de se afastar do dogma platônico da imobilidade da Terra. Por conseguinte, a celebridade de Aristóteles fez mergulhar no esquecimento a teoria, e o sistema de esferas ocas e homocêntricas prevaleceu. Por essa razão, o Universo heliocêntrico de Aristarco ficou esquecido (AMARANTE,2008, p.17).

Eratóstenes de Cirenia (sec II a. C.) natural de Cirene, na atual Líbia, foi diretor da famosa Biblioteca de Alexandria. Sua maior contribuição no campo da Astronomia foi o cálculo da circunferência da Terra com grande precisão para a época. O método empregado foi engenhoso e certo e poderia ser resumido do seguinte modo: Eratostenes já sabia que uma circunferência teria 360 graus, e que no primeiro dia do verão na cidade egípcia de Aswan (antiga Siena) ao meio-dia, o sol atingia um determinado poço de maneira perpendicular. Em Alexandria, no mesmo dia e hora, o Sol estaria cerca de 7 graus ao sul. A distância entre as duas cidades – Siena e Alexandria – era de aproximadamente 5 000 estádios (cerca de 157 km). Como 7 graus correspondem a 1/50 da circunferência então supôs ele que o comprimento entre Alexandria e Siena poderia corresponder a 1/50 da circunferência da Terra que seria 50 x 5000 estádios, ou seja 39.250 km, o que seria um valor extremamente próximo do valor atual da medida da circunferência (que é de 40.075 km⁶).

Hiparco de Nicéia (sec. I a.C.) nascido em Nicéia, na atual Turquia, Hiparco foi um dos maiores astrônomos da antiguidade. Catalogou mais de 850 estrelas em seu próprio observatório na ilha de Rhodes, classificando de acordo com a luminosidade num sistema de magnitude de brilho semelhante ao utilizado atualmente⁷além de ser considerado um

⁶ - Disponível em: < <https://memoria.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2015/11/qual-e-o-tamanho-do-planeta-terra>

⁷ - Ruiza, M., Fernández, T. & Tamaro, E. (2004). tag. Em *Biografias e Vidas. A enciclopédia biográfica on-line*. Barcelona (Espanha). Disponível em:Biografia de Hiparco de Nicéia (biografiasyvidas.com)Acessado em 14 de jul. de 2021.

dos criadores do astrolábio⁸. Hiparco também deu importantes contribuições no estudo dos polos terrestres e na precessão do planeta Terra (precessão é o movimento que causa uma variação no eixo de rotação do planeta dada a influencia da atração gravitacional lunar e solar). Em relação a concepção de Universo, Hiparco defendia o Geocentrismo por achar o modelo heliocêntrico de Aristarco irreal. Para ele

o Sol não tinha um movimento uniforme, donde concluiu que seu movimento em torno da Terra era efetuado num círculo – o excêntrico – cujo centro geométrico não mais se encontrava no centro da Terra, ou seja, o centro cosmológico (Terra) estava afastado do centro geométrico de um círculo deferente. (SILVA, 2016, p. 5)

Claudio Ptolomeu (sec. I d.C) natural do Egito, foi o mais importante matemático e astrônomo da antiguidade. Sua obra “*Matemathike Syntaxis*” que ficou mais conhecida no mundo Ocidental a partir do século XVI como “*Almagesto*” quando traduzida para o latim (figura 8) defende o Geocentrismo influenciou todo o pensamento científico até o Renascimento. Composta de 13 volumes, a obra reúne toda a produção astronômica até então (NASCIMENTO, 2013, p. 27). Pelo rigor matemático e o encadeamento lógico das idéias serviu de referência para todos os estudos astronômicos do mundo ocidental por mais de um milênio.

Figura 8- Edição em latim do *Almagestum* de 1515



Fonte: encurtador.com.br/tzO79

⁸ - O astrolábio teve contribuições de diversos matemáticos e pensadores antigos mas considera-se Hiparco o seu inventor. Mais detalhes consulte

Na visão de Ptolomeu, a Terra seria um objeto privilegiado no Universo na qual todos os demais corpos celestes, inclusive o Sol, orbitariam em trajetórias circulares. Para fortalecer essa tese, Ptolomeu criou ou aperfeiçoou uma série de mecanismos e artifícios geométricos como deferente, eclíptica, equante, epiciclos, etc.

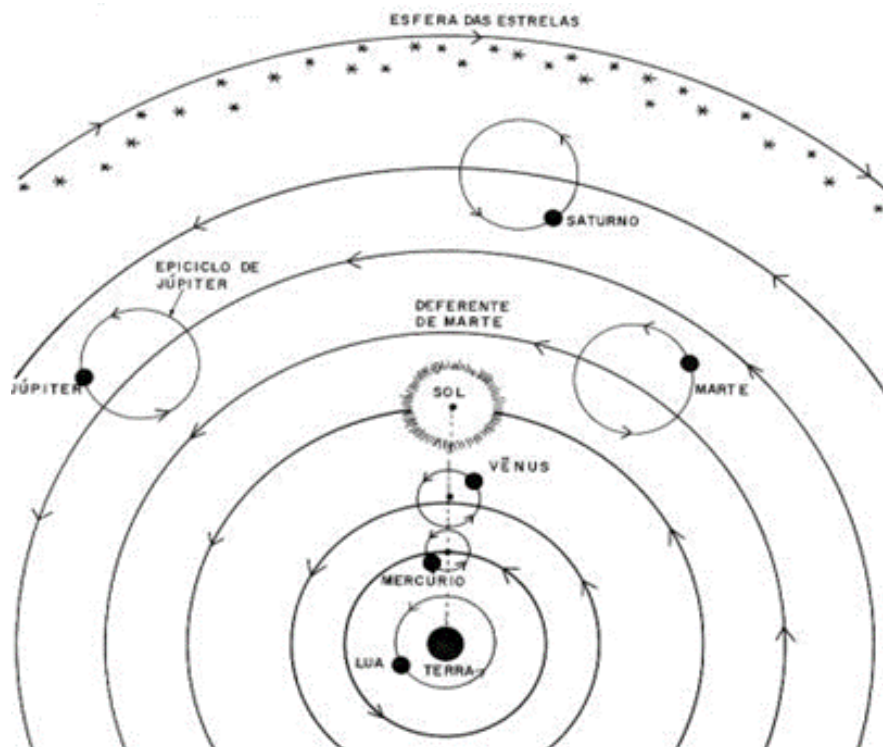
As noções sobre círculos e epiciclos (ou epiciclos) é anterior a Ptolomeu. Hiparco e outros estudiosos gregos já haviam estabelecidos esses conceitos na Astronomia (AMARANTE, 2009, p. 22). Para Ptolomeu, os planetas se movem em pequenos círculos (chamados epiciclos) ao redor da Terra, estando esta, imóvel e localizada no centro. Os planetas mais próximos Vênus e Mercúrio foram imaginados como estado numa linha invisível entre a Terra e o Sol e com o centro dos epiciclos movendo-se ao redor da Terra numa trajetória chamada deferente (figura 9). Essas trajetórias eram realizadas sempre em movimento circular e uniforme.

Segundo Silva (2017, p 6) ao tratar do movimento do Sol Ptolomeu partiu das idéias de Hiparco sem alterações e aperfeiçoou as teorias anteriores com relação ao movimento da Lua.

Desse modo, Ptolomeu tentou, na medida do possível, resolver um dos maiores enigmas da Astronomia antiga: o movimento retrógrado dos astros. Usando um conceito matemático fictício criado por ele mesmo – o equante⁹ – Ptolomeu considerou o movimento dos astros como um movimento circular e um movimento uniforme.

⁹ - Para mais informações sobre o ponto equante e sua utilização nos modelos cosmológicos gregos, ver SILVA(2017).

Figura 9 - Esquema do modelo geocêntrico de Ptolomeu

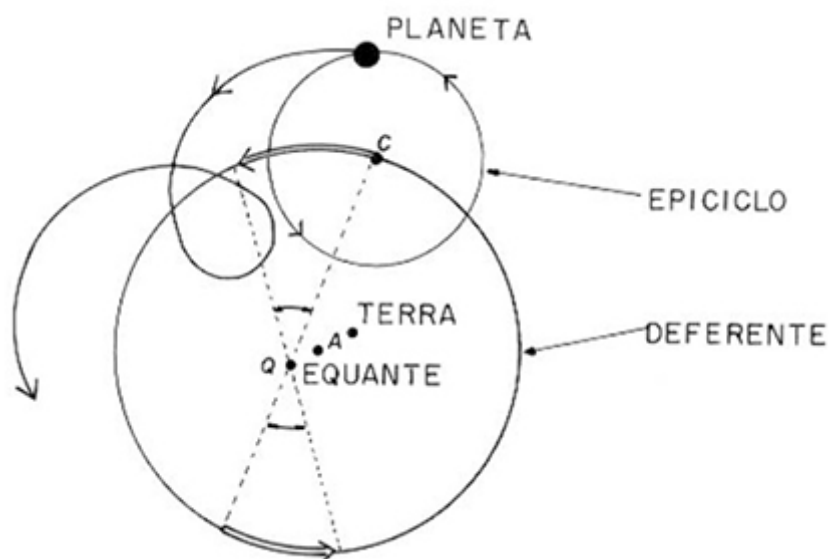


Fonte: encurtador.com.br/moCKP

Segundo Silva (2017), Ptolomeu considerou que a distância do equante ao centro geométrico do deferente seria equivalente a distância deste centro ao centro da Terra. No momento em que o planeta estivesse dentro do círculo deferente seu movimento seria retrógrado (figura 10).

A partir desses conceitos, e de uma concepção de universo um tanto complexa do ponto de vista prático, o modelo de Ptolomeu permitiu que os astrônomos medievais usassem com sucesso essas ideias por muitos séculos para prever e descrever a posição dos astros com uma boa precisão.

Figura 10 - O sistema de Epiciclos de Ptolomeu



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/p1/p1.htm>

2.3 – A ASTRONOMIA NO RENASCIMENTO

Segundo Amarante (2008) alguns fatores contribuíram para que o conhecimento astronômico decaísse durante o período da Idade Média, entre eles podemos citar:

- A queda do império Romano em 476 d.c. e a destruição da Biblioteca de Alexandria pelos árabes que trouxe prejuízos culturais incalculáveis.

- A ascensão da Igreja Católica que negava veementemente qualquer teoria que não fosse geocêntrica.

Vale ressaltar que, apesar desse “apagão” nos estudos voltados a astronomia e cosmologia científica, os astrólogos continuaram fazendo seus estudos com o apoio inclusive de papas e reis, com o intuito de calcular as posições dos astros celestes. Ficaram célebres astrólogos como Albatênio (858 d.c – 929 d.c.); Al-Sufi (903 d.c – 986 d.c.); Abu Feda (939 d.c. – 998 d.c.); e o Rei Afonso V (1432 – 1481) criador das famosas Tabuas Afonsinas.

Essa relação entre Astronomia e astrologia só viria a ser estremecida no período do Renascimento.

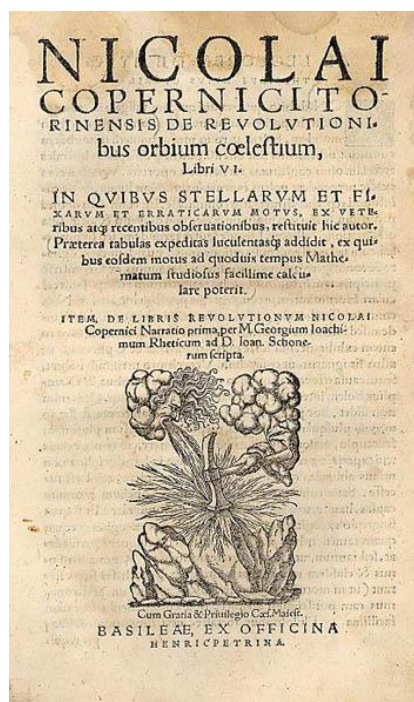
2.3.1 - DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM CELESTIUM

O Renascimento cultural verificado na Europa a partir do século XV foi responsável pela efervescência no campo científico. Na Astronomia, estudos feitos pelos árabes e pelos orientais, estavam começando a chegar e serem traduzidos para o latim. Nesse contexto surgiu Nicolau Copérnico, um matemático, astrônomo e cônego, nascido na Polônia em 1473. Suas ideias, revolucionárias para a época, provocaram uma verdadeira transformação no pensamento científico da Astronomia a partir de então. Sua obra mais famosa (figura 11) - *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Sobre a Revolução dos Corpos Celestes) – só foi publicada em 1543, ano de sua morte e apresenta em detalhes toda a sua Teoria Heliocêntrica influenciando todos os estudiosos posteriores, ainda que “sua teoria ter sido atacada pela Igreja Cristã e a sua obra colocada em 1616 no ‘Index dos livros proibidos pela Inquisição, e retirado somente séculos depois. Todos aqueles que atreveram a lê-lo, foram impiedosamente perseguidos pela Inquisição”. AMARANTE (2008, p. 27)

Segundo assinala CARVALHO & NASCIMENTO (2019)

Várias personalidades que tiveram contato com as ideias de Copérnico, entre astrônomos, arcebispos e amigos, o estimularam a publicar suas ideias, mas ele se mantém reticente. (...) o motivo de sua repugnância a publicar esta teoria, em grande parte, seria o temor de que ela fosse considerada absurda. Ídem (2019, pag. 16)

Figura 11- Capa original da obra *De Revolutionibus*



Fonte: Wikimedia Commons

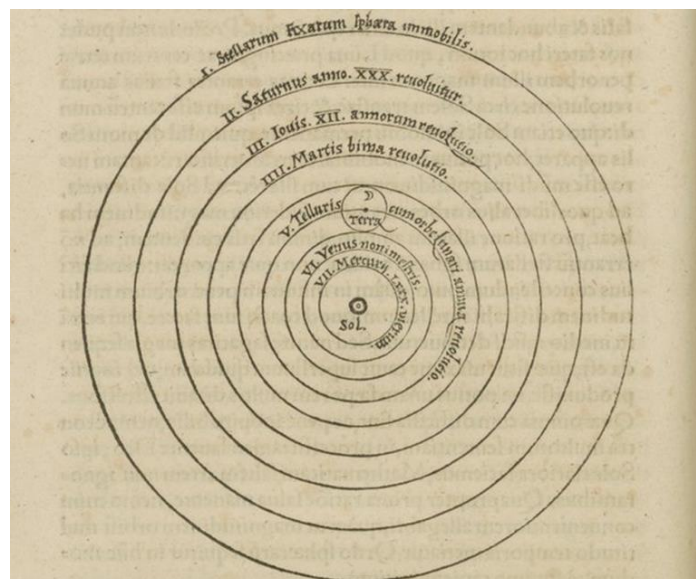
Segundo Amarante (2008) o modelo heliocêntrico de Copérnico baseava-se nas seguintes ideias

- A Terra gira em torno de si mesma;
- O centro do Universo não ser o centro da Terra;
- Os demais corpos celestes giram ao redor do Sol;
- Um objeto mais distante do Sol viaja com uma velocidade orbital menor do que os que estão mais próximos.

Ainda segundo Amarante (2008) as principais diferenças entre os modelos geocêntrico de Ptolomeu e o heliocêntrico de Copérnico são as seguintes:

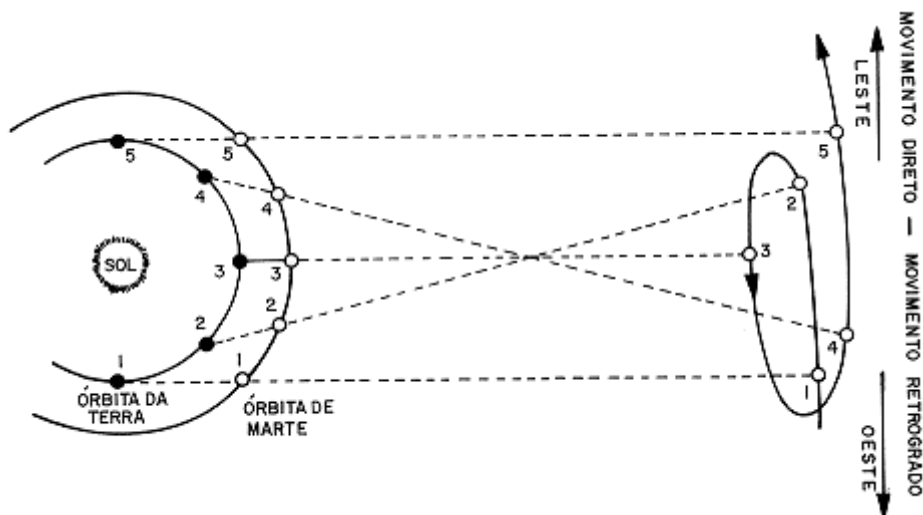
- a) No modelo de Ptolomeu, a Terra estava localizada no centro, imóvel, uma vez que, se girasse ela se espedaçaria. Para Copérnico isso não fazia sentido porque as esferas celestes eram muito maiores que a Terra e, no entanto, não se observava nenhuma anomalia nelas pelo fato de girarem ao redor da Terra;
- b) Copérnico colocou o Sol, que estaria próximo ao centro, com a Terra girando ao redor e excluiu o ponto Equante;
- c) Para explicar as variações nas orbitas celestes ele supôs que os planetas se moviam em 34 epiciclos, 7 para Mercúrio, 5 para Vênus, 3 para a Terra, 5 para Marte, 5 para Júpiter, 5 para Saturno e 4 para a Lua. Abaixo um esquema sobre o sistema heliocêntrico num desenho do próprio Copérnico (figura 12).

Figura 12 - Modelo heliocêntrico de Copérnico



Em relação ao movimento de “vai e volta” dos planetas, Copérnico também deu uma explicação razoavelmente consistente: segundo (AMARANTE, 2008) “o fato do observador estar em referencial móvel, causa as inversões do movimento”. A figura 13 expõe a explicação de Copérnico para o problema do movimento retrógrado dos planetas.

Figura 13 - Movimento aparente dos Planetas



Fonte: encurtador.com.br/DQ259

O caso, porém, é que esse modelo cosmológico sofreu forte oposição da Igreja e de pensadores na época, pelo fato de se basear unicamente nas convicções do próprio Copérnico, já que não haviam instrumentos de observação astronômica como lunetas e telescópios na época. Sobre isso Amarante (2008, p. 27) expressa

A teoria heliocêntrica conseguiu dar explicações mais naturais e simples para os fenômenos observados, porém, Copérnico não conseguiu prever as posições dos planetas com suficiente precisão e, infelizmente, ele não alcançou uma prova categórica de que a Terra estava em movimento.

2.3.2 – A CONTRIBUIÇÃO DE TYCHO BRAHE

Tycho Brahe foi um astrônomo que viveu no século XVI, nascido na cidade de Knudstemp na Escócia em 1546 e faleceu em Praga no ano de 1601. Segundo o professor Domingos S. L. Soares¹⁰

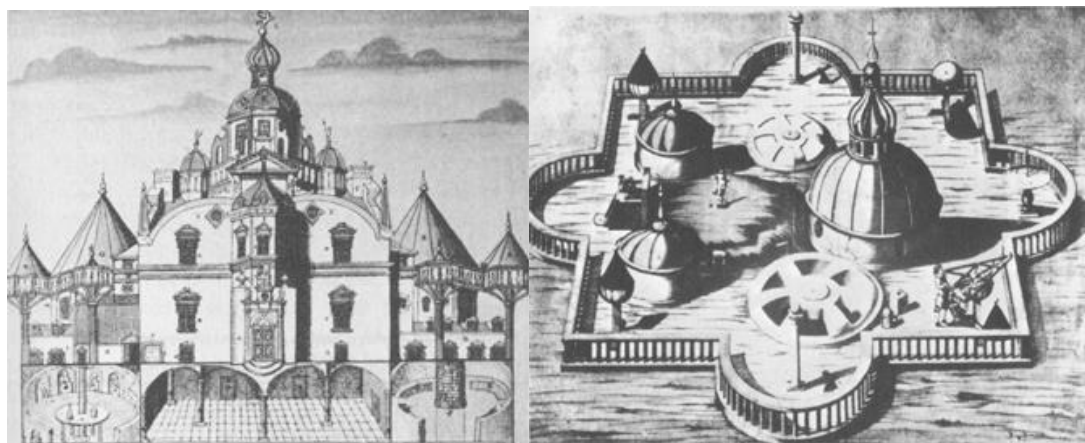
Tycho Brahe é geralmente pouco valorizado quando tratamos da história da ciência. Ele é, na verdade, um modelo de cientista. A sua preocupação com

¹⁰ - Professor Associado do Departamento de Física da UFMG
<http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/cosmos/19/cosmos10.htm>

o rigor observacional e com a precisa determinação dos erros em todas as suas medidas estão na base da criação da ciência moderna. Tycho possibilitou o trabalho de Kepler que por sua vez serviu de fundamentação observacional para o grande trabalho teórico de Newton. (SOARES, 2019)

Tycho fez, até aquela época, e utilizando instrumentos construídos por ele mesmo, as mais precisas observações do céu do que qualquer outro antes dele, e quando se deu a sua morte, deixou como legado um catálogo com inúmeros dados extremamente detalhados sobre as estrelas as quais serviram de alicerce para importantes e revolucionários trabalhos no futuro. Passou mais de 20 anos trabalhando em suas pesquisas inicialmente em Copenhague no observatório de Uraniborg e em seguida em Praga no observatório de Stjerneborg, ambos construídos por ele (figura14).

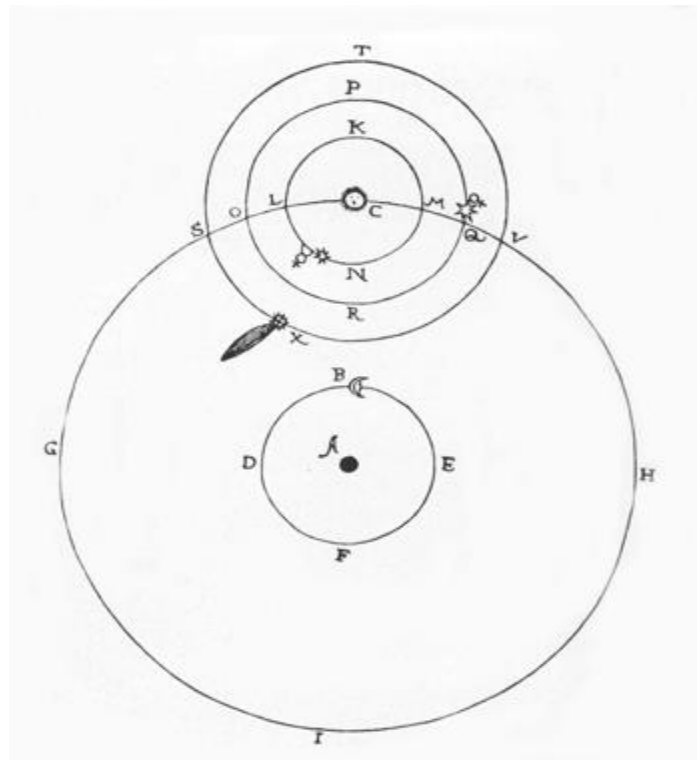
Figura 14 - a esquerda Uraniborg. a direita , Stjerneborg



Fonte: encurtador.com.br/azCI0

A concepção de Universo de Tycho Brahe foi construída sob o alicerce do Geocentrismo, uma vez que ele não aceitava totalmente o sistema copernicano. Segundo Soares (2019) no modelo de Tycho a Terra estaria imóvel, o Sol e a Lua girariam em torno da Terra e os planetas girariam em torno do Sol. A Terra estaria fixa por um motivo observacional: ele não conseguiu medir paralaxes estelares, que só ocorreriam se a Terra se movesse no espaço. Ocorre, porém, que as posições dos planetas feitas por Brahe não estavam concordando com o modelo de Ptolomeu e desse modo criou o seu próprio modelo do Cosmos fazendo adaptações sobre o sistema ptolomaico (figura 15).

Figura 15 - Modelo Cosmologico de Tycho Brahe



Fonte: encurtador.com.br/efkG2

2.3.3 – JOHANNES KEPLER E A HARMONIA DOS MUNDOS

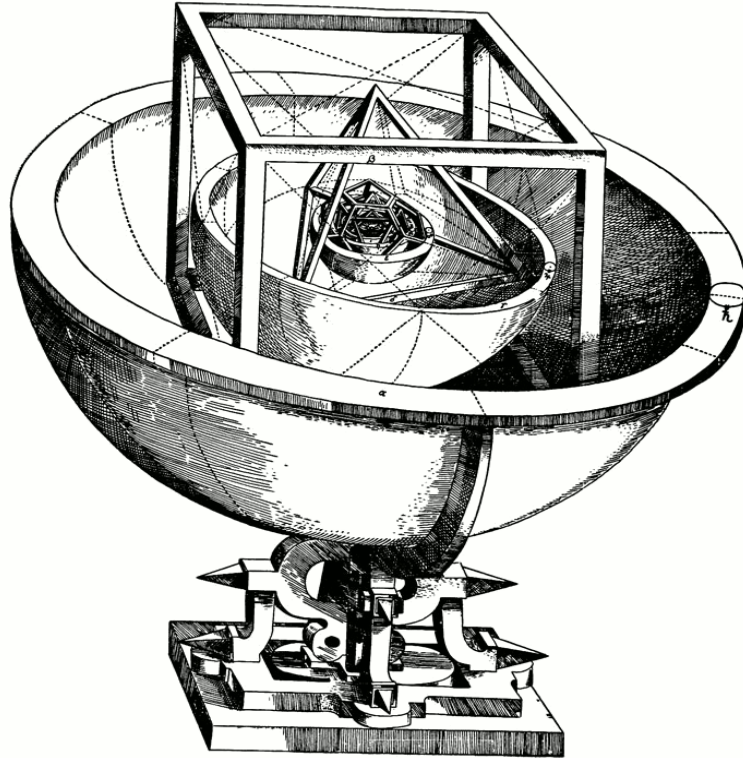
O ano de 1576 marca o nascimento do astrônomo, matemático e astrólogo alemão Johannes Kepler. Até aquela época todos os astrônomos também faziam trabalhos astrológicos. Inicialmente estudou Filosofia e Teologia, mas as habilidades matemáticas falaram mais alto e desse modo Kepler decidiu estudar matemática e Astronomia na Universidade De Tubingen na Alemanha, onde foi aluno do grande Michael Maestlin com quem obteve, secretamente, o primeiro contato com a cosmologia de Ptolomeu e de Copérnico.

A ideia de Kepler era de um Universo geométrico, baseado nos conhecidos sólidos de Platão. Segundo Amarante (2008) Kepler defendia que as distâncias dos 5 planetas até então conhecidos, no sistema copernicano eram determinadas pelos 5 sólidos platônicos bastando supor que a orbita de cada planeta estava circunscrita sobre um dos sólidos e inscrita nos outros sólidos (figura 16).

Em 1600, Kepler foi trabalhar no laboratório de Tycho Brahe como assistente e teve acesso a um catalogo com quase mil estrelas com dados precisos de cada uma, o que

possibilitou estabelecer leis matemáticas que descreveriam o comportamento dos corpos celestes.

Figura 16 - O Modelo final do Sistema Solar segundo Kepler



Fonte: Kepler-solar-system-1 - Johannes Kepler – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org)

Em 1596 Kepler publica seu primeiro trabalho - *Mysterium Cosmographicum* – onde expôs suas primeiras idéias sobre o Universo geométrico que imaginava. Ao ler esse trabalho, o grande astrônomo dinamarquês Tycho Brahe convida Kepler para ser assistente em Praga. Segundo amarante (2008) “A reunião de Brahe e Kepler é de grande importância para a astronomia. Brahe era ótimo observador, mas não tão bom teórico, enquanto Kepler era ótimo teórico e muito persistente em seus propósitos.”

Após a morte de Brahe em 1601, Kepler conseguiu, a muito custo, os dados obtidos pelo astrônomo dinamarquês e depois de um longo trabalho, percebeu que a órbita de Marte era elíptica e não esférica como se pensava até então. E mais, que o Sol ocupava um dos focos da elipse. Essas conclusões se tornaram a base de seu próximo trabalho.

Em 1609 Kepler publica *Astronomia Nova*, onde expôs o que hoje é conhecido como as duas primeiras leis do movimento planetário. Para amarante (2008) tais leis podem ser assim enunciadas:

1. Os planetas se movem em trajetórias elípticas, onde o Sol ocupa um dos focos.

2. A linha reta que une o planeta ao Sol, varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais. Com a primeira Lei, Kepler substituiu a idéia de ciclos e epiciclos dos modelos propostos por Ptolomeu, Copérnico e outros.

De acordo com um estudo realizado pelo GEF da UFSM¹¹ pode-se perceber que as orbitas dos planetas do sistema solar são elipses com excentricidade muito pequenas, o que faz com que essas orbitas sejam quase circunferências. A tabela a seguir (Tabela 1) mostra a excentricidade das orbitas dos oito planetas do sistema solar:

Tabela 1- Excentricidade dos planetas do sistema solar

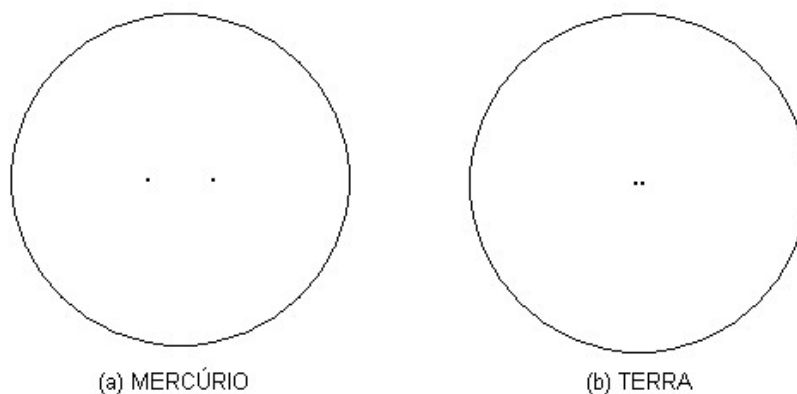
Planetas	Excentricidade
Mercúrio	0,206
Vênus	0,007
Terra	0,017
Marte	0,093
Júpiter	0,048
Saturno	0,056
Urano	0,046
Netuno	0,009

Fonte: GEF – UFSM (2021): encurtador.com.br/uVW56

Observamos que as orbitas dos planetas Vênus, Terra e Netuno são praticamente circunferências. A figura 17 mostra, em escala, a orbita e os focos de Mercúrio (a), que apresenta a maior excentricidade, e da Terra (b):

¹¹ - Grupo de Estudos de Física da Universidade Federal de Santa Maria, publicado em 20/02/2020.

Figura 17 - Foco e Excentricidade de Mercúrio e da Terra



Fonte: encurtador.com.br/dstw7

Pelas figuras acima, notamos que a órbita de Mercúrio é mais achatada e que a da Terra é quase uma circunferência. As diferenças entre as distâncias de maior proximidade e menor proximidade Terra – sol é praticamente nula de modo que não justifica a diferença climática entre o inverno e o verão, sendo, essa explicação dada pela inclinação do eixo de rotação do planeta em relação ao plano da órbita.

A segunda lei de Kepler é uma consequência do princípio de conservação do momentum angular, e pode ser expressa da seguinte forma:

O momentum angular dos planetas em relação ao Sol é constante, portanto $dA/dt = h/2 = \text{constante}$

onde

- da/dt = velocidade "areal" do planeta = área varrida pelo raio vetor que une o planeta ao Sol por intervalo de tempo
- h = momentum angular por unidade de massa

A dedução¹² mais didática feita dessa lei está num texto escrito por Oliveira & Saraiva (2017)

¹² - A demonstração desta lei foi retirada na obra: ASTRONOMIA & ASTRONAUTICA de Kepler de Souza Oliveira e Maria de Fatima Oliveira Saraiva (2017) Livraria da Física, p. 81 a 85.

A lei das áreas de Kepler é uma consequência direta da lei de conservação do momentum angular. E também que os planetas se movem com velocidades diferentes, dependendo da distância a que estão do Sol. Assim:

- O Periélio é o ponto mais próximo do Sol, onde o planeta orbita mais rapidamente.
- O Afélio é o ponto mais afastado do Sol, onde o planeta move-se mais lentamente.

A última lei, também conhecida como Lei dos Períodos, está contida na obra *Harmonices Mundi* (Harmonia dos Mundos) publicada em 1619, foi elaborada com base nos dados precisos deixados por seu antecessor Tycho Brahe no observatório dinamarquês. Diferentemente dos percalços seguidos na elaboração das duas primeiras leis, a lei dos períodos exigiu um certo rigor matemático pra chegar a ela, no tocante a questão da relação entre o período de revolução(órbita) do planeta ao redor do sol e a respectiva distância entre ambos. Em linhas gerais pode ser enunciada nos seguintes termos:

O quadrado do período orbital de um planeta é diretamente proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol.

Matematicamente, representando por T o período orbital de um certo planeta e por r sua distância média ao Sol (que equivale ao comprimento do semieixo maior da órbita), a terceira lei de Kepler pode ser expressa

$$\frac{T^2}{r^3} = K$$

Sendo K uma constante denominada constante de Kepler, e assume o mesmo valor para as órbitas de todos os planetas do Sistema Solar. Se aplicada para órbitas de outro sistema planetário, a equação fornece um outro valor para K , que é, por sua vez, o mesmo para todas as órbitas daquele sistema.

Convém destacar que, de acordo com Santos (2011) as leis de Kepler são perfeitamente válidas para o caso específico em que o objeto central estar fixo. O que ocorre é que como o Sol concentra praticamente mais de 98% da massa do sistema solar o sistema de massa está, portanto, situado nele e assim as leis de Kepler podem ser aplicadas devidamente para descrever o movimento dos corpos celestes. Nos casos em

que o centro de massa esteja num ponto entre os dois corpos em órbita, o sistema “kepleriano” fornece uma boa aproximação.

Em todo caso como expressa Amarante (2008) por meio dessas leis, Kepler tira definitivamente a Terra como o Sol do centro do Universo. A partir daqui perde-se a noção de centro do Universo assim como o conceito de Terra fixa e imóvel. Entretanto isso não quer dizer que tais leis foram aceitas de imediato. A tese aceita e defendida pelo menos na Europa renascentista era o Geocentrismo Ptolomaico. Porém as coisas vinham lentamente mudando no campo científico e cultural.

2.3.4 – GALILEU E O FORTALECIMENTO DO HELIOCENTRISMO

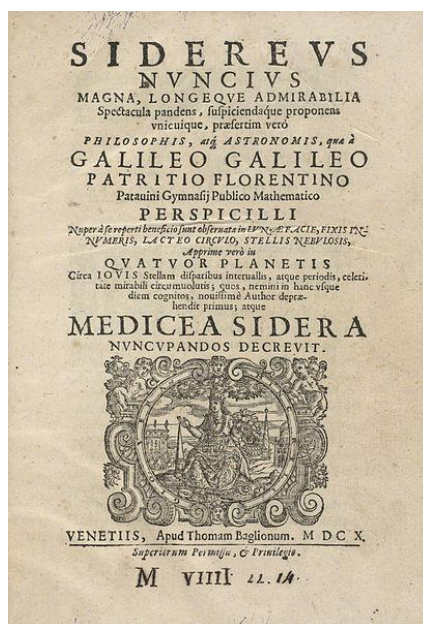
Galileu Galilei foi um Físico, astrônomo e matemático italiano, natural de Pisa. Sua principal contribuição para o desenvolvimento da astronomia científica, além de ser um dos pioneiros na utilização do telescópio para fins de observação celeste, foi a defesa ferrenha do heliocentrismo copernicano e das leis de Kepler.

No uso do telescópio, Galileu foi um dos primeiros¹³ a apontá-lo para o céu e com ele fez algumas descobertas muito importantes:

- A aspereza da superfície da Lua
- A descoberta de 4 luas (satélites naturais) do planeta Júpiter;
- Descoberta das fases de Vênus

Tais observações foram reunidas num folheto chamado *Sidereus Nuncius* (Mensageiro Sideral) publicado em 1610 (veja figura 18) e é considerado a primeira publicação de astronomia observacional utilizando um telescópio.

¹³ - Amarante (2008) destaca que o cartógrafo inglês Thomas Harriot (1560 - 1621), contemporâneo de Galilei foi de fato o primeiro na utilização do telescópio para observação astronômica.

Figura 18 - Capa da edição de 1610 de *Sidereus Nuncius*

Fonte: Arquivo:Houghton IC6. G1333.610s - Sidereus nuncius.jpg - Wikimedia Commons

2.3.5 – SOBRE O OMBRO DE GIGANTES – AS CONTRIBUIÇÕES DE ISAAC NEWTON PARA A ASTRONOMIA

É consenso de todos que, comparativamente ao período da Idade Média os séculos XVII e XVIII foram bem mais férteis na produção do conhecimento científico. Segundo Proença¹⁴ (2012)

Os avanços na Matemática e na Mecânica e o progresso tecnológico (invenção do telescópio refrator, ou luneta, em 1608) permitiriam um extraordinário desenvolvimento, desde o início do século XVII, do conhecimento astronômico e cosmológico. Na realidade, a Astronomia foi o ramo da Ciência que mais se desenvolveu no período, devido à sua base matemática e observacional.

Foi nesse contexto que surgiu o Físico e Matemático Isaac Newton. Nascido na cidade de Lincolnshire na Inglaterra em 1642 (o curioso que é esse também é o ano de morte de outro grande cientista da época, Galileu Galilei). Proença (2012) estabelece que a Astronomia do século XVII e XVIII pode ser dividido em 3 períodos: a primeiro inicia-se

¹⁴ - PROENÇA, C.A. *A História da Ciência*. Vol. II, Tomo I. p.113.

Não só as leis de Kepler mas as observações realizadas por Galileu e outros indicavam que as vigas mestras da Cosmologia antiga como o Geocentrismo o modelo das orbitas perfeitamente circulares e a questão da queda dos corpos pesados estavam ruindo como demonstravam os cientistas a partir dos século XVII. Fazia-se necessário um novo arcabouço teórico dentro da Ciência que pudesse ajustar as novas evidências que as observações mostravam (PROENÇA,2012).

Convém destacar que Anaxágoras, Empédocles, Oresme o escolástico, o próprio Kepler e Gian Borelli um médico e matemático contemporâneo de Newton, já teriam considerado, mesmo que de maneira superficial a possibilidade uma força atrativa entre os corpos. Robert Hooke, também contemporâneo do físico inglês, foi o que mais deu contribuição a Newton e foi um dos que se aproximou de dar uma explicação definitiva a respeito do movimento dos corpos no céu.

No ensaio *An attempt to prove the motion of the Earth from observations (Ensaio para provar o movimento da Terra mediante observações)*, de 1674, Robert Hooke considerou três hipóteses: a) que todos os astros estariam submetidos a uma força semelhante à gravidade (que deveria ser magnética), b) que uma vez postos em movimento rotativo uniforme, nele persistiriam, se não existisse uma força que os obrigasse a descrever uma trajetória elíptica, e c) que a força de atração seria mais intensa quanto menor fosse a distância. Hooke admitiu, contudo, que “isto ainda não determinei experimentalmente, mas é uma ideia que, sendo seguida como merece, não pode deixar de ser muito útil aos astrônomos para deduzir todos os movimentos celestes a uma regra segura. (PROENÇA, 2012, p.118,119)

Christiaan Huygens em 1673 também deu uma contribuição importante a Newton ao estudar as forças centrais (centrípeta e a centrífuga¹⁶) e estabelecer a conservação do movimento “ mv ” e “ mv^2 ”. Huygens inclusive deu o pontapé para que o astrônomo Edmond Halley estabelecesse que para que os planetas mantivessem orbitas elípticas em torno do Sol dever-se-ia existir “uma força que variaria de modo proporcional ao inverso do quadrado de sua distância ao planeta” (PROENÇA 2012, p.119).

Mas Halley não conseguiu ou não soube transformar as suas explicações num conjunto consistente de leis físicas. Coube a Newton compilar todos esses estudos anteriores e utilizando o método das fluxões (calculo infinitesimal) conseguiu o que todos os outros não conseguiram antes dele. Segundo Amarante (2008) Newton envia a Halley

¹⁶ - Força centrífuga foi um termo criado por Huygens para explicar a força impulsionando para fora um corpo em movimento. (PROENÇA, 2012, p. 118)

uma demonstraco da forma das orbitas quando sujeitas a uma forca inversamente proporcional ao quadrado da distância.

A seguir o enunciado das 3 leis do movimento retirados da edio original dos *Principia*:

I - *Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.*

II - *Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et tri secum dum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

III - *Actioni contrariam semper et aequalam esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.*

Em português ter-se-ia algo como:

1ª Lei (Lei da Inercia) - Todo corpo persevera em seu estado de repouso ou de movimento uniformemente retilíneo para a frente, exceto quando ele for compelido a mudar seu estado por forças impressas.

2ª Lei (Lei Fundamental da Dinâmica) - A variao de movimento  proporcional a uma força motriz impressa e se dá ao longo da linha reta na qual essa força  impressa.

3ª Lei (Lei da Ao e Reao) - A uma ao corresponde sempre uma reao igual e oposta; em outras palavras, as aoes de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e sempre opostas em direo¹⁷. A partir dessas 3 leis, das leis de Kepler e

Também da comprovao de Galileu de que os corpos, a pequena distância da superfície da Terra, caem cerca de 15 ps no primeiro segundo ($15t$) e $15t^2$ em segundos, concluiu Newton que, em um minuto (60 segundos), qualquer corpo cairá (15×60^2) no nível da Terra. Aplicando a Mecânica terrestre de Galileu ao Universo e decrescendo a gravidade com o quadrado da distância, a Lua, situada a uma distância de 60 raios terrestres, cairia para a Terra 60^2 vezes mais lentamente, isto , em um minuto cairia apenas $15 \times 60^2 / 60^2 = 15$ ps, enquanto uma maa, no nível da superfície da Terra, cairia os 15 pés em 1 segundo, o que equivale dizer que a maa tomba 4.900 milímetros em um segundo para a Lua, em órbita, apenas 1,3 milímetro por segundo, ou 3.600 vezes mais morosamente. De posse de novos dados do meridiano terrestre, fornecidos por Picard, encontrou Newton para o arco percorrido pela Lua, em um segundo, 3.148 ps, e para a queda da Lua 0,0041 ps por segundo ou 15 ps por minuto. Como a órbita  circular, a força responsável dessa alterao  a centrípeta, de acordo com a 2ª lei da acelerao. Comparando a magnitude dessa força com a força da gravidade atuando na superfície da Terra, descobriu Newton que, descontando a distância, o puxão centrípeta na Lua e a força da gravidade nos objetos

¹⁷ - FITAS, Augusto J. Santos.1996. Os Principia de Newton, alguns comentários (primeira parte a axiomática)

terrestres, tinham a mesma magnitude, e concluiu que elas representavam a mesma e única força ¹⁸.

Assim demonstrado para o caso particular da órbita da Lua, Newton conjecturou que todos os corpos em órbita ao redor de outro, estejam eles na superfície da Terra ou no espaço longínquo obedeciam ao mesmo princípio. Chamou ele, a esse conjunto de explicações de Lei da Gravitação Universal, tendo inclusive expressado essa lei por meio de uma equação matemática do tipo $F=Gm^1m^2/r^2$, onde temos G uma constante universal, m^1 e m^2 as respectivas massas dos corpos, r o raio vetor que une os dois corpos e F a força que une os dois corpos.

Como o próprio Newton explica “a força que retém os corpos celestiais em suas órbitas foi até agora chamada centrípeta, mas tornando-se agora evidente que não pode ser outra que não uma força gravitacional, devemos daqui por diante chamá-la de gravidade”. Proença (2012, p.123)) citando Berlinski¹⁹

Para vencer essa resistência inercial à mudança, “as forças são abstratas, ao contrário da força que aparece na Lei da Gravitação, pois tem sua origem na própria matéria e atua como expressão suprema da tendência dos objetos materiais de se aproximarem um dos outros. É a massa gravitacional de um objeto que expressa o poder de atração inato dele. E força gravitacional, assim como a força inercial, é proporcional à massa do objeto.

Convém ainda destacar que para Newton, a gravidade teria atuação a distâncias na escala astronômica e cujas massas sejam consideráveis. Num Universo sem ela, a matéria não poderia se aglutinar e seria dispersa no espaço. Assim o movimento dos planetas do Sistema Solar, segundo Newton, seria explicado pelo efeito da força de gravidade.

A Lei da Gravitação Universal de Newton pode ser considerada a primeira tentativa bem sucedida de unificação na Física uma vez que conseguiu unir os fenômenos celestes e os terrestres num mesmo conjunto de leis físicas e permaneceu por cerca de dois séculos e meio como única explicação para o comportamento dos corpos planetários. Pelo menos até o início do século XX quando o desenvolvimento tecnológico mostrou que a cosmologia newtoniana não conseguiu mais responder a todas as indagações.

2.3.6 – EINSTEIN E A GEOMETRIA DO ESPAÇO-TEMPO

¹⁸ - PROENÇA, C.A, op.cit., p.121

¹⁹ - BERLINSKI, David. O Dom de Newton

Albert Einstein foi um Físico alemão nascido em 1879. Desde pequeno já demonstrava ser uma criança incomum como expresso em um dos seus relatos

" Impressão de assombro experimentei eu, sendo criança de uns quatro anos, quando meu pai me mostrou uma bússola. O fato de aquele ponteiro comportar-se de maneira tão determinada não se casava com a natureza dos acontecimentos possíveis de se localizarem no mundo inconsciente dos conceitos. Lembro - ou pelo menos, creio lembrar - que essa experiência produziu em mim uma impressão profunda e duradoura. Devia existir algo oculto por trás das coisas. O que a pessoa vê desde sempre não causa impressão desse tipo: ela não se preocupa com a queda dos corpos, com o vento ou com a chuva, com a lua ou com o fato de a lua não cair, nem com as diferenças entre matéria viva e não viva". (LIMA²⁰, 2013, p.11)

Em 1905 (o *annus mirabilis*) ganhou fama ao publicar uma série de 4 artigos que modificaram profundamente as bases da Física newtoniana, ou Física Clássica. O terceiro artigo cujo título é Zur Elektrodynamik bewegter Körper (Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos Em Movimento) foi publicado em 26 de setembro daquele ano. Esse artigo que ficou mais conhecido por explicitar a sua famosa Teoria da Relatividade Restrita serviu de preparação para que em 1916 fosse criada a TGR (Teoria Geral da Relatividade) e uma nova teoria cosmológica emergisse.

A TRE (Teoria da Relatividade Especial) está fundamentada em dois postulados básicos²¹:

1º postulado: *As Leis da física têm a mesma forma em todos os referenciais inerciais.*

2º postulado: *A velocidade da luz é independente do movimento de sua fonte.*

Entretanto até por volta de 1907 Einstein ainda considerava a sua teoria incompleta pois faltava incorporar a gravidade a ela. Enquanto escrevia um artigo de revisão para uma famosa revista científica alemã, ocorreu-lhe uma ideia que foi o ponto de partida para uma nova Teoria da Relatividade que pudesse incluir a gravitação. Segundo (RAMAYANA, p.119-120,2005)

"Quando em 1907 estava preparando um artigo de revisão sobre a teoria da relatividade para o Jahrbuch der Radioaktivitat und Elektronik, tentava modificar a teoria newtoniana da gravitação de modo que se ajustasse á relatividade especial... Ocorreu-me então um dos pensamentos mais felizes de minha vida na seguinte forma: o campo gravitacional tem apenas existência relativa, de maneira semelhante ao campo elétrico gerado por indução magneto-elétrica. Porque, para um observador que cai livremente do teto de uma casa, não existe – pelo menos na vizinhança próxima – campo gravitacional(...) se um observador deixa cair alguns corpos, eles permanecem em relação a ele em estão de repouso ou de movimento

²⁰ - Esses e outros relatos estão no texto

²¹ - GAZZINELLI, Ramayana. Teoria da Relatividade Especial. Ed. Edgard Blucher. 2005.

uniforme, independentemente de sua natureza(...). O observador tem então o direito de interpretar seu estado como de repouso”.

A partir desse pensamento simples Einstein formulou o princípio da equivalência, a tese básica da sua TRG e de uma nova visão do Universo. Segundo Einstein um indivíduo não perceberá o seu próprio peso caso esteja em queda livre. Vejamos um exemplo mental simples de um elevador cujo cabo de sustentação tenha se rompido e, portanto, caia em queda livre. O indivíduo dentro desse elevador deixará de sentir o seu próprio peso bem como não sentirá os efeitos da gravidade na sua vizinhança. Por exemplo, caso deixe cair um objeto qualquer ao seu lado ele o verá parado como se não existisse nenhuma força atuando nele. Nenhum experimento mecânico realizado no interior do elevador será capaz de detectar o movimento do mesmo. Sendo assim o hipotético laboratório em queda livre funciona de maneira análoga a um outro laboratório que estivesse livre da ação de um campo gravitacional qualquer.

Continuando o raciocínio podemos “criar” gravidade por meio da aceleração. O caso é o seguinte: suponhamos um outro indivíduo dentro de uma nave ou foguete em repouso localizado numa plataforma de lançamento na superfície da Terra. Nesse caso ele poderá aferir o seu próprio peso numa balança de molas e encontrará o valor mg . Caso o foguete esteja em movimento uniforme numa região de gravidade nula, o peso do indivíduo também será nulo e ele obviamente flutuará dentro na nave. No instante que a espaçonave adquirir uma aceleração g , o indivíduo será empurrado para uma das paredes do foguete com uma força mg idêntica ao peso dele. Ou seja as duas situações são iguais ou equivalentes: o foguete estando acelerado com aceleração g numa região de gravidade *zero*, ou estando com velocidade *nula* num local cuja aceleração da gravidade é g^{22} .

Por fim Einstein juntou esses experimentos mentais e formulou o princípio da equivalência que pode ser assim resumido

“as massas inerciais e gravitacionais são iguais e o resultado de qualquer experimento local não gravitacional em um referencial em queda livre é independente da velocidade do referencial (invariância de Lorentz) e sua localização no espaço tempo, localmente (a menos de forças de maré) podemos recuperar as mesmas leis da relatividade especial”. (AGUIAR, 2018, p.8).

Ou seja, eventos que ocorrem simultaneamente para um observador podem não ter o mesmo sincronismo para outro. Convém lembrar que por massa inercial entende-se

²² - As explicações aqui expostas neste e no parágrafo anterior foram baseadas no texto de GAZZINELLI, Ramayana. Op.cit.

aquela que representa a medida da inércia de um corpo e a massa gravitacional aquela que fica sujeita a ação gravitacional.

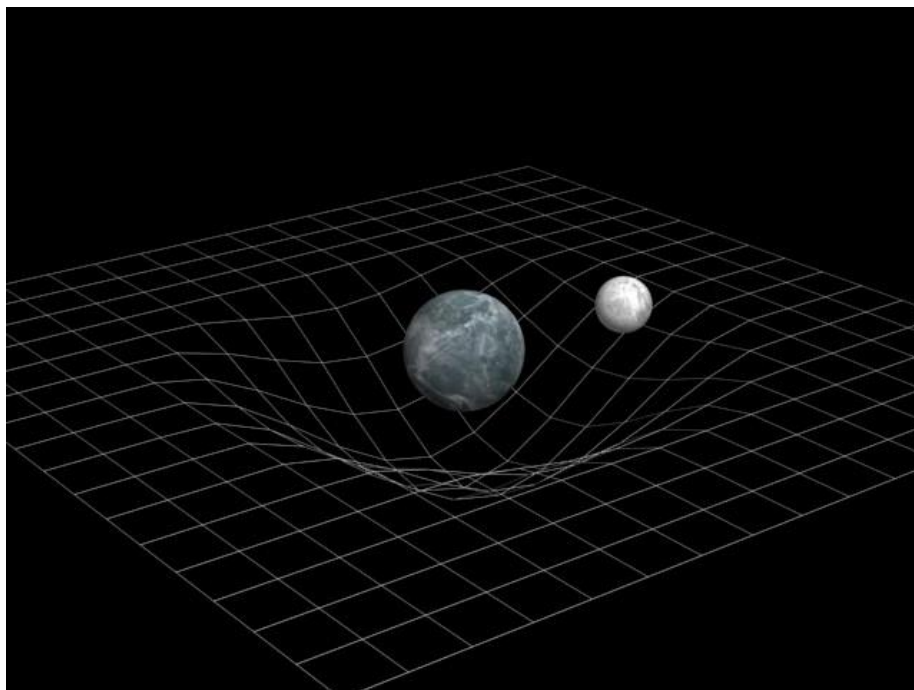
Com base nesse princípio, Einstein fez uma descrição inovadora e ousada para o Universo ao considerar a gravidade como sendo uma deformação do tecido do espaço-tempo. Afirmou ele que localmente é impossível diferenciar um objeto em movimento uniformemente acelerado ou estar com velocidade nula (repouso) sob a ação de um campo gravitacional, o que faz com que um observador que esteja acelerado em relação a um observador em movimento uniforme num outro referencial, pode interpretar alguma diferença nos resultados de experimentos como sendo devido a ação de um campo gravitacional, ao invés de ter origem em alguma quantidade de seu estado de movimento. Como descreve Aguiar (2018)

a métrica também pode ser interpretada como a métrica de um referencial sob a ação um campo gravitacional uniforme. Dada uma fonte para o campo, podemos descrever a gravidade como consequência da geometria do espaço-tempo.

Nas palavras do próprio Einstein “*A matéria diz como o espaço-tempo deve se curvar e o espaço-tempo diz como a matéria deve se mover*”.

Numa linguagem mais simples podemos dizer que grandes objetos massivos alteram a geometria do espaço produzindo a gravidade, isto é, a gravidade seria a própria deformação do espaço e do tempo. Veja a figura 20.

Figura 20 - A geometria curva do espaço-tempo segundo Einstein



Fonte: encurtador.com.br/buzNV

Para Einstein não somente os corpos massivos seriam afetados por essa deformação no espaço como a luz também seria. Como exemplo temos o eclipse observado em maio de 1919 onde a trajetória do raio de luz foi distorcida com a presença da gigantesca massa do Sol. Esse fenômeno, hoje amplamente conhecido pelos astrofísicos, é conhecido como lente gravitacional.

Convém destacar que as tentativas de explicar o universo e o comportamento dos corpos celestes não finda aqui, novas descobertas permitirão que idéias antes tidas como definitivas ou satisfatórias, possam ser superadas por ideias mais completas e abrangentes no futuro.

Finalizando, percebe-se que o desenvolvimento da astronomia ao longo dos séculos permite que possamos transitar entre as diferentes disciplinas como História, Geografia, Matemática, Filosofia e principalmente a Física nas nossas aulas. Pode-se mostrar aos alunos que os estudos e as descobertas estão longe do fim, que existe uma imensa quantidade de campos de estudo, e principalmente, permite que esses jovens tenham contato com o pensamento científico racional sobre o Universo e tenham argumentos para combater as pseudociências e os misticismos ainda tão presentes na sociedade atual.

CAPÍTULO III

3.0 – A EPISTEMOLOGIA DE IMRE LAKATOS E O PROGRAMA DE PESQUISA CIENTÍFICA

Este capítulo fará uma caracterização da epistemologia de Imre Lakatos. Inicialmente será feita uma exposição sobre a sua filosofia científica baseando-se num artigo do professor José Borges Neto da UFPR, em seguida a metodologia dos programas de pesquisa, e sua importância para a produção do conhecimento científico, finalizando com uma análise breve com base num trabalho do professor Fernando Lang da Silveira a epistemologia racionalista de Lakatos e uma proposta de se trabalhar nas aulas de Física.

3.1 – A CIÊNCIA EPISTEMOLÓGICA DE IMRE LAKATOS

Nascido na Hungria em 1922, Imre Lakatos foi um filósofo das ciências que atuou em vários países da Europa entre as décadas de 40 e início da década de 70 do século XX. Em 1961 doutorou-se em Filosofia pela *Cambridg University*. Suas idéias baseiam-se essencialmente na produção ou avanço da ciência no que ele chamou de Metodologia dos Programas de Pesquisa, na qual estão entre os seus temas centrais o programa de investigação, o núcleo central, heurísticas negativa e positiva e o cinturão protetor. Foi fortemente influenciado pelo racionalismo crítico de Karl Popper.

3.2 – O PROGRAMA DE PESQUISA CIENTÍFICA

Um programa de pesquisa tem como ideia central o **núcleo firme** ou como Chalmers (1993) denomina, o **núcleo irreduzível**, ou ainda o **núcleo duro** que são os pressupostos básicos que desencadeiam a pesquisa e compreendem o conjunto de hipóteses que não podem ser alteradas ou abandonadas sem que o programam por inteiro seja abandonado. Segundo L. Silveira (1996) “núcleo firme são o conjunto de hipóteses ou teoria considerada como irrefutável, ou convencionalmente aceitas por decisão provisória”. Chalmers (1993) considera o núcleo firme ou núcleo irreduzível “mais que qualquer outra coisa, a característica que o define. Ele assume a forma de alguma hipótese teórica muito geral que constitui a base a partir da qual o programa deve se desenvolver”.

O programa pesquisa de Copérnico continha em seu "núcleo firme" a "proposição de que as estrelas constituem o sistema de referência fundamental para a Física" (Lakatos, 1989, p. 234). O programa de pesquisa de Newton continha as três leis do movimento e a Lei da Gravitação Universal. No de Piaget encontrava-se a "hipótese de equilíbrio" (Gilbert e Swift, 1985). No de Pasteur, a hipótese de que "a fermentação é um fenômeno correlacionado com a vida" (Asua, 1989; p. 76). Os cientistas que trabalharam ou trabalham nesses programas não descartariam tais hipóteses, mesmo quando encontrassem fatos problemáticos ("refutações" ou anomalias). Por exemplo, quando foi observado pelos newtonianos que a órbita prevista para Urano era discordante com as observações astronômicas, eles não consideraram que a Mecânica Newtoniana estivesse refutada; Adams e Leverrier, por volta de 1845, atribuíram tal discordância à existência de um planeta ainda não conhecido - o planeta Netuno -, e portanto, não levado em consideração no cálculo da órbita de Urano. (Silveira 1996, p. 2).

Na elaboração de uma metodologia de pesquisa para um dado fenômeno, deve-se considerar que os dados observados estejam em consonância com o núcleo firme, caso não estejam ou surja alguma discrepância, deve-se buscar soluções alternativas nas teorias auxiliares ao núcleo irreduzível. Tais teorias auxiliares Lakatos denomina-as de **cinturão protetor**. Segundo Chalmers (1993) tal cinturão "consiste não somente nas hipóteses auxiliares explícitas que suplementam o núcleo irreduzível, mas também em suposições subjacentes à descrição das condições iniciais e também em proposições de observação".

O cinturão protetor é um conjunto de hipóteses auxiliares que sustentam e protegem o núcleo firme. Tais hipóteses podem ser modificadas, expandidas ou acrescentada.

No Programa de Pesquisa científica de Lakatos existe a *heurística positiva* e a *negativa*. Na *heurística negativa* exige-se que durante o desenvolvimento do PPC (Programa de Pesquisa Científica) o núcleo firme permaneça intacto, ou seja as hipóteses básicas não devem ser alteradas ou descartadas. Já a *heurística positiva* é composta de uma pauta geral que indica como pode ser desenvolvido o programa de pesquisa (Chalmers). São as hipóteses, aproximações e adições ao núcleo firme que respondem essas divergências, a fim de manter o núcleo firme como referência absoluta. Seguindo o exemplo da gravitação de Newton já citado anteriormente, a suposição de um planeta além de Urano para corrigir sua órbita (que posteriormente seria descoberto Netuno), é considerado característico do cinturão protetor, pois não refuta a teoria, mas busca outra solução dentro dela.

Sendo assim "o desenvolvimento de um programa de pesquisa envolverá não somente a adição de hipóteses auxiliares adequadas, mas também o desenvolvimento de técnicas matemáticas e experimentais adequadas" (Chalmers). Em outras palavras, para

Lakatos de nada valem as explicações detalhadas dos fenômenos sem um arcabouço matemático e experimental que lhe dê suporte.

Para Lakatos é possível ajustar as hipóteses do cinturão protetor de modo a explicar possíveis anomalias nos programas de pesquisas científicas. E devido a isso um programa pode regredir ou progredir se tais ajustes feitos como Silveira (1996) expõe “quando eles apenas explicam os fatos que os motivaram, não prevendo nenhum fato novo, ou, se prevendo fatos novos, nenhum é corroborado”.

O Professor Fernando Silveira da UFRGS num artigo publicado em 1996, faz uma explanação das ideias de Lakatos utilizando a teoria newtoniana. As ideias de Newton começaram com um modelo para o sistema planetário onde cada planeta era puntual²³ e interagia gravitacionalmente apenas com outra massa puntual fixa (o Sol). O próprio Newton, em seguida, modificou-o, uma vez que pelo Princípio da Ação e Reação o Sol não poderia estar fixo; o Sol juntamente com os planetas deveriam orbitar em torno do centro de massa do sistema Sol-planeta. Neste caso a modificação não era decorrente de nenhum erro mas de uma incompatibilidade teórica do primeiro modelo com as Leis do Movimento, com o "**núcleo firme**". Em seguida, sofisticou-o mais ainda, tratando o Sol e o planeta como sendo esferas ao invés de massas puntuais; esta sofisticação, que também teve origem teórica, apresentou sérias dificuldades matemáticas, retardando a publicação de sua obra "*Principia*" por quase uma década. O passo seguinte foi considerar as interações gravitacionais entre os planetas e satélites, chegando assim a uma teoria de perturbações. A partir daí Newton começou a encarar com mais seriedade os fatos, com o objetivo de analisar suas predições sobre as órbitas; muitos deles eram bem explicados pelo modelo, mas outros não o eram. Passou então a trabalhar com planetas e satélites não esféricos. Desta forma, o programa newtoniano foi avançando, transformando diversas irregularidades em confirmações (SILVEIRA, 1996).

Vale lembrar que tal ponto de vista foi muito importante porque permitiu o desenvolvimento de instrumentos de observação melhores bem como a criação de ferramentas matemáticas (como o cálculo diferencial e integral) para dar-lhe suporte, além é claro de permitir explicar fenômenos e descobertas futuras, coisa que com a astronomia de Ptolomeu não era possível.

²³ - Um ponto material (partícula ideal ou partícula de ponto) é uma idealização de partículas amplamente utilizadas na física. Sua característica definidora é que não tem extensão espacial; sendo inativo, não ocupar espaço. Uma partícula de ponto é uma representação adequada de qualquer objeto, desde que seu tamanho, forma e estrutura sejam irrelevantes em um determinado contexto. Disponível em: https://es.wikipedia.org/wiki/Punto_material Acesso em: 28/07/22

3.3 – LAKATOS, O RACIONALISMO – CRÍTICO E O ENSINO CIENTÍFICO

Segundo Silveira (1996) Lakatos era um ferrenho crítico da filosofia empirista – indutivista muito em voga no século XX. Sucintamente e de maneira didática podemos elencar os principais pressupostos dessa epistemologia nos seguintes pontos:

- O conhecimento é advindo das experiências sensoriais com o mundo, ou seja, os sentidos são imprescindíveis para se observar a natureza e explicar os fenômenos;
- Alguns artifícios como criatividade, intuição, imaginação e especulação não são necessárias para a aquisição do conhecimento;
- A verdade está posta na natureza as vezes de maneira oculta, bastando apenas ao cientista, utilizando os meios disponíveis, ler e interpretar os fenômenos a partir da observação da natureza.

Lakatos, sob forte influência de Karl Popper enxerga na epistemologia racionalista crítica o verdadeiro sentido de fazer e pensar a Ciência. Silveira (1996) também elencou as bases da filosofia científica “lakatosiana” segundo os pontos a seguir expostos de maneira sintética:

- O conhecimento científico é mutável, provisório e sujeito a reformulações uma vez que é construído pelo homem;
- As descobertas e teorias passadas são imprescindíveis para a aquisição de novas teorias;
- O conhecimento prévio serve de base e influencia a nossa observação de um fenômeno atual e desse modo, não existe uma observação sem uma base observacional anterior que o oriente;
- O conhecimento não pode vir unicamente da observação e experimentação podendo a intuição, a criatividade e a imaginação também contribuir para tal.

A partir desses pontos Silveira (1996) estabelece que os jovens, na fase escolar, trazem consigo certas concepções que são consideradas erradas pela comunidade científica mas que nos mostram que eles são capazes de construir idéias para explicar o mundo. Tais concepções são chamadas **CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS (CAs)**. O desafio do ensino escolar é justamente tentar superar ou substituir essas concepções pelas concepções científicas, o que, segundo o mesmo autor, não é uma tarefa muito fácil já que uma característica dessas CAs é a resistência a mudança.

3.4 – BREVE EXPOSIÇÃO DA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO DE SILVEIRA PARA PROBLEMATIZAR A EPISTEMOLOGIA DE LAKATOS NO ENSINO DE FÍSICA

O professor Fernando Lang da Silveira em sua Tese *Uma epistemologia racional-realista e o Ensino de Física* (1992) mostra um estudo feito com alunos universitários cuja estratégia era mudar as concepções alternativas enraizadas nos jovens para as concepções científicas. Segundo ele, a estratégia foi testada em nove estudos comprovando “a eficácia dessa estratégia na promoção das mudanças pretendidas” (SILVEIRA, 1992).

Considera ele que o sucesso na aprendizagem diz respeito mais a mudanças que ocorrem nas concepções alternativas dos alunos do que propriamente do ensino em si

Supomos então que a causa principal para a reiterada incapacidade de produzir a mudança das CAs esteja em tomá-las devidamente em consideração, em não usar as CA como um conhecimento prévio do aluno a ser modificado (SILVEIRA, 1992, p. 100)

O prof. Lang acredita que a dificuldade em conseguir mudar as concepções alternativas (CAs) esteja relacionado menos com a aula em si e mais com a forma como ela se dá. Alguns poderiam afirmar por exemplo que as aulas essencialmente expositivas contribuam decisivamente para a não mudança nas ideias dos alunos o que, segundo ele, não é verdade. Ou seja, mais a frente ele esclarece que “A aprendizagem significativa dos conteúdos apresentados somente ocorrerá se houver uma relação explícita destes com as ideias já presentes na mente do aluno” (SILVEIRA, 1992, p.102).

Partindo desse ponto de vista e principalmente na filosofia racionalista de Lakatos, o prof. Fernando L. Silveira, elaborou uma estratégia de mudança das CAs baseando-se numa aula expositiva, mas ele destaca que “poderá ser adaptada para outras situações de ensino”.

A seguir é feita uma exposição resumida sobre cada etapa da estratégia proposta, em relação ao conteúdo referente a FORÇA E MOVIMENTO.

Inicialmente o professor deve se apropriar das CAs e expô-las da melhor maneira possível aos alunos. Segundo Silveira (1992) “a conscientização das CAs abrirá a possibilidade para que posteriormente se possa criticá-las”.

O passo seguinte será o professor trabalhar as críticas as CAs, demonstrando a sua falsidade e ou incongruências lógicas. De acordo com Silveira (1992) as incongruências

lógicas aparecerão fazendo que os alunos percebam que as CAs não conseguem explicar satisfatoriamente os fatos e desse modo, segundo Lakatos a tendência é o abandono da CA.

Convém destacar aqui que, por ser Lakatos um crítico ferrenho do empirismo-indutivismo, ele não acreditava que os jovens poderiam adquirir o conhecimento, ou uma mudança radical na CA unicamente por meio da observação e experimentação. Para Silveira (1992)

Os dados empíricos podem determinar insatisfação em relação às CA mas não são necessariamente suficientes para abandoná-las e criar uma mais provável que o aluno ajuste os fatos nova concepção. É mais possível que o aluno ajuste os fatos observados às CA, fazendo o que Lakatos denomina de modificação no cinturão e mantenha o núcleo firme, as CA. Sabe-se que isto é sempre logicamente possível; frente a fatos conflitantes com consequências de uma teoria é possível por ajustes no cinturão protetor e manter a teoria transformando esses fatos em corroborações das mesmas (SILVEIRA, 1992, p. 107).

A próxima etapa seria a exposição clara da teoria científica que substituirá a CA, destacando os aspectos comuns e principalmente as contradições entre ambas. Aqui deve-se focar nas contradições de modo a “conscientizar sobre a impossibilidade lógica de se sustentar a ambas” (SILVEIRA, 1992).

E finalmente na derradeira etapa o professor mostrará as vantagens da teoria científica frente a CA enfatizando que a nova teoria é capaz de explicar todos os fatos explicados pela CA, que é capaz de prever fatos novos e mais além, que a nova teoria é capaz de prever fatos não previstos pela CA. Nas palavras do próprio prof. Fernando Silveira

A nova teoria deve mostrar fatos que não poderiam ser previstos a partir das CA, e que esses podem ser verificados empiricamente na terminologia lakatosiana a nova teoria é teórica e empiricamente progressiva. Notará que a nova teoria pode abordar quantitativamente os problemas, o que de um modo geral não é possível com as CA. A nova teoria tem um excedente de conteúdo em relação as CA (SILVEIRA, 1992, p.108).

Silveira acredita ainda que, a mudança das CAs para a nova teoria leva certo tempo, de modo que o professor deve sempre reforçar as vantagens de uma sobre a outra.

Isso exposto, façamos agora a exemplificar como trabalhar essas etapas num conteúdo específico de Física – FORÇA E MOVIMENTO.

De início e baseando-se no senso comum pode-se abordar a definição de repouso e movimento utilizando objetos do dia a dia como cadeira, mesa, um sofá, etc. apresenta-se o conceito de movimento como sendo resultado da ação de uma força sobre o corpo. O

professor pode explicar utilizando objetos disponíveis na aula como por exemplo um pincel sobre a mesa se movimenta quando alguém aplicar-lhe uma força, e que quanto maior a força maior a velocidade do corpo. Segundo Silveira (1992) tais visões aristotélicas²⁴ são bem aceitas pelos alunos sem maiores contestações. Pode-se também como complemento abordar o fato de que para imprimir o mesmo movimento em objetos diferentes, deve-se uma força diferente em ambos, por exemplo, uma cadeira e uma borracha de apagar, necessitando-se de uma força maior na cadeira do que na borracha.

Em seguida, sobre o mesmo conteúdo força e movimento, passamos a apresentar as críticas as ideias apresentadas na etapa anterior. Argumenta-se que as explicações são visões arcaicas e incompletas sobre os fenômenos. Pode-se argumentar por exemplo, que no caso do pincel sobre a mesa, além da força aplicada pelo professor existe a força de atrito que é uma força que existe do contato entre dois corpos. No caso específico em que o professor empurra o pincel sobre a mesa, segundo a concepção empírica do senso comum, este deveria se mover apenas quando está sobre a ação da força imprimida pela mão do professor. Mas o que verificamos é que mesmo retirando a mão do pincel este continua por determinado trecho, ainda em movimento, contradizendo o que diz a visão aristotélica de que se a força for nula o objeto cessa o movimento imediatamente.

Outra visão empírica que pode ser refutada é a questão do repouso. Empiricamente a noção de repouso que o senso comum possui é o do REPOUSO ABSOLUTO, mas cientificamente a relatividade galileana comprova é que “um corpo se encontra em repouso ou em movimento em relação a um sistema de referência e não de maneira absoluta” (SILVEIRA, 1992, p. 113). Nesse ponto aparece outra inconsistência da CA pois o que cientificamente se sabe é que o repouso e o movimento são relativos a um sistema de referência e, portanto, não são absolutos.

Cabe reforçar aqui que a noção de força na visão newtoniana é a de uma interação entre dois ou mais corpos ou sistemas. Segundo Silveira (1992) “a existência de uma força sobre um corpo exige a existência de outro corpo que a realiza (o agente da força); não pode haver força sobre um corpo se não houver um agente”. Continuando a estratégia, passa-se a próxima etapa que seria a da apresentação das Leis de Newton. Antes, porém, é preciso destacar que as duas primeiras Leis de Newton fazem alusão a soma vetorial das das forças que agem num corpo. No caso do pincel sobre a mesa, existe diversas forças

²⁴ - Aristóteles (384 a.c. – 322 a.c.) filósofo grego fundador da escola peripatética e do Liceu, foi discípulo de Platão e professor de Alexandre o Grande. Para ele o movimento só existe se houver uma causa. Para mais informações consulte **A História do Pensamento Ocidental** de Bertrand Russel, Ediouro publicações.

sobre ele: a ação da Terra sobre o pincel, que é a força gravitacional, existe a força de contato (atrito) entre a mesa e o pincel e entre a mão do professor e o pincel, existe ainda, apesar de ser quase desprezível, a força de arrasto²⁵ quando o pincel se movimenta sobre o ar. Todas essas forças, quando somadas vetorialmente, compõem a força resultante.

A primeira Lei de Newton estabelece que se a soma das 'forças que agem sobre um corpo for nula (a força resultante for nula) então este corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme. Utilizando o mesmo exemplo do pincel sobre a mesa observamos que após o professor empurrá-lo sobre a mesa, ele permanece em movimento por certo tempo mesmo após retirar a mão sobre ele, o que pode ser explicado satisfatoriamente pela primeira lei de Newton. Basta considerar que, no movimento sobre a mesa sem a ação da mão sobre o pincel a força de atrito será a força resultante e esta agirá levando o pincel ao repouso sobre a mesa. A CA explica esse fato mas o conhecimento científico encontra uma explicação mais completa.

Já com relação a segunda lei de Newton, podemos enunciá-la da seguinte forma:

“A força resultante que age num corpo é diretamente proporcional ao produto da massa²⁶ do objeto pela aceleração adquirida”²⁷.

Aqui a disparidade e a inconsistência na CA é mais perceptível pois ela relaciona a força com a velocidade do corpo, o que não se verifica cientificamente pois a força se relaciona com a aceleração e não com a velocidade. Por isso faz-se necessário que os alunos entendam a diferença entre as duas grandezas: enquanto uma mede a rapidez de um corpo a outra mede a taxa de variação dessa rapidez. Assim

Este enunciado (da segunda lei de Newton) é incompatível com as CA pois estas vinculam a força com a velocidade, enquanto a Segunda Lei relaciona força com aceleração (é necessário insistir neste ponto por cremos que muitos alunos mantenham as CAs por não perceberem a diferença entre velocidade e aceleração; se a aceleração for confundida com a velocidade a Segunda Lei pode ser compatível com as CA). (SILVEIRA, 1992, p.116)

Continua, o autor, propondo que se busque trabalhar outras situações e problemas onde possam estabelecer as divergências entre as CAs e a teoria científica. Destaca o Prof.

²⁵ - A força de arrasto consiste da força de resistência ao movimento de um objeto em um meio fluido (líquido ou gás), essa força atua no sentido oposto ao movimento do objeto no meio. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/amlef/glossario/forca-de-arrasto/> > Acesso em: 27/07/2022.

²⁶ - Newton faz distinção entre massa inercial e massa gravitacional. Aqui faz-se menção a primeira.

²⁷ - Os Fundamentos da Física. Francisco Ramalho Jr. *Et Al.* 3ª ed. São Paulo. 1979. Ed. Moderna, p. 178.

Fernando Silveira que “a análise de algumas situações que fazem parte da vivência ou do interesse dos alunos são interpretadas com as CA e com as Leis de Newton”. Tais situações “envolvendo a dinâmica de automóveis, motocicletas são perceptivelmente do interesse dos alunos, levando-os a externar **suas** concepções e suas dúvidas”

Por fim, destaca Silveira

A possibilidade de abordar quantitativamente tais situações se constitui em uma notória vantagem sobre as CAs; estas no máximo permitem raciocínios qualitativos. Ao substituímos as CAs pelas concepções galileanas e newtonianas estamos parafraseando Kovré (1991), passando “*do Mundo do Mais ou Menos ao Universo da Precisão*”. (SILVEIRA, 1992. p. 117)

Capítulo 4.0 – METODOLOGIA

Antes de expor detalhadamente a metodologia e a sequência de ensino utilizadas na presente dissertação, faço inicialmente uma brevíssima, mas importante explanação sobre a pesquisa qualitativa e a pesquisa-ação uma vez que tais pontos dizem respeito ao trabalho exposto. Em seguida falarei sobre as características do ambiente escolar e da turma de alunos a qual foi utilizada na pesquisa.

4.1 – A PESQUISA QUALITATIVA

De acordo com Silva (2014) na pesquisa qualitativa “os dados coletados são predominantemente descritivos, partindo da análise do pesquisador e de sua compreensão do todo para a reflexão sobre o que pode ser ou não elucidado, pois a descrição deve possibilitar um diálogo com o objeto”. Para ele nesse tipo de pesquisa o processo torna-se mais importante do que o produto final uma vez que as hipóteses serão formuladas nessa última fase e nortearão todo o processo da pesquisa.

Segundo Zanette (2017) na pesquisa acadêmica, o pesquisador depara-se constantemente com a necessidade de conhecer e discutir sobre o caminho a percorrer a fim de elaborar de que forma transformar o fenômeno de investigação em um objeto de pesquisa.

Historicamente a pesquisa surgiu no Brasil por volta dos anos 30 do século XX com a criação do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais). Além deste, foram criados a reboque o Centro Brasileiro de pesquisas educacionais e os centros regionais de pesquisas educacionais inicialmente nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Minas Gerais. Esses órgãos proporcionaram os primeiros estudos consistentes na área educacional no país. Zanetti (2017, p. 151) ainda completa

Até então, os estudos em Educação se expressavam apenas pelo trabalho isolado de alguns professores da área. No mesmo período, consolidavam-se algumas Escolas Normais de alto nível, que se tornam a fonte de recursos humanos especializadas em educação, sob diferentes ângulos de formação, e despontam os cursos de pedagogia nas Faculdades de Filosofia.

A partir da década de 1960, vê-se a implantação de diversos cursos *latu sensu* e *strictu sensu* na área de Educação, bem como a formação de pesquisadores no exterior que ao retornarem ao Brasil proporcionaram um crescimento maior nas pesquisas e nos estudos sobre a problemática da educação brasileira. A partir de então vários educadores

e autores brasileiros se debruçaram sobre o assunto e passaram a escrever sobre o tema da pesquisa científica. Como expressa Zanette (2017, p. 152) citando Gattai (1983)

As pesquisas, inicialmente de caráter psico-pedagógico, em que a temática abrangia estudo do desenvolvimento psicológico, processo de ensino e instrumentos de medida de aprendizagem, deslocam-se, em meados da década de cinquenta, para as condições culturais e tendências de desenvolvimento da sociedade brasileira, e o objeto de atenção passa a ser as relações entre o sistema escolar e certos aspectos da sociedade. A partir de meados da década de sessenta, começam a ganhar fôlego e destaque os estudos de natureza econômica em que aparecem trabalhos sobre a educação como investimento, demanda profissional, formação de recursos humanos, etc.

Mais adiante, ele ainda destaca que

Entre o final dos anos 1970 e o início da década de 1980 aparecem trabalhos sobre “política educacional, tema até então ausente em trabalhos de análise institucional e organizacional”. (GATTI, 1983, p. 4). Fatores que contribuíram para essa investigação foram a implantação de 27 programas de pós-graduação em Educação, funcionando em 27 instituições de ensino superior, que resultaram na produção de centenas de dissertações e de dez teses de doutorado, concluídas até 1981. (ZANETTI, 2017, p.153)

Com base nisso as pesquisas procuraram aproximar o sujeito do objeto de estudo num contexto histórico e cultural. Como bem defende Zanette (2017) um bom trabalho científico deve “ser aquele que propicia ao pesquisador colocar-se no papel do outro, ou seja, compreender a realidade pela visão dos pesquisados”. Nesse ínterim a pesquisa científica qualitativa é importante para compreendermos o ser humano na perspectiva educacional.

4.2 – A PESQUISA – AÇÃO²⁸

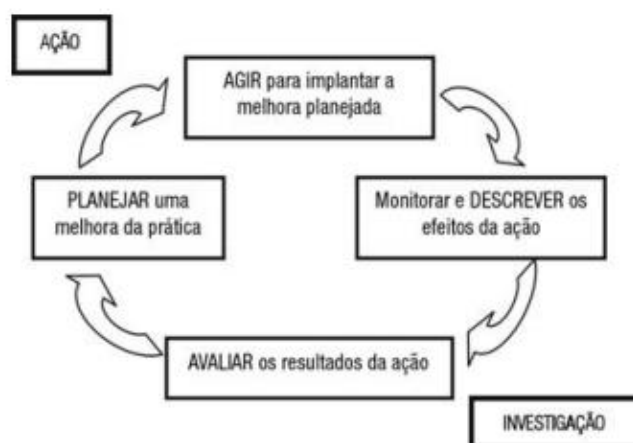
²⁸ - Para um maior aprofundamento sobre esse ponto consulte **David TRIPP**. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

De acordo com Tripp (2005) podemos definir a pesquisa-ação como sendo “toda tentativa continuada, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a prática”. Ou seja, no campo educacional seria uma pesquisa objetivando a reflexão e mudança na prática pedagógica. Surgida nos anos de 1940 esse tipo de pesquisa visa criar estratégias para que educadores possam aprimorar o ensino e conseqüentemente o desenvolvimento educacional dos alunos. A pesquisa-ação seria um tipo específico da **investigação-ação**, que como o próprio autor destaca

é um termo genérico para qualquer processo que siga um ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela. Planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação. (Tripp, 2005, p.446)

A figura 21 retrata os caminhos básicos da investigação-ação.

Figura 21 - As fases do ciclo basico da investigação ação



Fonte: Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

Tripp (2005) enumera vários modelos diferentes de investigação-ação:

- a pesquisa-ação;
- a aprendizagem-ação;
- a prática-reflexiva;
- o projeto-ação;
- a aprendizagem-ação;

- os ciclos PDCA, PLA, PAR, PAD, PALM, PRA²⁹;
- a prática deliberativa;
- a pesquisa práxis;
- a investigação apreciativa;
- a prática diagnóstica;
- a avaliação-ação;
- a metodologia de sistemas flexíveis;
- a aprendizagem transformacional

Convém destacar que a diferença entre tais modelos é tênue, e muitas vezes de difícil definição. No caso específico da pesquisa-ação ela se destaca pela aplicação de técnicas já amplamente conhecidas para descrever os efeitos da mudança na prática na investigação-ação. Quando se destaca a questão das técnicas serem amplamente conhecidas é pelo fato de, segundo Tripp (2005, p. 447) “as técnicas de pesquisa terem que atender aos critérios comuns a outros tipos de pesquisa acadêmica (isto é, enfrentar a revisão pelos pares quanto a procedimentos, significância, originalidade, validade etc.)”.

Por fim é importante destacar que

embora a pesquisa-ação tenda a ser pragmática, ela se distingue claramente da prática e, embora seja pesquisa, também se distingue claramente da pesquisa científica tradicional, principalmente porque a pesquisa ação ao mesmo tempo altera o que está sendo pesquisado e é limitada pelo contexto e pela ética da prática. (TRIPP, 2002, p.447).

4.3 – ESTRUTURA ESCOLAR E CARACTERIZAÇÃO DA TURMA

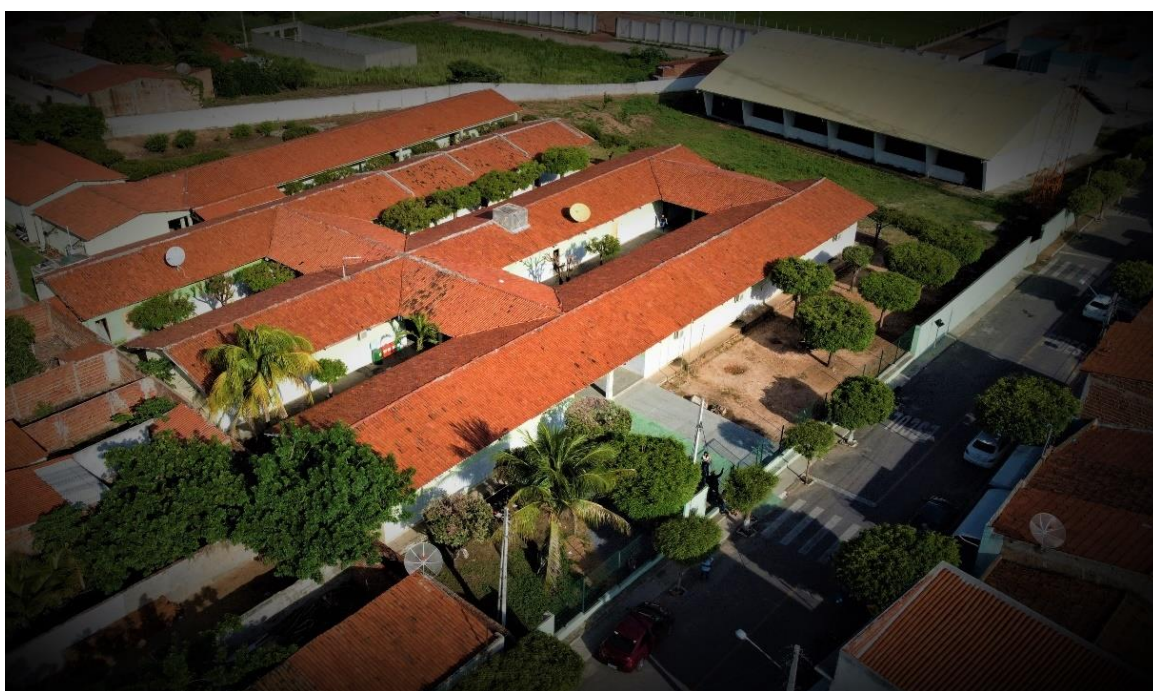
A Escola de Ensino Médio Prof. Luís Gonzaga da Fonseca Mota localiza-se na sede do município de Quixelô, região Centro-sul do Estado do Ceará. Possuindo cerca de 20 mil habitantes (censo 2010) a cidade de Quixelô conta com uma única instituição de ensino médio. Fundada em abril de 1986, a escola Gonzaga Mota como é mais conhecida por todos, funciona na modalidade regular com salas na sede do município e um anexo na zona rural numa localidade conhecida como “Riacho do Meio” que fica no sítio Gaspar a 26 km da sede do município. No presente ano de 2022, a referida escola conta com 12 turmas de Ensino Médio sendo 4 turmas de 1º ano, 4 turmas de 2º ano e 4 turmas de 3º ano. As

²⁹ - PLA: Participatory Learning and Action; PAR: Participatory Action Research; PAD: Participatory Action Development; PALM: Participatory Learning Methods; PRA: Participatory Rural Appraisal.

salas de aula comportam uma média de 30 a 40 alunos por turma, a exceção das turmas do anexo que possuem uma média de 20 a 30 alunos por sala.

No mesmo prédio funciona ainda, num sistema de cogestão, uma Escola de Ensino Fundamental, a Escola José Maia Filho que pertence ao município de Quixelô. Com relação aos ambientes a escola Gonzaga Mota conta ainda com uma sala de biblioteca e multimeios, sala de professores, quadra coberta, cozinha, 7 salas de aulas todas climatizadas e um pequeno laboratório multidisciplinar de Ciências, como podemos verificar nas imagens a seguir (figuras 11, 12 e 13):

Figura 22 - Vista aérea da Escola Gonzaga Mota



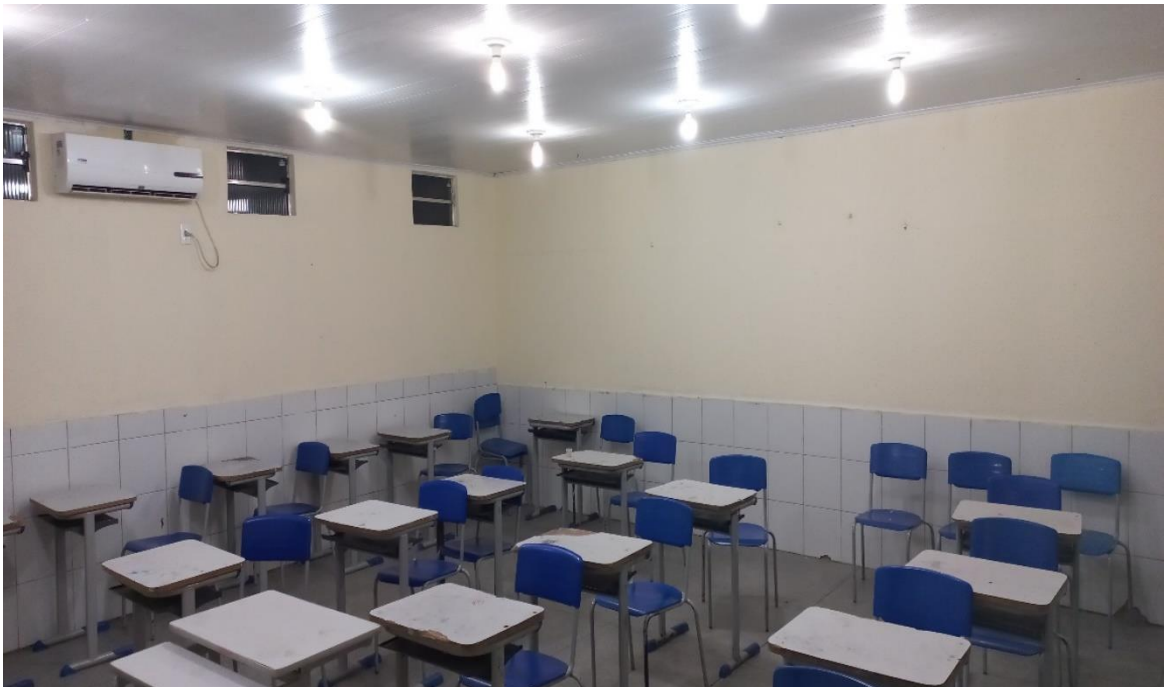
Fonte: o autor

Figura 23 - Vista da entrada



Fonte: o autor

Figura 24 - Vista interna da sala de aula



Fonte: o autor

Figura 25 - Vista corredor interno das salas de aula



Fonte: o autor

Figura 26 - Vista Layout da escola - pátio interno



Fonte: o autor

Figura 27 - Interior da Biblioteca e sala de multimeios



Fonte: o autor

A turma na qual foi proposta a sequência de ensino é a do 3º ano turno noturno composta de 22 alunos regularmente matriculados. A modalidade de ensino no período noturno é a regular presencial e a disciplina de Física possui 2h/aulas semanais. Devido a pandemia de coronavírus que se espalhou pelo mundo a partir de 2020, os alunos passaram cerca de 18 meses longe da escola, o que prejudicou enormemente o desenvolvimento dos mesmos. Ainda que o processo educacional não tenha parado, já que as aulas continuaram na forma remota EAD, houve graves problemas para a aprendizagem dos estudantes em todas as esferas da educação. No caso específico dos alunos que participaram deste trabalho, a maioria apresenta fortes dificuldades e déficit de conteúdo. Além disso, como a maior parte dos alunos residem na Zona rural do município ocorrem muitas faltas, pois os transportes dos alunos constantemente sofrem avaria no período chuvoso, o que justifica muitas vezes um mesmo aluno participar de uma etapa da sequência e não participar da outra

4.4 – UM OLHAR PARA O INSTRUMENTO

A caracterização inicial da turma foi feita por meio de um questionário. Escolhi esse instrumento para coleta de dados por apresentar alguns pontos positivos. Segundo Gray³⁰ (2012) os questionários são uma das técnicas mais usadas de coleta de dados primários, permitindo uma abordagem analítica explorando as relações entre as variáveis.

Com o objetivo de apresentar um bom instrumento, elaborei um questionário inicial onde pudesse coletar algumas informações preliminares. As perguntas iniciais objetivavam “pescar” informações como o sexo, o local de residência, hábitos de leitura, etc. Priorizei as perguntas fechadas pelo fato de serem mais fáceis de gerar tabulação e análise das respostas aferidas.

O questionário foi dividido em 3 partes (Apêndice A):

- na primeira parte, composta de 6 perguntas buscou-se coletar informações como sexo, local de residência, se possuía ou não internet em casa, se tinha hábitos de leitura e se possuía alguma crença religiosa;

- na segunda parte foi elencado uma série de assuntos científicos divididos em 6 temas:

- Astronomia;
- Geografia e Geologia;
- Química;
- Física;
- Biologia/Ecologia e Evolução;
- Matemática.

Dentro de cada um desses temas tinha os assuntos correspondentes, de forma tabelada, onde o aluno marcaria se o determinado assunto ligado a um dos temas referidos acima lhe despertava muito interesse, médio interesse, pouco interesse ou nenhum interesse. O objetivo dessa parte era verificar os assuntos nos quais os estudantes tivessem mais interesse em aprender. Essa parte do questionário foi adaptado de uma pesquisa realizada inicialmente na Noruega e que depois foi aplicada em alguns países, inclusive o Brasil e ficou conhecida como PROJETO ROSE³¹.

- na terceira parte do questionário tinha como objetivo coletar algumas informações que os alunos possuíam sobre o formato da Terra, astrologia, conhecimento científico,

³⁰ - GRAY, David E. *Pesquisa no mundo Real*. 2 Ed. Porto Alegre: Penso, 2012

³¹ ROSE – *The Relevance of Science Education*. Foi um instrumento internacional que permitia avaliar os interesses e as posturas dos jovens estudantes frente as ciências e tecnologias. Para mais informações consulte a tese do professor Luís Caldeira B. de Tolentino Neto nas referências bibliográficas.

viagem a lua, religiosidade, etc. O objetivo dessa parte era verificar o conhecimento prévio que os estudantes possuíam em relação a Ciência ou mais especificamente a Astronomia.

O questionário foi apresentado aos estudantes como parte da primeira etapa da sequência de ensino (que será detalhada no próximo tópico) proposta por esse trabalho.

4.5 – A SEQUÊNCIA DE ENSINO

Como já fora expressado anteriormente este trabalho de dissertação tem muito da minha experiência docente no Ensino Médio. Especificamente a pesquisa aqui esboçada é de caráter qualitativa e seguiu mediante uma sequência de ensino criada a partir de uma estratégia proposta pelo por Silveira (1992) da UFRGS centrada nas ideias de Lakatos e aplicada numa turma do Ensino Médio da escola estadual no município de Quixelô, do seguinte modo: foram necessários 8 encontros(semanas) totalizando 16h/aulas. Durante esse período os alunos fizeram atividades e participaram de situações que exigiram reflexão, discussão e estudo sobre os temas abordados. Obviamente que, caso o professor disponha de uma menor quantidade de hora/aulas por semana, a sequência poderá ter o número de etapas reduzidas, eliminando-se alguns pontos.

Convém destacar que, por meio de uma consulta informal, os alunos relataram que nunca estudaram qualquer assunto relacionado a Astronomia ao longo de toda a vida escolar de modo que a sequência de ensino logo mais detalhada foi criada levando-se em conta esse dado importante. Objetivamente a sequência de ensino proposta compreendeu os seguintes passos:

1ª etapa: apresentação do projeto, teste de sondagem – 1h/aula

Nessa primeira etapa foi repassado sinteticamente aos alunos a proposta de trabalho e os objetivos definidos. Foi discutida os pontos principais de cada etapa. Em seguida foi realizada uma consulta sobre o tema central, por meio de um questionário simples que buscou avaliar o conhecimento prévio que os alunos possuem sobre os seguintes tópicos:

- A esfericidade da Terra;
- As concepções científicas x concepções não-científicas;
- A influências dos astros sobre nós seres humanos.

Também foi avaliado no questionário o nível de interesse dos alunos com relação aos assuntos referentes a Astronomia e outros temas científicos. De início os alunos se mostraram curiosos mas prontamente aceitaram, sem questionamentos responder as perguntas. Um detalhe que me chamou a atenção é o fato deles apresentarem certa resistência em serem fotografados. De início tentei argumentar da necessidade do registro fotográfico mas diante da negativa deles resolvi, a contragosto, aceitar a posição deles.

2ª etapa: Apresentação das concepções científicas – 5h/aulas

Esta segunda etapa foi abordada, por meio de slides, a visão científica e foi dividida em 3 pontos cada ponto abordando um assunto específico. Os pontos abordados foram os seguintes:

1º ponto - Visão geral do Universo e do nosso Sistema Solar que será apresentada, por meio de slides com fotos e vídeos, as explicações científicas sobre a composição do Universo das Galáxias e do nosso Sistema Solar, detalhando inclusive os aspectos importantes do Sol e de cada planeta.

2º ponto – Aqui será abordado um pouco da Etnoastronomia e da Arqueoastronomia no que tange desde as primeiras manifestações na história humana sobre astronomia nos diferentes povos inclusive a visão indígena sulamericana.

3º ponto – A Evolução Histórica da Astronomia científica desde o pensamento grego, o geocentrismo aristotélico e ptolomaico, Eratóstenes e a esfericidade da Terra. O heliocentrismo de Aristarco e Copérnico. As contribuições de Galileu, Kepler, Newton e Einstein á cosmologia.

Nessa etapa também foi enfatizado as falhas e inconsistências lógicas das concepções alternativas em explicar alguns fenômenos.

Os conteúdos foram repassados por meio de slides contendo muitas informações e imagens retiradas do Telescópio espacial Hubble e outras fornecidas pelas inúmeras missões exploratórias enviadas ao espaço. Também constam nos slides muitas imagens para que os alunos possam associar os conteúdos explicados com mais facilidade (veja as figuras 19, 20 e 21)

Figura 28 - slide visão geral do Universo

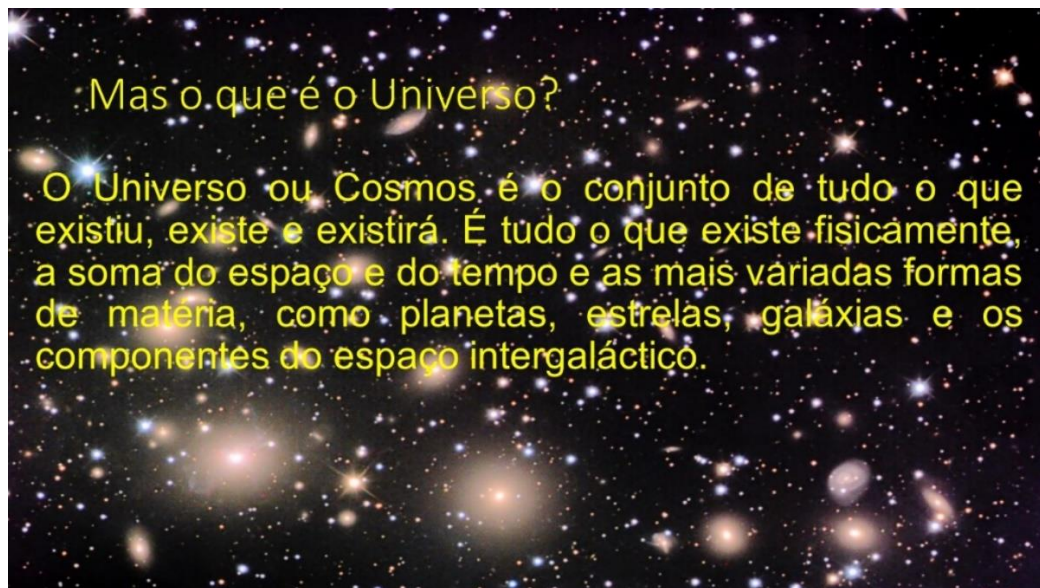
Galáxias

- É o conjunto de estrelas, planetas, asteroides e cometas unidos pela gravidade.



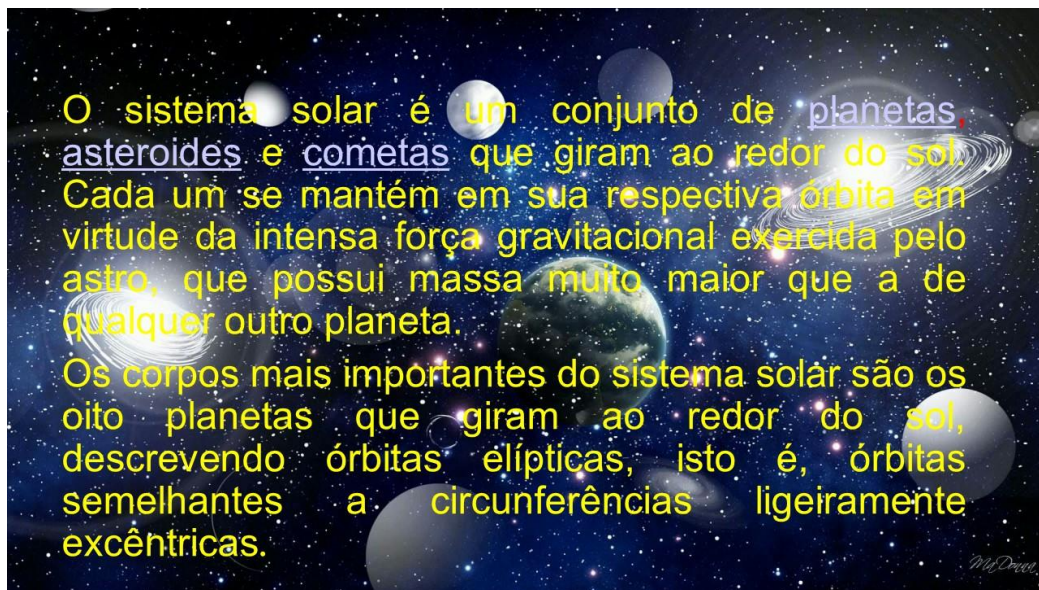
Fonte: autoria própria

Figura 29 – Slide visão geral do Universo



Fonte: autoria própria

Figura 30 - O nosso sistema solar



Fonte: autoria própria

Figura 3111 - Os Planetas do Sistema Solar



Fonte: autoria própria

Pela quantidade considerável de informações o primeiro ponto costuma despertar muita curiosidade por parte dos alunos podendo, inclusive, gerar debates e questionamentos que precisaram ser intermediados pelo professor. No caso específico da turma trabalhada, surgiram questionamentos como:

- "O que tem no meio da galáxia?"

- “Como os cientistas sabem que são assim?”
- “existem outras estrelas além do Sol?”
- “existem outros planetas no Universo?”

Por chamar mais atenção dos estudantes é interessante iniciar a sequência com o tópico que dê aos alunos uma visão geral do Universo.

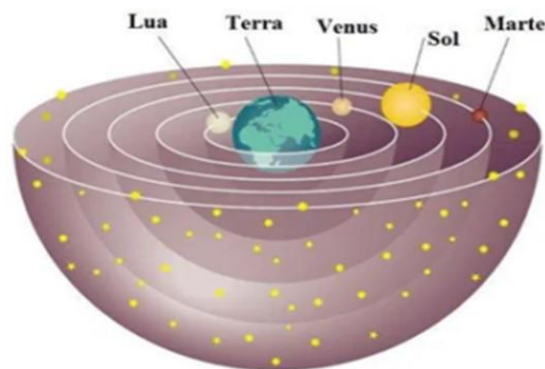
O segundo ponto foi necessário para mostrar aos estudantes que a curiosidade sobre o Universo é antiga e permeou a cabeça de diversos povos antigos nas mais diversas regiões do nosso planeta e que estiveram presente nas culturas e religiões desses povos (Figuras 23 e 24).

O terceiro ponto faz uma interligação entre a Física, a Astronomia e a História muito importantes para mostrar aos alunos que a ciência não está isolada e que na maioria das vezes é influenciada e também influencia a conjuntura histórica e social de sua época (figuras 25, 26 e 27).

Figura 32 - Slide A evolução histórica da Astronomia

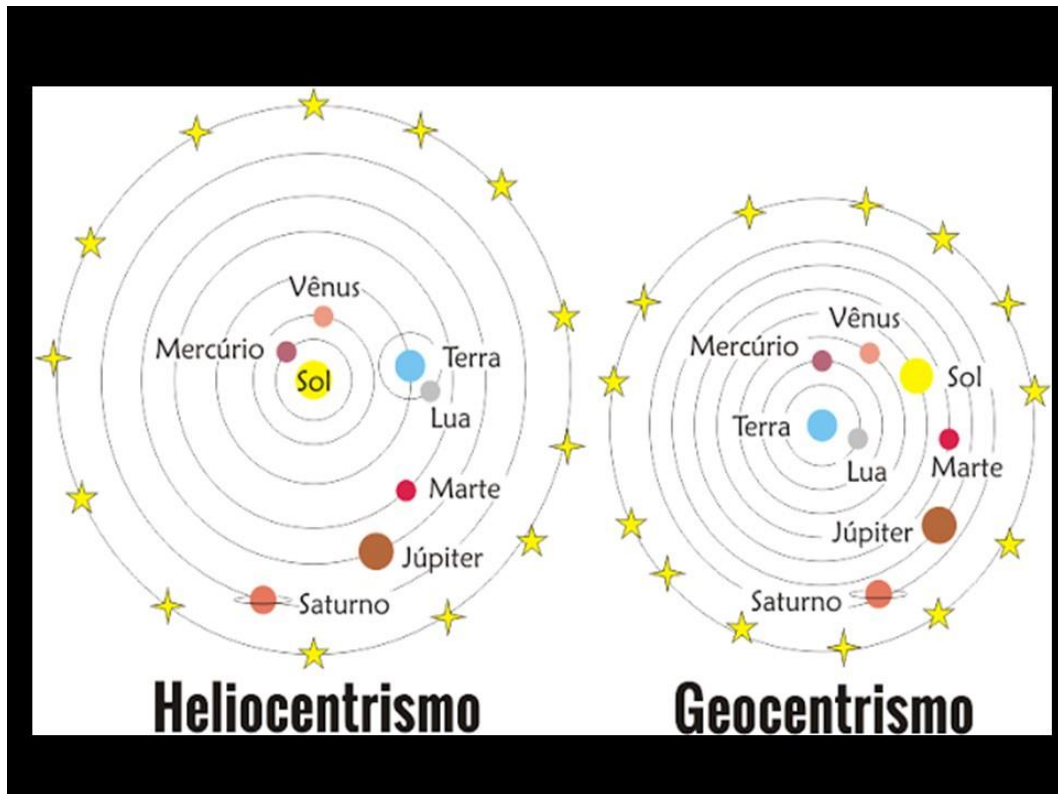
Geocentrismo

É a idéia segundo a qual a Terra era o centro do Universo e o Sol e os demais planetas giram ao redor dela.



Fonte: autoria própria

Figura 33 - Comparação geocentrismo x heliocentrismo



Fonte: autoria própria

Figura 34 - slide Visão einsteniana do Universo

Uma nova visão da gravidade

Gravidade não é uma força

É um conjunto de ações e comportamentos observados.

Newton - força que se propaga instantaneamente

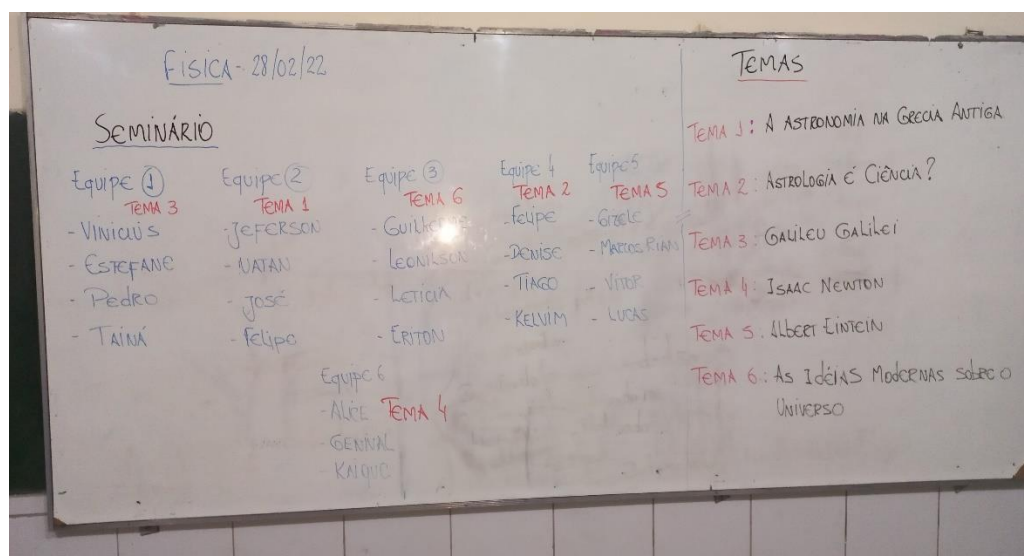
Einstein – massas seguem a curvatura do espaço tempo

A ilustração mostra uma massa grande e brilhante (representando o Sol) deformando a malha do espaço-tempo ao seu redor. Uma massa menor (representando a Terra) segue uma trajetória curva ao redor da massa maior, demonstrando como a gravidade é percebida como movimento em um campo curvado.

3ª etapa: Divisão dos temas e apresentação de um seminário feito pelos próprios alunos – 3h/aula

Nessa etapa foi estabelecido que os alunos seriam divididos em equipes de 3 ou 4 integrantes e cada equipe apresentaria um dos tópicos já pré-estabelecidos pelo professor (figura 28)

Figura 35 - Divisão das equipes do Seminário



Fonte: autoria própria

De comum acordo os alunos aceitaram que o professor expusesse os temas para que as equipes escolhessem ou que fosse realizado por sorteio. O objetivo do seminário foi propiciar ao aluno a possibilidade que ele pesquise e exponha seu pensamento sobre um determinado assunto.

Os assuntos propostos foram divididos aos estudantes foram os seguintes:

- Equipe 1 = Johannes Kepler e Galileu Galilei
- Equipe 2 = A Astronomia na Grécia antiga
- Equipe 3 = Eratóstenes e a prova da esfericidade da Terra
- Equipe 4 = Astrologia é Ciência?
- Equipe 5 = Albert Einstein
- Equipe 6 = Isaac Newton

Após os temas serem sorteados entre as equipes, os alunos tiveram uma semana para realizar a pesquisa. Na data combinada as apresentações seguiram normalmente onde os alunos utilizaram Data show, pincel, quadro branco ou qualquer outro material que a equipe queira utilizar livremente. O tempo das apresentações foi cronometrado em no

máximo 10 minutos para cada equipe e em seguida a equipe teve mais 5 minutos para responder algum questionamento do professor ou de qualquer outro aluno da classe, ou então o professor poderia usar o tempo de modo a esclarecer para os demais alguns pontos abordados pela equipe.

Nessa etapa foram necessárias 1 aula para a divisão das equipes e mais 2 aulas para as apresentações. Dependendo do número de alunos na turma a equipe poderá ter mais integrantes, ou o tempo das apresentações de cada uma poderá ser diminuído (Figura 29 e 30)

Figura 36 - Apresentação das equipes



Figura 37 - Apresentação das equipes



4ª etapa: exibição e discussão de um filme – 3h/aulas

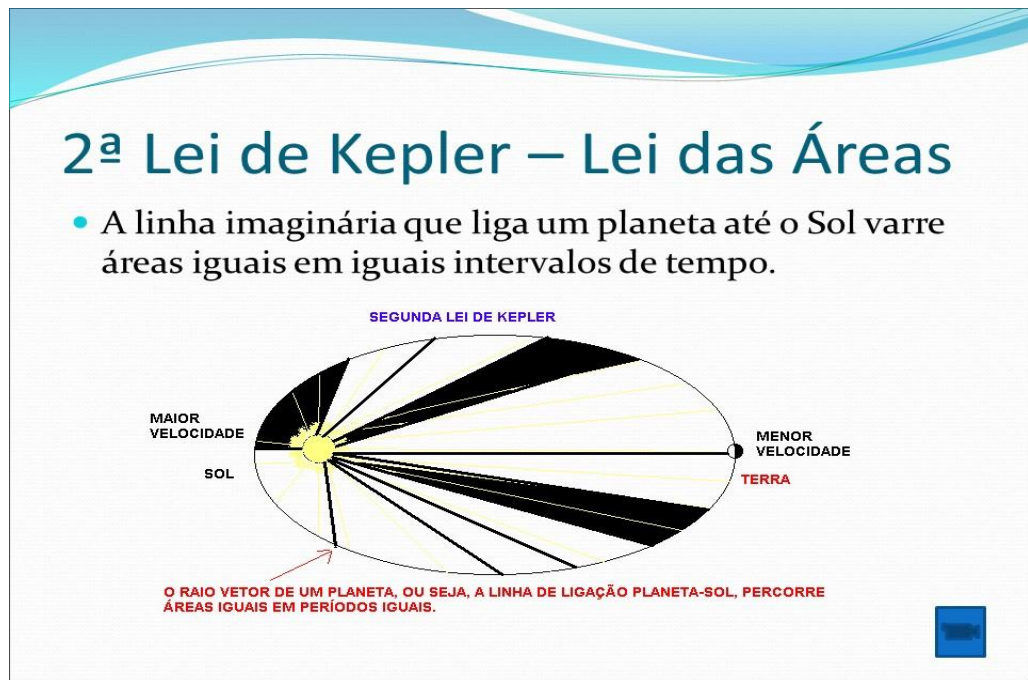
O filme GRAVIDADE conta a história de um grupo de Astronautas que vão ao espaço, em órbita da Terra com o objetivo de concertar um Telescópio Hubble, mas no espaço enfrentam desafios quase inimagináveis para concluir a tarefa e retornar com segurança para o lar. O filme será exibido em 2h/aulas e na aula seguinte foi pedido aos alunos que respondam algumas questões sobre suas impressões a respeito dos diversos assuntos abordados na obra (Apêndice B). As respostas podem ou não serem socializadas pelo professor junto com os demais alunos. A escolha desse filme justifica-se principalmente porque, além de trabalhar uma visão cientificamente mais correta, os 90 minutos de duração cabem muito bem em 2 aulas. Sem esquecer que antes da projeção é de bom grado que o professor possa passar aos alunos o tema principal do filme e no final pode ser levantado algumas questões para que os alunos respondam livremente como por exemplo:

- Como os astronautas se comunicavam uns com os outros e com a equipe na Terra?
- Qual o formato da Terra vista do espaço?
- Porque os objetos “queimam” quando entram na atmosfera terrestre?
- Porque é tão difícil explorar o espaço? Quais implicações para os seres humanos na longa permanência no espaço?

5ª etapa: Explicação sobre as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação de Newton – 4h/aulas

Nesta etapa que levou basicamente 4 aulas foi explicado aos alunos as 3 Leis de Kepler, com uma abordagem matemática da segunda e terceira leis, bem como exemplos de sua aplicação. Também foi falado sobre a Lei da Gravitação de Newton a explicação newtoniana para a gravidade.

Figura 38 - slide sobre as leis de Kepler



Fonte: autoria própria

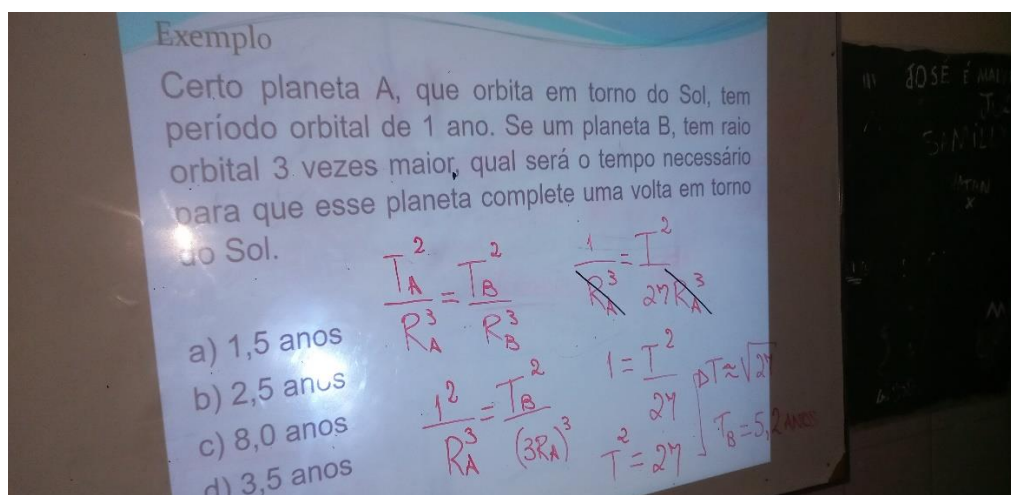
Figura 39 - aula sobre as Leis de Newton



Fonte: autoria própria

Nessa etapa são necessárias 4 aulas pois são precisos 2 aulas para expor o conteúdo e mais 2 aulas para se trabalhar com os alunos, exercícios que possam fixar o conteúdo e também para que os estudantes aprendam a manipular as equações matemáticas aqui envolvidas (figura 33).

Figura 40 - resolução de exercícios sobre as Leis de Newton



Fonte: autoria própria

Claro que os alunos que tenham dificuldades com a Matemática vão apresentar desmotivação nesta etapa, por isso é importante o professor não abusar de exercícios complexos e priorizar questões que o aluno possa ganhar confiança em resolvê-los individualmente, podendo se quiser, trabalhar somente questões em que se exige apenas a aplicação das fórmulas. O objetivo aqui é fazer com que o estudante entenda os conceitos básicos. Pode-se também, a fim de proporcionar uma melhor fixação do conteúdo, oferecer aos alunos, outros meios para que eles possam pesquisar e estudar como canais do Youtube, sites, páginas de redes sociais, etc. Caso queira, o professor pode optar ainda em trabalhar apenas os aspectos conceituais das leis de Kepler, deixando a matemática para a Lei da Gravitação newtoniana, vai depender muito do nível da turma a ser trabalhada. O professor pode ainda trabalhar usando algum material impresso ou livro didático de Física que apresente o conteúdo. Eu pessoalmente, optei por trabalhar com o livro de Física do primeiro ano, inclusive com o novo Ensino Médio o professor vai ter mais liberdade para se trabalhar os materiais didáticos nas diferentes séries.

No caso específico da sala trabalhada para esta dissertação utilizei o conteúdo para a Avaliação Bimestral de Física proposta pela escola.

6ª etapa: Avaliação final – 1h/aula

Nessa derradeira etapa fez-se uma pequena avaliação das atividades realizadas e dos assuntos debatidos e estudados ao longo das semanas anteriores. Os alunos deram seus depoimentos respondendo a um questionário final, o qual chamei de

Questionário II (Apêndice C). Essa etapa poderia ser feita oralmente, mas priorizei aqui um outro questionário porque facilitou para fazer a comparação com as respostas obtidas no Questionário I e verificar os avanços que os alunos obtiveram ao fim da sequência.

Tabela 2 - QUADRO RESUMO COM A SEQUÊNCIA DAS ETAPAS

Etapa da Sequência	Data	Número de aulas	Atividades propostas
1 ^a	14/02	1	- Apresentação da proposta; - Questionário inicial.
2 ^a	14/02 21/02 28/02	4	- Visão geral do Universo e do nosso Sistema Solar; Arqueoastronomia e Etnoastronomia; as concepções cosmológicas de Ptolomeu, Copérnico, Kepler, Galileu, Newton e Einstein.
3 ^a	28/02 07/03	3	- Elaboração de um seminário sobre os temas trabalhados nas aulas anteriores.
4 ^a	14/03 21/03	3	- Exibição do filme GRAVIDADE discussão e produção de um texto.
5 ^a	21/03 28/03 e 04/04	4	- As 3 Leis de Kepler e a Lei da Gravitação de Newton.
6 ^a	04/04	1	- Avaliação final da sequência e das concepções dos alunos
TOTAL		16h/aulas	

5.0 – ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 – DADOS DO QUESTIONÁRIO I

O **Questionário I** foi apresentado no dia 14 de fevereiro, onde os 18 alunos presentes na aula responderam de forma individualizada as informações pedidas (Figura 19)

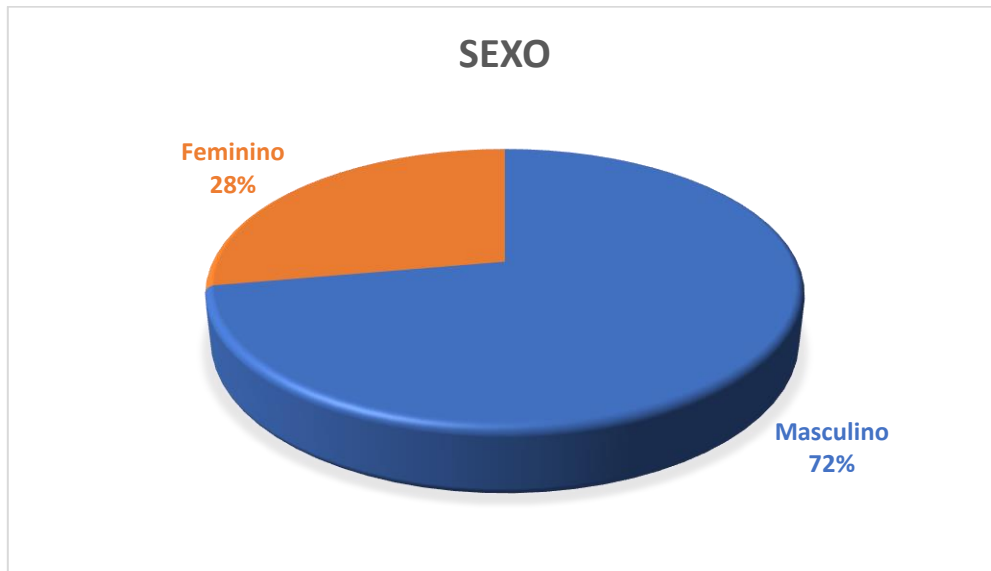
Figura 41 - Aplicação do Questionário I



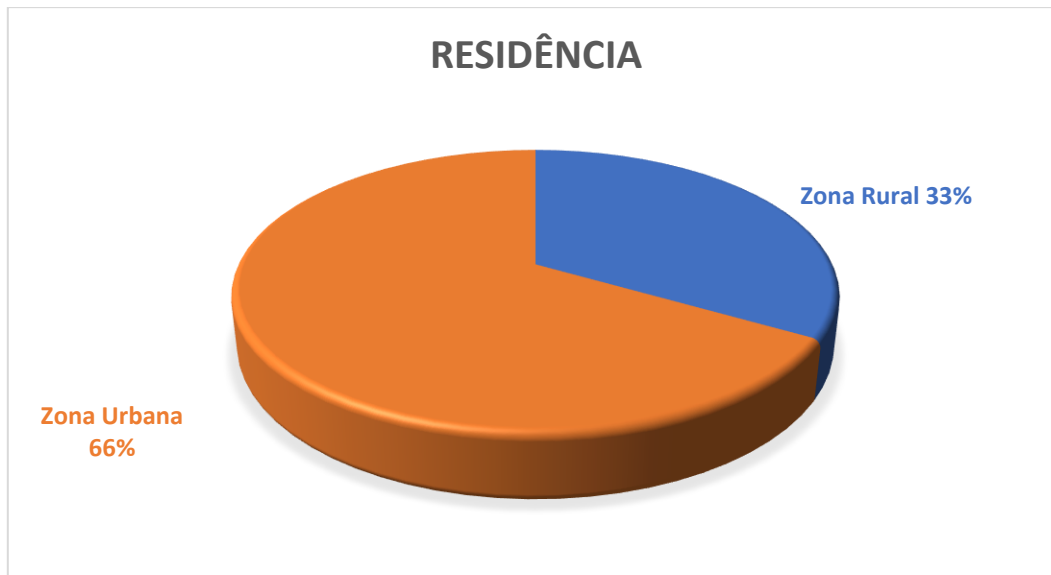
Fonte: autoria própria

Esse questionário, como já foi expresso anteriormente, foi dividido em 3 partes. De acordo com as respostas dos alunos obtive os seguintes dados referentes a primeira parte do questionário:

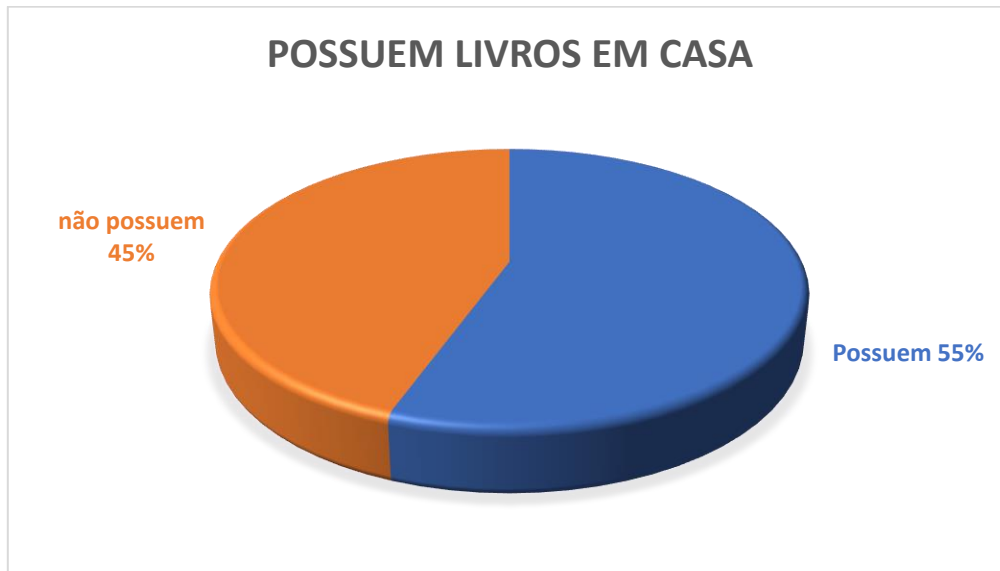
5 alunos se identificaram como sendo do sexo feminino e 13 alunos se identificaram como sendo do sexo masculino.



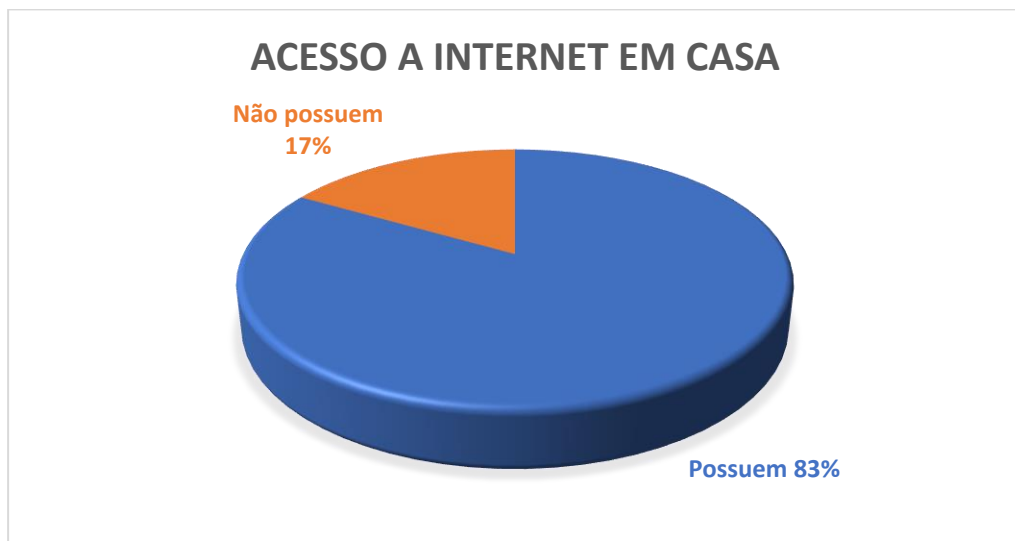
Com relação a localidade onde residem, 6 alunos responderam que residem na zona urbana e 12 afirmaram que residem na zona rural



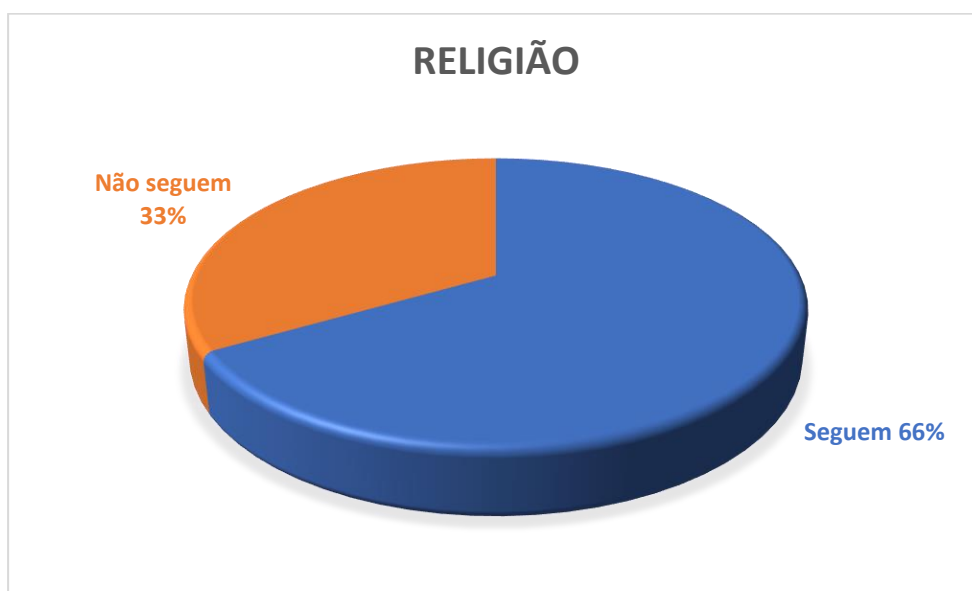
Quanto aos hábitos de leitura, 10 alunos afirmaram que em casa não possuem livros fora os didáticos da escola e 8 afirmaram que possuem outros livros em casa.



3 alunos afirmaram que não possuem internet em casa e 15 alunos afirmaram que possuem internet em casa



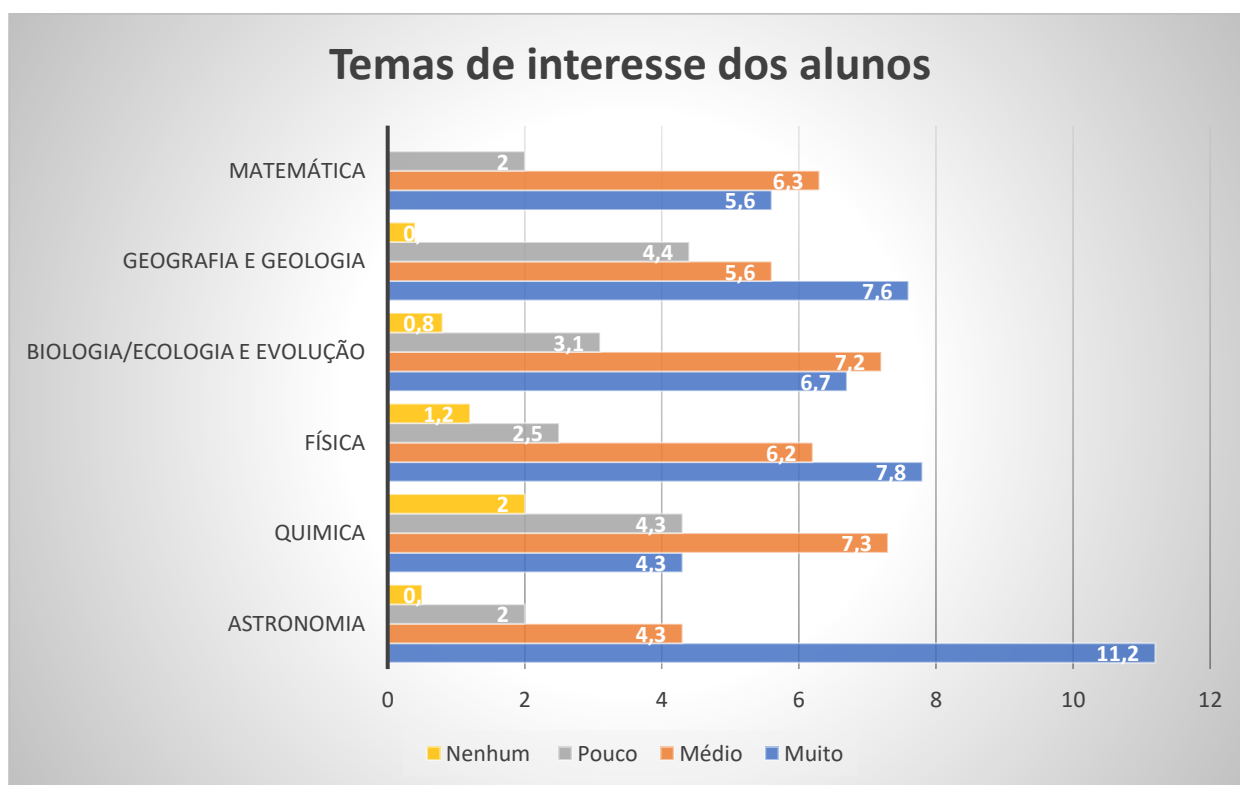
6 alunos responderam que não tem crença religiosa ou não seguem nenhuma e 12 responderam que possuem alguma crença religiosa.



A segunda parte do **Questionário I** abordou os temas científicos de interesse dos estudantes. Como já explicado antes, foram relacionados 52 assuntos divididos entre 6 temas (Veja o anexo I).

Tabela 3 - Temas de interesse dos alunos

TEMAS	Muito interesse	Médio interesse	Pouco interesse	Nenhum interesse
Astronomia	11,2	4,3	2	0,5
Química	4,3	7,3	4,3	2
Geografia/Geologia	7,6	5,6	4,4	0,4
Biologia-Ecologia e Evolução	6,7	7,2	3,1	0,8
Física	7,8	6,2	2,5	1,2
Matemática	5,6	6,3	2	4



Os valores constantes no gráfico acima foram coletados somando-se o nível de interesse relativo ao tema e fazendo-se uma média. Na tabela a seguir temos como exemplo alguns temas da Física constantes no questionário, onde foram relacionados os seguintes assuntos e o nível de interesse dos estudantes:

Tabela 4 – Exemplo de alguns temas de interesse dos alunos

Temas	Nível de interesse dos alunos			
	Muito interesse	Médio interesse	Pouco interesse	Nenhum interesse
Átomos e partículas da matéria	4	6	6	2
Relâmpagos e raios	9	7	2	0
O que é a radiação e como nos afeta	5	11	1	1
Como funciona as bombas atômicas	7	5	4	2
Os efeitos do choque elétrico	9	7	2	0
É possível viajar no tempo?	12	2	2	2
Como os celulares enviam mensagens	9	6	1	2

Em seguida soma-se todos os resultados das colunas referentes aos interesses e calcula-se a média aritmética simples:

- Muito interesse: $4 + 9 + 5 + 7 + 9 + 12 + 9 = 55/7 = 7,8$ média de alunos com muito interesse nos assuntos relacionados a Física.

- Médio interesse: $6 + 7 + 11 + 5 + 7 + 2 + 6 = 6,2$

- Pouco interesse: $6 + 2 + 1 + 4 + 2 + 2 + 1 = 2,5$

- Nenhum interesse: $2 + 0 + 1 + 2 + 0 + 2 + 2 = 1,2$

E assim foi feito com os demais temas constantes no gráfico. Podemos refletir sobre esses números percebendo que os assuntos relacionados a Astronomia despertam muito interesse na maioria dos alunos avaliados. A título de exemplo, o tema "a existência de vida fora da Terra" desperta muito interesse de 83% dos alunos avaliados.

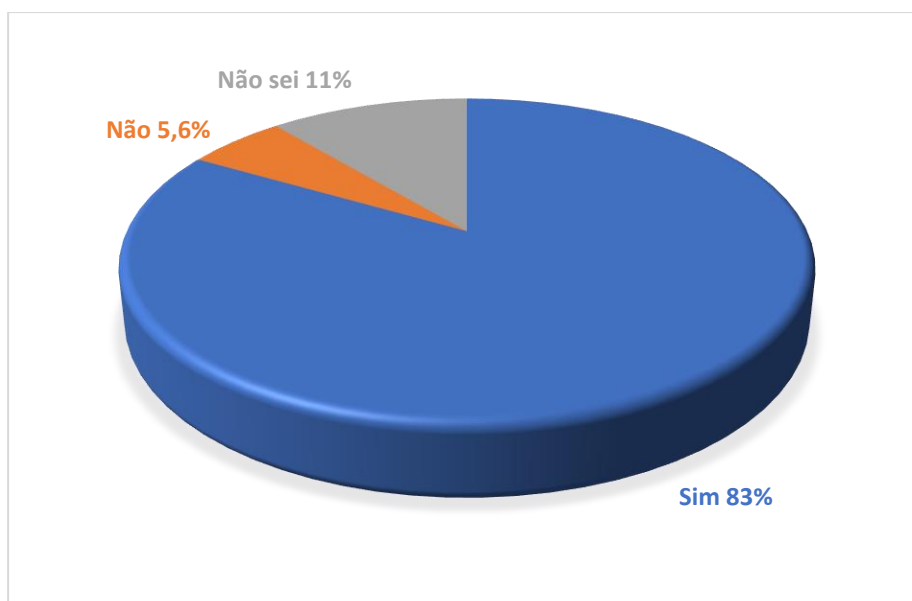
Continuando a análise do **Questionário I** (que consta no Anexo I) a terceira parte avaliou o conhecimento dos alunos relacionados a diversos temas. Vejamos os resultados encontrados:

- Sobre a crença em Deus(religião) e na Ciência o que você acha:



Sobre ser possível estudar ciência e ter uma religião 94% dos alunos avaliados afirmaram que não veem problema nisso, ou seja, eles não veem empecilho ter uma crença ou crer em Deus e estudar Ciência.

- *Você acredita que algum dia o homem visitou a Lua?*



Esse percentual de quase 17% que não acreditam que o homem já pisou na Lua encontra eco na sociedade pois uma parte da população.

- *Pra você como pode ter se originado o Universo e tudo o que é contido nele?*

Aqui nessa pergunta, podemos perceber uma diversidade de respostas, Como era de caráter aberta destaque algumas respostas dos alunos:

8 alunos deram explicações do tipo:

“Eu acredito nos estudos bíblicos e acho que Deus tomou conta de quase tudo...”

“Eu acredito no conceito religioso”.

“Acredito na criação divina”.

“Por uma existência superior”.

“Deus criou, por isso tudo faz sentido para mim”.

10 alunos não responderam ou deram outras explicações, tipo:

“São várias explicações que ao longo dos anos vem sendo estudadas”.

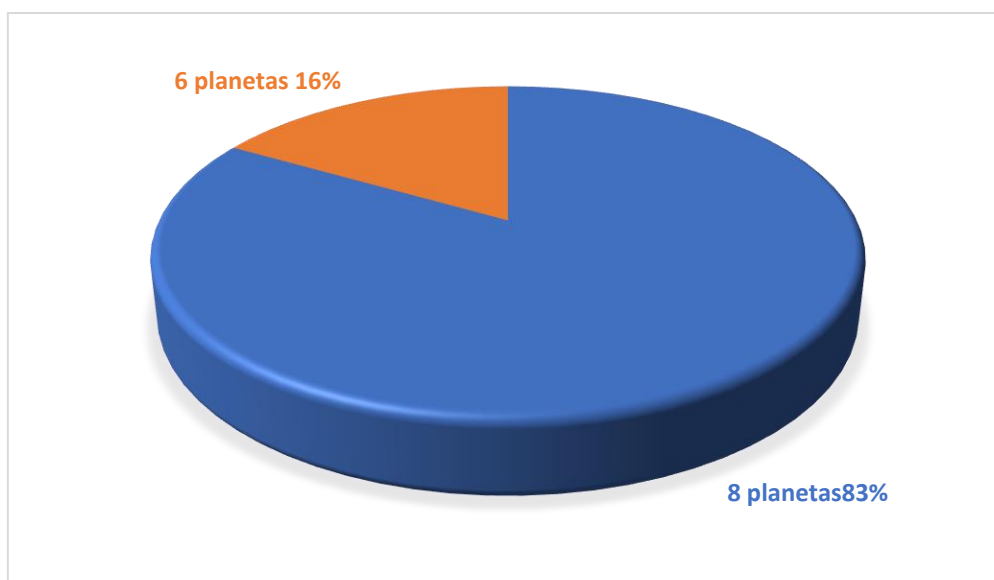
“originado por um asteroide”.

“originou-se com o surgimento das coisas”.

- *o nosso sistema solar é composto de quantos planetas ao redor do Sol ?*

15 alunos disseram 8

3 alunos deram outras respostas.

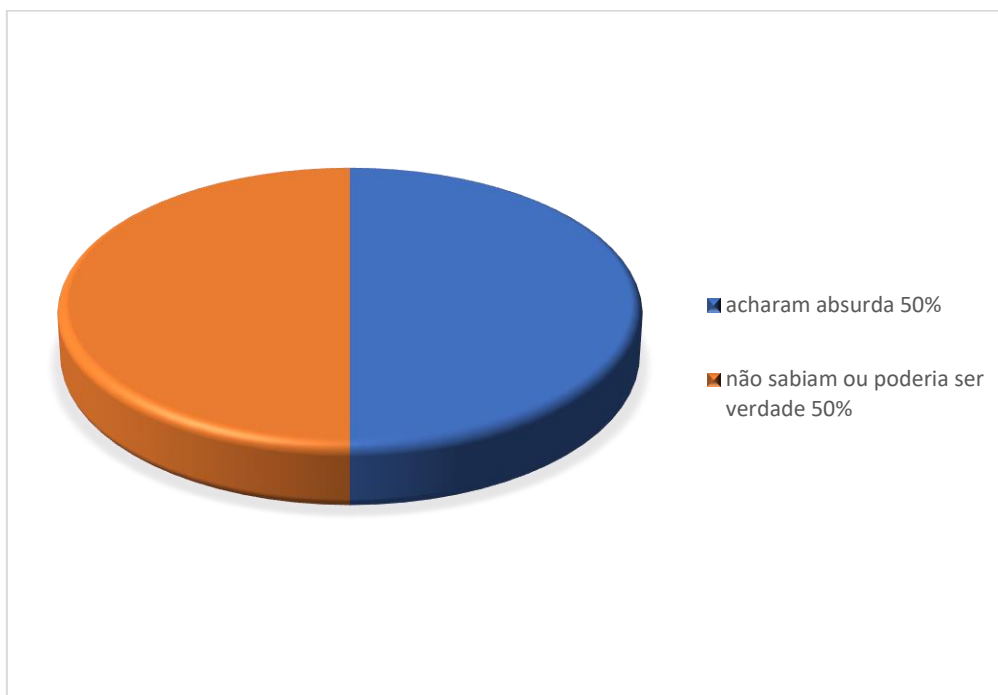


Devemos lembrar aqui que como os alunos afirmaram antes, eles nunca estudaram qualquer assunto relacionado a Astronomia, então não é de espantar se 17% dos alunos não soubessem quantos planetas possui o sistema solar.

- *O Terraplanismo é a ideia segundo a qual o planeta terra tem o formato achatado, plano, igual a uma pizza. O que você acha dessa ideia?*

9 alunos acharam absurda.

9 alunos responderam que nunca tinham ouvido falar nisso ou que poderia ser verdade a ideia.



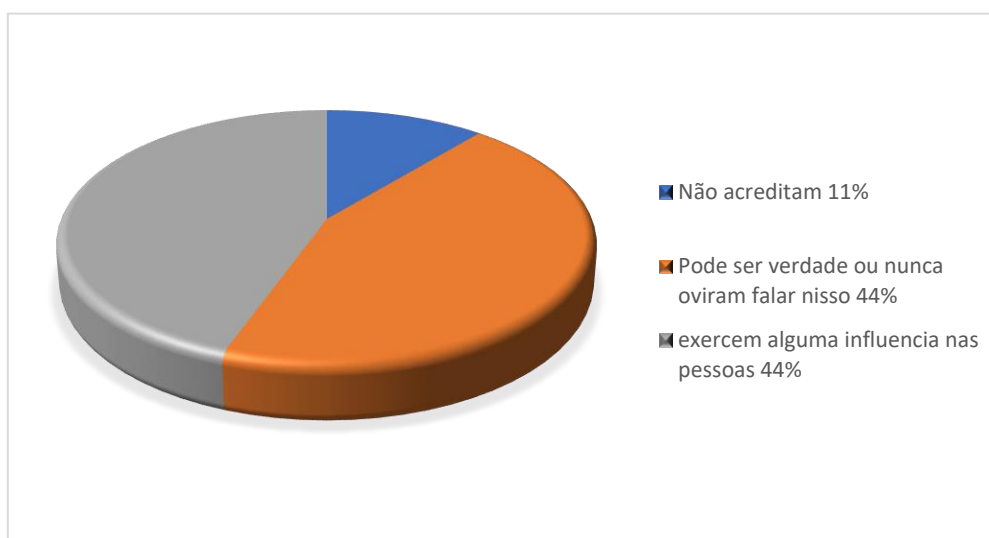
Aqui nessa pergunta quase a metade dos alunos não sabiam ou nunca tinham ouvido falar em Terraplanismo e dentre esses cerca de 4 acharam que poderia ser verdade a idéia.

A Astrologia é a ideia segundo a qual os planetas exercem alguma influência em nós e nos nossos destinos. O que você acha dessa ideia?

2 alunos disseram que não acreditam em Astrologia.

8 acharam que pode ser verdade ou nunca ouviram falar em Astrologia.

8 acham que os planetas exercem influência nas nossas vidas.



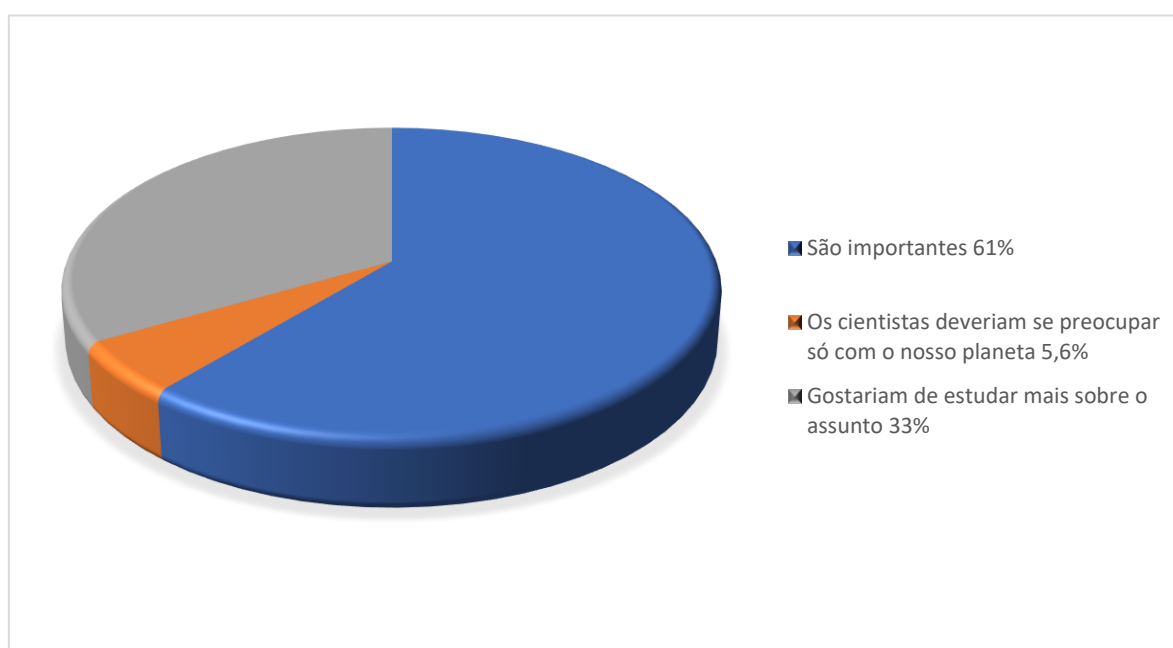
Pelas respostas a essa questão observa-se que a maioria dos alunos não conheciam muito sobre esse assunto.

- *Pra você os estudos sobre o Universo:*

11 alunos responderam que são importantes para compreendermos o nosso passado, presente e futuro.

1 aluno respondeu que os cientistas deveriam se preocupar mais com o nosso planeta.

6 alunos acham muito intrigantes e que gostariam de estudar mais sobre o assunto.



Nessa pergunta, pelas respostas fica evidente que mais de 90% dos alunos que responderam ao questionário I acham importante estudar sobre Astronomia e se mostram abertos a aprenderem mais sobre o assunto.

5.2 – DADOS QUESTIONÁRIO II

Passemos agora para expor os dados referentes ao questionário aplicado ao fim da sequência.

O **Questionário II** foi aplicado aos alunos após a conclusão dos trabalhos da sequência de ensino proposta, precisamente no dia 04 de abril foi respondido por 16 alunos que eram os que estavam presentes na aula (Figura 20).

Figura 12 - Aplicação do Questionário II

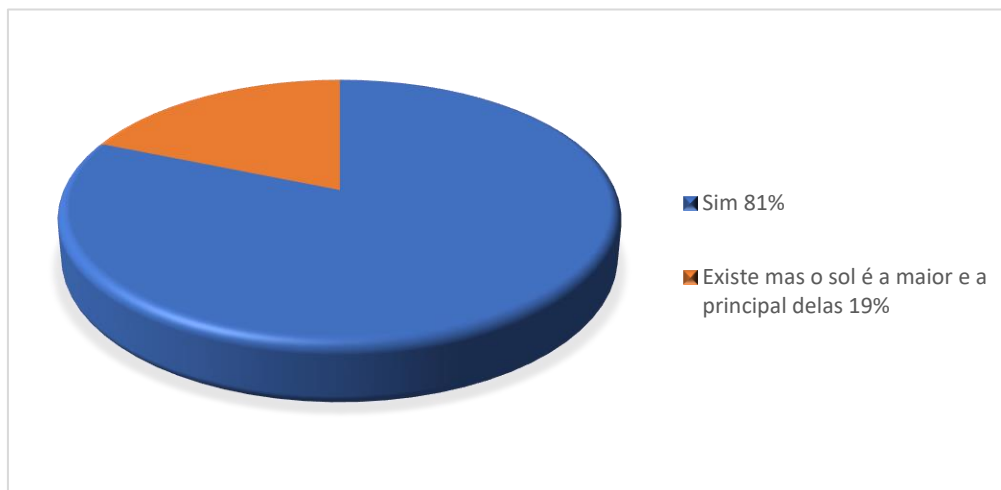


Fonte: autoria própria

Os alunos que estavam presentes tiveram total abertura para que pudessem responder o questionário da maneira mais sincera possível. Para isso tive o cuidado de pedir que eles não colocassem seus nomes no questionário o que poderia interferir nas respostas. Desse modo eles tiveram total liberdade para se expressarem.

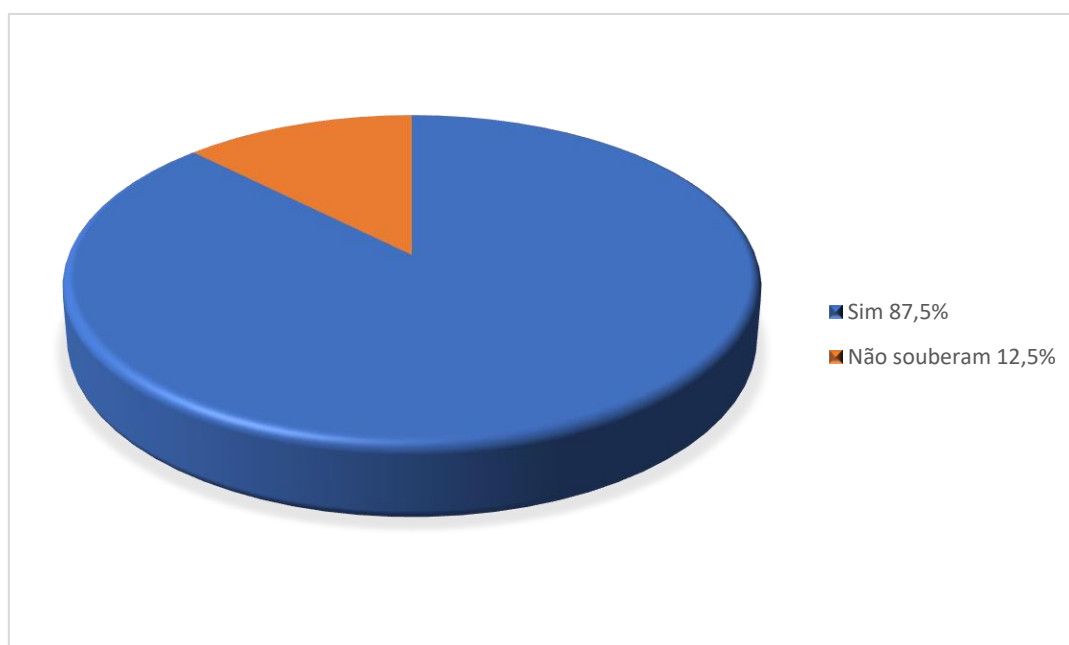
Com base nos dados coletados neste questionário obtive as seguintes respostas:

- *Pra você, além do Sol, existem outras estrelas no Universo?*



Apesar de o tema relacionado especificamente as Estrelas não ter sido abordado na sequência de ensino, a maioria dos alunos compreenderam a dimensão do Universo, na medida em que aceitaram a tese de que o Sol é apenas uma entre as “infinitas” estrelas existentes no cosmos.

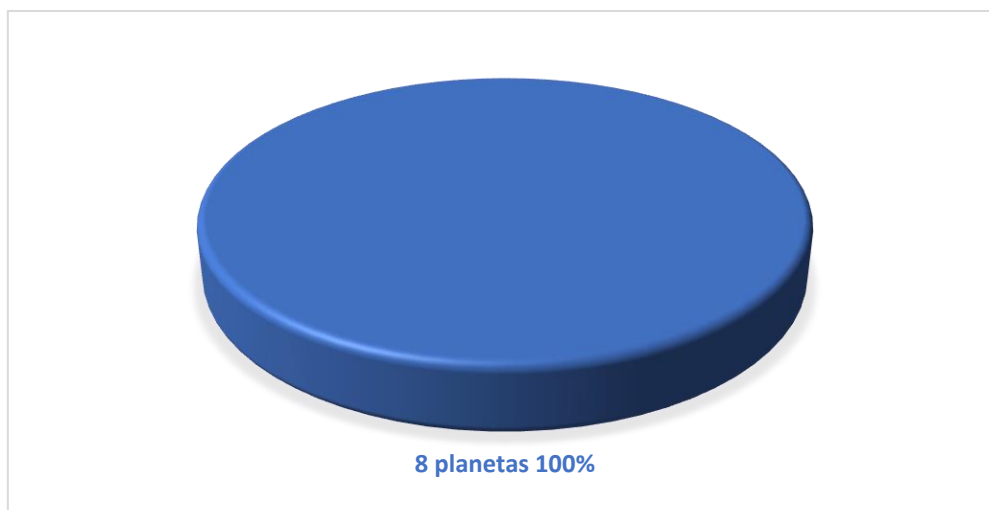
- *Você acredita que um dia o homem visitou a Lua?*



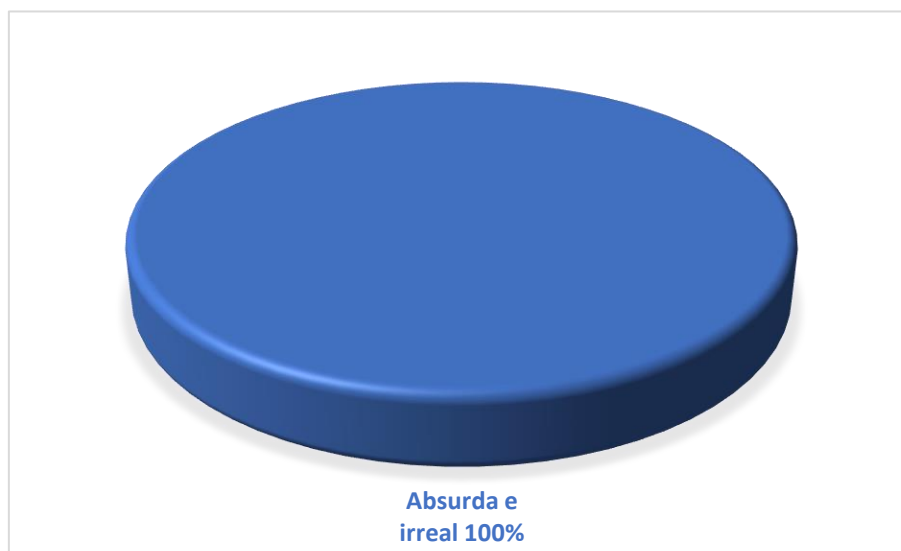
Aqui notamos outra mudança de pensamento dos alunos onde quase 88% dos que responderam o questionário aceitaram a idéia de que o homem foi a Lua. Lembrando que

alguns alunos que estiveram e responderam o questionário I não responderam ao questionário II e vice versa.

- *O nosso sistema solar é composto de quantos planetas ao redor do sol?*



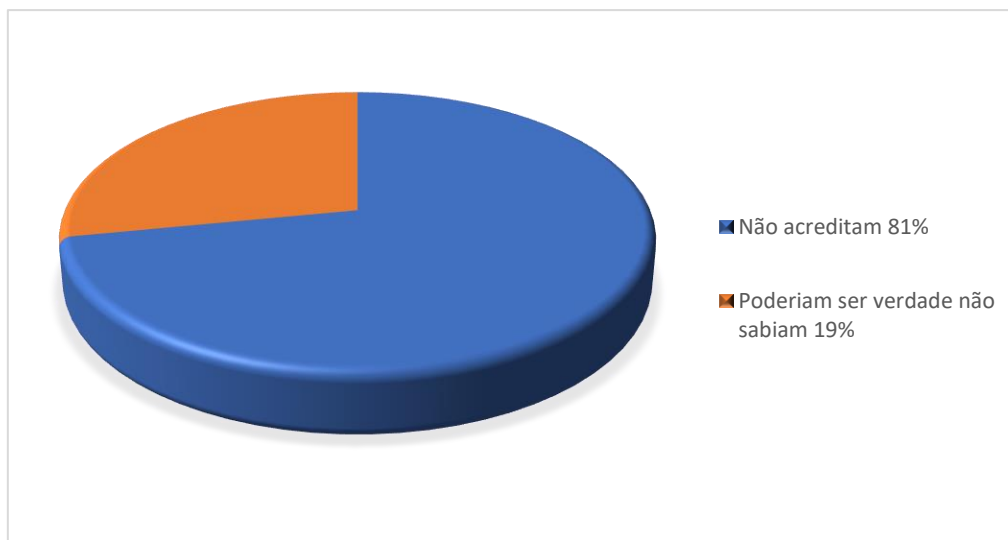
O que você acha da idéia do Terraplanismo?



Aqui também fica evidente nas respostas obtidas nessas duas perguntas uma mudança de pensamento dos alunos, visto que, antes da aplicação da sequência, haviam dúvidas nas cabeças dos alunos sobre o número de planetas do sistema solar e sobre a

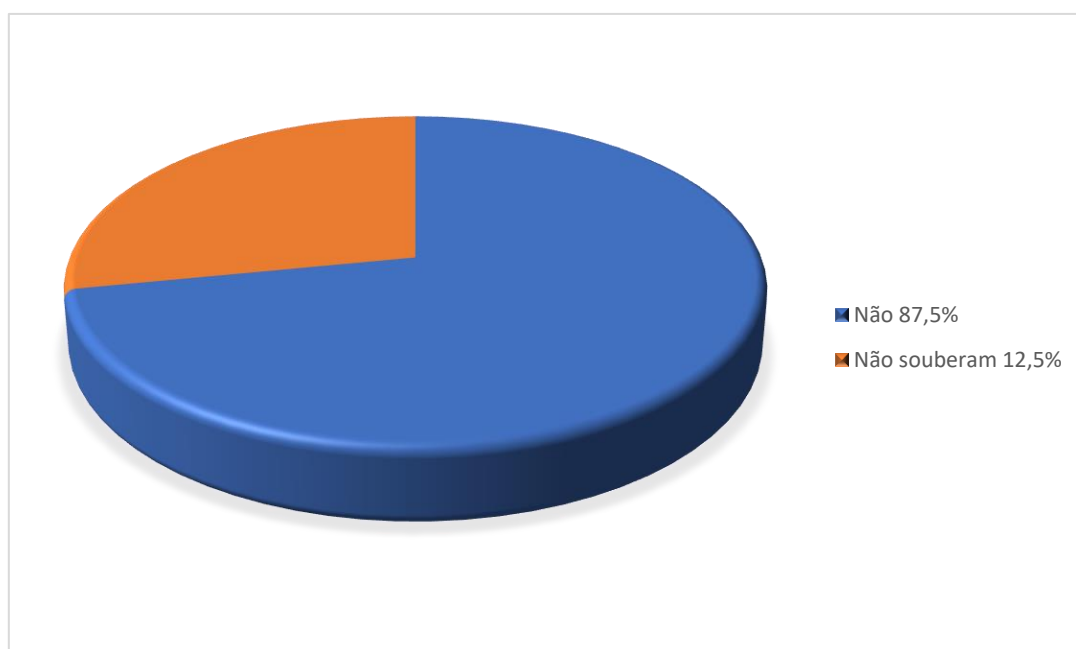
questão do Terraplanismo. As perguntas podem parecer óbvias e triviais mas para os alunos aqui presentes fizeram toda a diferença a aquisição dos novos conhecimentos.

- *A Astrologia é a ideia segundo a qual os planetas exercem alguma influência em nós e nos nossos destinos. O que você acha desse campo de estudo?*



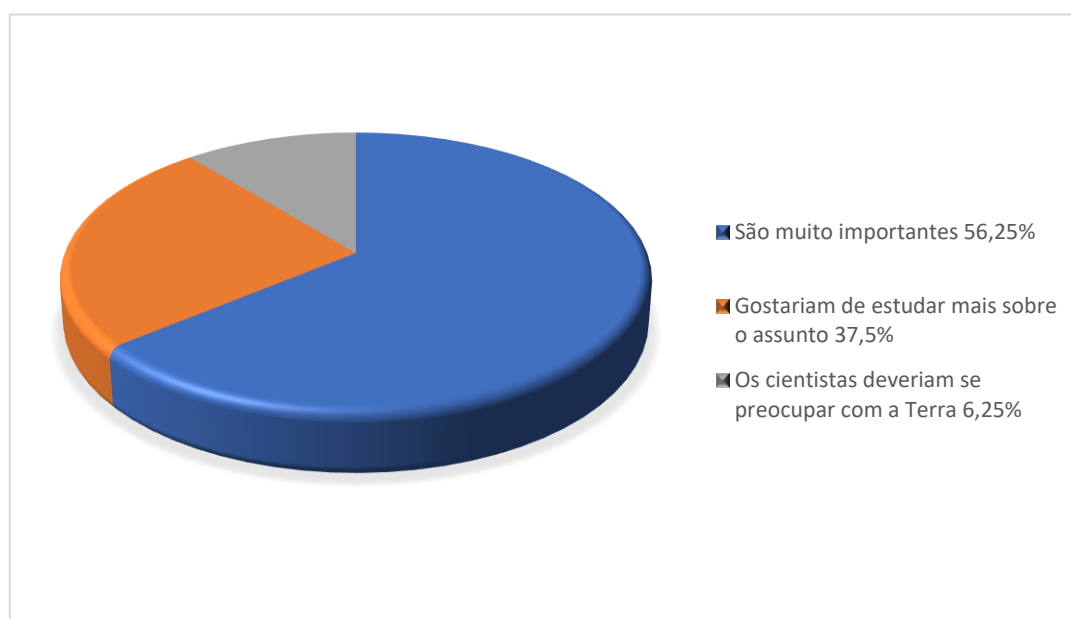
Aqui nessa pergunta fica evidente que os alunos agora já estavam sabendo do que se tratava a astrologia e 13 deles (cerca de 81%) afirmaram taxativamente que não acreditavam no tema.

- *Você acha que a astronomia e astrologia estudam as mesmas coisas?*



O resultado a essa pergunta pode passar a ideia errônea que alguns alunos vêm a astrologia como uma ciência o que não é verdade. Simplesmente a maioria ignora esse assunto por acharem-no irrelevante ou por desconhecem do que se trata.

Pra você os estudos sobre o Universo ...



Aqui nas respostas fica evidente que os temas trabalhados na sequência foram bem vistos pela maioria dos alunos.

- Você achou interessante a sequência de estudos que fizemos sobre o Universo?

Essa pergunta foi aberta de modo que o aluno poderia responder livremente com suas próprias palavras. As respostas dadas foram as seguintes

“Sim porque adoro o assunto”

“Sim pois é importante para entendermos o que existe fora do nosso planeta”.

“Sim porque é importante compreendermos o Universo”

“Sim e todo conhecimento é pouco”.

“Sim porque podemos explorar mais o Universo e aprender mais sobre ele”.

“Sim o conteúdo é muito bom.”

“Achei sim porque conhecemos sobre alguns planetas”

“Sim”

“Sim porque descobrimos algumas curiosidades sobre outros”.

“Sim porque deu para aprender algumas coisas sobre os planetas”

2 alunos não responderam.

1 aluno respondeu que não gostava do assunto

“Sim muito interessante”

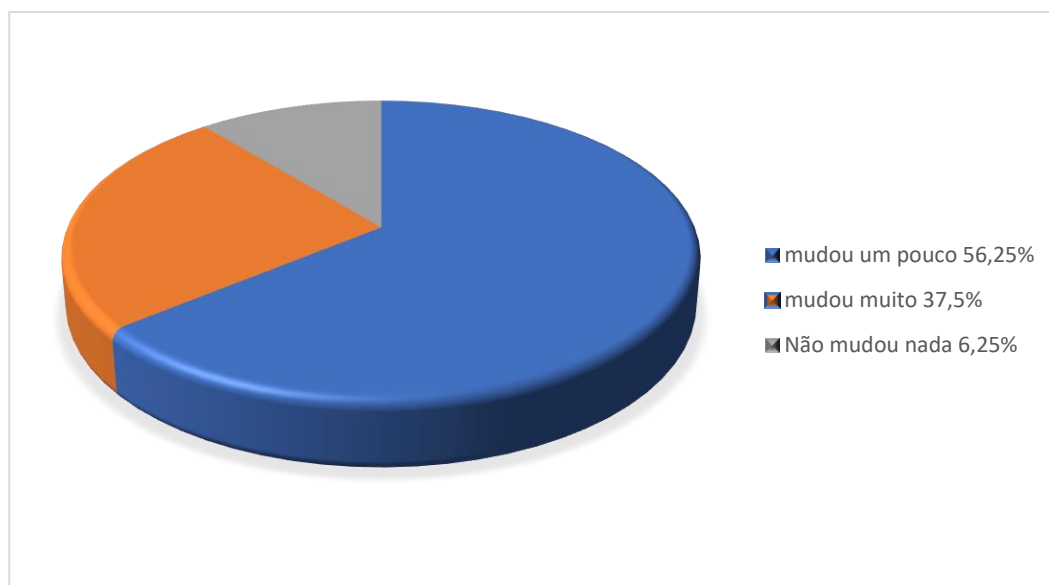
“Sim porque precisamos entender o que existe fora do planeta”.

- *Vc acha que a partir de agora a sua visão sobre o mundo e a Ciência mudou?*

1 aluno respondeu que não mudou nada.

9 alunos responderam que mudou um pouco

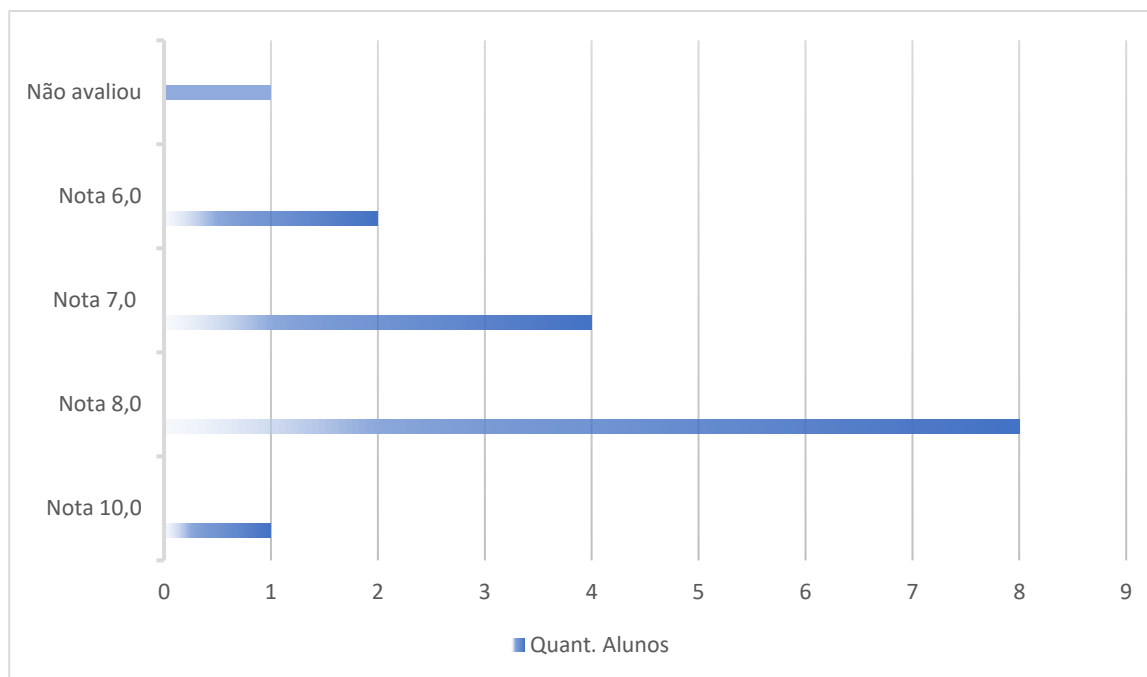
6 alunos responderam que mudou muito.



Aqui observamos que 15 alunos dentre os 16 que responderam o questionário no final da sequência afirmaram que tiveram em maior ou menor grau mudanças na forma de pensar sobre o universo em que vive.

- *Que nota de 0,0 a 10,0 você dá para os temas trabalhados e os estudos feitos em sala de aula?*

1 aluno avaliou com nota 10
8 alunos avaliaram com nota 8
4 alunos avaliaram com nota 7
2 alunos avaliaram com nota 6
1 aluno não avaliou.



Nessa derradeira pergunta observamos que 13 alunos (cerca de 81%) que responderam ao Questionário II avaliaram todo os trabalhos feitos na sequência didática com nota igual ou superior a 7,0 o que considero uma avaliação muito positiva e satisfatória.

6.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos verificamos grandes avanços no ensino de Física no Brasil. Os inúmeros trabalhos acadêmicos voltados para essa linha de pesquisa comprovam isso. No entanto as mudanças nas escolas ainda são lentas. O trabalho escrito visa humildemente contribuir para esses avanços nas discussões acerca do ensino de Física nas escolas de Ensino Médio. E a Astronomia, como um campo do saber que faz uso da Física para dar suporte as suas observações, ajuda na aproximação dos jovens com a Ciência. O meu interesse em introduzir esse assunto no Ensino Médio surgiu numa aula de Física quando explicava sobre as Leis de Kepler: alguns alunos começaram a levantar questões sobre a Astronomia. A partir daí percebi que esse assunto despertava interesse e resolvi buscar maneiras de como se trabalhar o tema com eles.

A intenção aqui foi elaborar uma proposta de conteúdos ligados a Astronomia que poderá ser trabalhado com alunos do Ensino Médio, fazendo além da abordagem física, também histórica sobre o assunto. O tema surgiu principalmente do interesse despertado nos estudantes de assuntos ligados a Astronomia bem como da dificuldade que os docentes de Física encontram em abordá-la nas suas aulas. A proposta está embasada e dentro do que determina a BNCC – BASE NACIONAL CURRICULAR COMUM, para a área de Ciências da Natureza.

Durante a aplicação da sequência de ensino a maioria dos alunos(as) se mostraram curiosos e abertos a aprender e discutir os assuntos, alguns deles com muitas dúvidas que procuraram sanar durante as aulas.

Os tópicos trabalhados são de fácil compreensão e buscam uma interdisciplinaridade com outras disciplinas além da Física como História, Geografia, Matemática e Filosofia. Também é bom destacar, como já foi expresso anteriormente, que a sequência foi elaborada para um regime de 2 horas-aulas semanal, mas poderá ser adaptada para uma realidade de carga horária menor ou maior. No caso do NOVO ENSINO MÉDIO³² onde a disciplina de Física possui 1h/aula semanal (realidade de todas as escolas públicas do país) na formação básica, a sequência poderá ser trabalhada nos itinerários formativos na disciplina eletiva de INICIAÇÃO A ASTRONOMIA, cabendo ao professor observar apenas se os alunos possuem a maturidade e o conhecimento matemático adequado para se

³² Na Escola de Ensino Médio Gonzaga Mota, onde foi aplicado a sequência de ensino aqui descrita, o novo EM começou a ser implantado em 2022 no turno diurno nas turmas do 1º ano.

trabalhar as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação de Newton. No caso das escolas públicas, recomenda-se que o professor escolha trabalhar com turmas do segundo ou terceiros anos.

Também é válido reforçar que a proposta foi aplicada com relativo êxito, mas que em nenhum momento se dispôs a ser infalível no tocante a aprendizagem dos alunos. Alguns estudantes podem perfeitamente apresentar dificuldades ao se trabalhar com a abordagem matemática da sequência e/ou resistência em aceitar determinados pontos o que é perfeitamente normal em se tratando de adolescentes que muitas vezes tem suas convicções fortemente arraigadas do ceio familiar ou dos dogmas religiosos. Mas de forma alguma isso é impeditivo para que o professor se desmotive.

Por fim é preciso esclarecer que a pandemia de COVID – 19 que assolou o mundo em 2020/2021 e que provocou o fechamento por quase 2 anos de todos os estabelecimentos de ensino do país deixou uma marca negativa na aprendizagem e no desenvolvimento cognitivo das crianças e jovens o que no caso específico da turma escolhida para essa dissertação, foi reforçado e que ficou evidente na dificuldade apresentada por alguns alunos ao se trabalhar as já mencionadas Leis de Kepler e a Lei da Gravitação de Newton. Outro fator que prejudicou alguns alunos foram os problemas decorrentes no transporte escolar que interferiram de alguma forma na assiduidade dos alunos que residem na zona rural. Felizmente, como pode ser visto nos dados apresentados pelo QUESTIONÁRIO II, esses reveses não prejudicaram na totalidade a sequência de trabalho proposta e nem a aprendizagem dos estudantes.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - AGUIAR, Bernardo França de. *Relatividade Geral*. Rio de Janeiro. 2018.
- 2 - AMARANTE, André. *História da Astronomia e uma introdução aos Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*. Relatório de Iniciação Científica. UNESP. 2008-2009.
- 3 - BNCC, BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>> Acessado em 15 de janeiro de 2022.
- 4 – BRETONES, Paulo Sergio (org.). *Jogos para o ensino de Astronomia*. Ed. Átomo, 2014, 2ª edição.
- 5 - CARVALHO, Hermano Ribeiro & NASCIMENTO, Lucas Albuquerque do. *Copérnico e a teoria heliocêntrica: contextualizando os fatos, apresentando as controvérsias e implicações para o ensino de Ciências*. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n. 27, p. 7-34, 2019.
- 6 - CHALMERS, Alan F. *O que é Ciência afinal?* Editora Brasiliense. 1993, p. 112
- 7 - COSTA, L. G; BARROS, M. A. O Ensino de Física no Brasil – problemas e desafios. EDUCERE – XII Congresso Nacional de Educação. Disponível em: [21042_8347.pdf](#) (bruc.com.br). Acesso em 20/01/2022.
- 8 - CULLETON, Alfredo. 17º Colóquio Anual Direito e Natureza na primeira e na segunda escolástica – Sociedade Internacional para Estudos da Filosofia Medieval. Revista do Instituto Humanitas Unisinos. Ed. 342, p.5. Disponível em: <<https://www.ihuonline.unisinos.br/media/pdf/IHUOnlineEdicao342.pdf>> Acessado em 18/07/22.
- 9 - DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. Disponível em : <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55640296> Acesso em 05/06/2022.
- 10 - DIAS, Claudio André C.M. & SANTA RITA, Josué R. Inserção da Astronomia como Disciplina Curricular do Ensino Médio. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA, n. 6, 2008.

11 - EBC – Empresa Brasileira de Comunicação. Qual é o tamanho do planeta Terra? Disponível em: < <https://memoria.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2015/11/qual-e-o-tamanho-do-planeta-terra> > Acessado em 18/07/22.

12 - FRÓES, André Luís Delvas. Astronomia. Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 3, 3504, 2014.

13 - GAZZINELLI, Ramayana. *Teoria da Relatividade Especial*. Ed. Edgard Blucher. 2005.

14 - HEATH, Thomas Little. Aristarco de Samos, o antigo Copérnico; uma história da Astronomia grega para Aristarco. Oxford, 1913, p. 302.

15 - IMBROISI, Margaret; MARTINS, Simone. A Escola de Atenas, Rafael Sanzio. História das Artes, 2022. Disponível em: <<http://www.historiadasartes.com/sala-dos-professores/a-escola-de-atenas-rafael-sanzio/>>. Acesso em 06 Jun 2022.

16 - IVIC, Ivan; Edgar Pereira Coelho(org.) Lev Semionovich Vygotsky. Coleção Educadores, Fundação Joaquim Nabuco, editora Massangana. Recife, 2010.

17 - KENNY, Anthony. Uma Nova História da Filosofia Ocidental. Volume I. Filosofia Antiga. Edições Loyola.2008. p. 29.

18 - LANGHI, Rodolfo & NARDI, Roberto. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. Revista Brasileira de ensino de Física, v. 3, 2009.

19 - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> > Acesso em: 05/06/2022.

20 - MORAES, Leandro Donizetti. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de Astronomia na Educação Básica com o uso do software ASTRO 3D**. 2016. Dissertação (Mestrado). Alfenas MG, 2016.

- 21 - MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem Significativa, a teoria e textos complementares*. Livraria da Física, 2012.
- 22 - MOREIRA, Marco Antônio. *O que é afinal a aprendizagem significativa?* UFRGS, 2012.
- 23 - NETO, Luís Caldeira B. de Tolentino. **Os interesses e posturas de jovens alunos frente as ciências: resultados do projeto ROSE aplicado no Brasil**. 2008. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. 2008.
- 24 - OLIVEIRA Filho, Kepler de Souza. «Astrometria». *IF - UFRGS*. 26 de março de 2018. astro.if.ufrgs.br/telesc/astrometria.htm.
- 25 - PERES, Maria Regina. *A formação docente e os desafios da prática reflexiva*. Revista do centro de Educação da UFSM.
- 26 - PILLING, Diana Paula Andrade & DIAS, Penha Maria Cardozo. *A hipótese heliocêntrica na antiguidade*. Rio de Janeiro, 2007. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 4, p. 613-623, (2007).
- 27 - PINTO, Tales dos Santos. "Santuário de Stonehenge"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/o-santuario-stonehenge.htm>. Acesso em 05 de junho de 2022.
- 28 - PRÄSS, Alberto Ricardo. *Teorias de Aprendizagem*. Scrinialibris.com, 2012.
- 29 - PROENÇA, C.A. *A História da Ciência*. Vol. II, Tomo I. p.113.
- 30 - RAMALHO Jr., Francisco; et. Al. *Os Fundamentos da Física*. 3ª ed. São Paulo. Editora Moderna. 1979, p.178.
- 31 - ROONEY, Anne. *A História da Astronomia*. M. Books do Brasil editora LTDA. 2018. São Paulo.

- 32 - RUIZA, M., Fernández, T. & TAMARO, E. (2004). Tag. Em Biografias e Vidas: A enciclopédia biográfica on-line. Barcelona (Espanha). Disponível em Biografia de Hiparco de Nicéia (biografiasyvidas.com) Acesso em 14 de julho de 2021.
- 33 - SARAIVA, K. de S.O.; OLIVEIRA, M. de F. **Astronomia e Astrofísica**. 4. ed, São Paulo: Livraria da Física, 2017.
- 34 - SILVA, Ana Paula P. do N. *A leitura de fontes antigas e a formação de um corpo interdisciplinar de conhecimentos: um exemplo a partir do Almagesto de Ptolomeu*. Natal, 2013.
- 35 - SILVA, Gil Alves. *De Tales a Ptolomeu: um breve panorama histórico dos principais sistemas cosmológicos gregos*. 2010. UFRJ.
- 36 - SILVA, Pedro Paulo S. O Ensino de Astronomia nas escolas públicas brasileiras de Educação Básica. 2019. Disponível em: <http://www.lajse.org/nov19/2019_22021_2.pdf. > Acesso em 18 de junho de 2022.
- 37 - SILVA, Wilker Solidade da. A Pesquisa qualitativa em Educação. Revista de Educação, Dourados, MS, n.3, v2, janeiro a junho de 2014, p. 110.
- 38 - SILVEIRA, Fernando Lang. Uma Epistemologia Racional – realista e o Ensino de Física. UFRGS. Porto Alegre. 1992.
- 39 - _____, Fernando Lang. A Metodologia dos Programas de Pesquisa: a Epistemologia de Imre Lakatos. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre. 1996.
- 40 - TRIPP, David. *Pesquisa-ação: uma introdução metodológica*. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.
- 41 - TROGELLO, Anderson Giovani. **Objetos de Aprendizagem: uma sequência didática para o Ensino de Astronomia**. Dissertação de Mestrado. Ponta Grossa, PR. 2013.
- 42 - ZANETTE, Marcos Suel. *A Pesquisa qualitativa no Brasil*. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 65, p. 149-166, jul./set. 2017.

43 - ZYLBERSTAJN, Arden. A Evolução das Concepções sobre Força e Movimento. 2009.UFSC.

APÊNDICE A - Questionário I

QUESTIONÁRIO I

As perguntas a seguir visam coletar algumas informações relevantes a respeito de você e o que você pensa e seus interesses no campo científico tanto na escola como no dia a dia. Portanto analise cada uma das perguntas e, na maioria dos casos, responda apenas com um "x".

Não se preocupe, não haverá identificação sua, e todas as respostas serão utilizadas única e exclusivamente para uma pesquisa de caráter acadêmico e educacional.

Muito Obrigado!

Sou: Homem () Mulher () Não quero responder ()

Tenho ____ anos

Moro: Na Zona Urbana () Na Zona Rural ()

Fora os didáticos de escola, possuo livros em casa: () Sim () Não

Tenho internet em casa? () Sim () Não

Dos temas relacionados a seguir mostre o seu nível de interesse em aprender, assinalando um "x" nos quadradinhos:

ASSUNTO	Muito interese	Médio interese	Pouco interese	Nenhum interese
As Estrelas, os planetas e o Universo				
As substancias químicas, venenos, compostos químicos				
O interior do planeta Terra				
As causas das doenças				
Os átomos e a partículas da matéria				
A origem do Universo				
As nuvens, os relâmpagos e os raios				
Como é feito o corpo humano e como é o seu funcionamento				
As pesquisas genéticas e clonagem				
As estrutura das plantas				
A classificação e os tipos de animais existentes no mundo				

A existência de vida fora da Terra				
Buracos negros e matéria escura				
Como os bebês crescem e se desenvolvem				
Qual a origem do homem				
De onde vem os meteoros e asteróides				
De que são feitos o Sol e as Estrelas do Universo				
Matemática e a história dos números				
Como os remédios agem no corpo humano				
O que é um vírus				
De que é feita a Lua				
A clonagem humana e dos animais				
Os dinossauros como viveram e porque desapareceram				
Viagens Espaciais para outros planetas				
O que é a radiação e como afeta o corpo humano				
O que são as Bactérias e como se organizam				
Ecologia e preservação do meio ambiente				
Operações matemáticas com números e letras				
Como calcular a área de um terreno ou casa				
O que ocorre quando uma Estrela "morre"				
Os furacões e os tornados				
As epidemias que matam muita gente				
Como são feitos os remédios				
Como é trabalhar em um laboratório				
Como funciona e como são fabricadas as bombas atômicas				
Porque a soda cáustica corrói as coisas				
De que é feito o sangue humano				
Qual o efeito do choque elétrico no corpo humano				
Como é viajar pelo espaço				
O que existe fora da nossa Galáxia				
Como são fabricados os xampus, sabonetes e cremes				
Os alimentos e como eles agem no organismo				
Quais alimentos são prejudiciais a nós humanos				
Como trabalha um Astronauta				
Como são produzidos a gasolina, o diesel e os combustíveis				

Quantas e quais aves existem no mundo				
O que é preciso pra se combater a anorexia e a bulimia				
De onde vem as doenças				
Quais animais e plantas existem dentro dos Oceanos				
É possível viajar no Tempo				
Qual a origem do planeta Terra				
Como os celulares conseguem enviar mensagens e audios				

- Você tem alguma Religião? () SIM () NÃO

- Sobre a crença em Deus(Religião) e na Ciência o que você acha?

- () é possível estudar as duas coisas: religião e também na Ciência.
- () Ou se acredita na ciência ou na religião, nas duas coisas não dá.
- () Eu só acredito na Ciência.
- () Eu só creio na minha religião e em nada mais.

- Pra você, além do Sol, existem outras estrelas no Universo?

- () Sim, o Sol é apenas uma entre as tantas estrelas que existem no Universo;
- () Existe, mas o Sol é a principal e a maior delas;
- () Acredito que não exista outras estrelas iguais, o Sol é único e a mais importante no Universo;
- () Sinceramente não sei lhe responder sobre isso.

- Você acredita na idéia que algum dia o homem visitou a Lua?

- () acredito sim porque não?
- () não acredito de jeito nenhum
- () não sei nunca parei pra pensar sobre isso.
- () vou pesquisar e depois lhe dou a resposta.

- Pra você como pode ter se originado o Universo e tudo o que é contido nele?

- O nosso sistema Solar é composto de quantos planetas ao redor do Sol?

4 8 12 16

- O Terraplanismo é a idéia segundo a qual o planeta Terra tem o formato achatado, plano, igual a uma pizza. O que você acha dessa idéia?

- Absurda e irreal;
- Pode ser verdade, ou não, ainda não temos como saber;
- acredito que seja totalmente verdadeira.
- nunca ouvi falar em "terraplanismo".

- A Astrologia é a idéia segundo a qual os planetas exercem alguma influência em nós e nos nossos destinos. O que você acha desse campo de estudo?

- não acredito em astrologia pois não faz o menor sentido
- acho que pode ser verdade, não sabemos direito ainda.
- sim os planetas do sistema Solar podem de alguma forma influenciar nas nossas vidas
- Nunca ouvi falar disso.

- você acha que a Astrologia e Astronomia estudam as mesmas coisas?

- sim, e uma ajuda a outra nos campos de estudos;
- não, Astronomia é uma coisa, Astrologia é outra completamente diferente;
- acredito que existem coisas que podem ser estudadas nessas duas áreas
- Sinceramente, não sei lhe responder mas quero aprender.

Pra você os estudos sobre o Universo;

- são muito importantes para compreendermos o nosso passado, presente e futuro;
- acho que os cientistas deveriam se preocupar somente com o nosso planeta mesmo.
- são muito intrigantes e gostaria de estudar um pouco sobre isso.
- não me interessa saber absolutamente nada sobre esse assunto.

APÊNDICE B - Relatório de perguntas

ESCOLA DE ENSINO MÉDIO PROF. LUÍS GONZAGA DA FONSECA MOTA
ATIVIDADE DE FÍSICA – 3º ANO
Prof. Esp. NILSON B. MACIEL
NOME: _____

#Roteiro de perguntas sobre o filme GRAVIDADE#

O filme GRAVIDADE aborda as dificuldades que os humanos enfrentam quando se aventuram no espaço. O roteiro fala de um grupo de astronautas que estão em órbita da Terra com a finalidade de trabalhar no concerto do telescópio HUBBLE. Durante o trabalho eles enfrentam muitos e perigosos problemas para tentar sobreviverem.

Assista ao filme com muita atenção e após a exibição responda as questões a seguir baseadas no que você acabou de ver.

BOA SESSÃO!

01 – Pra você qual a cena lhe impressionou mais?

02 – O que lhe chamou mais a atenção no filme?

03 – Pra vc quais as habilidades que são necessárias para uma pessoa ser astronauta?

04 – Do ponto de vista científico você achou o filme ...

- () totalmente correto.
- () totalmente errado.
- () parcialmente correto

05 – O filme mostrou, no começo e até o fim, a imagem do planeta Terra vista do espaço. O que você achou daquela imagem?

- () correta pois a Terra é arredondada mesmo.
- () errada pois ninguém nunca viu como é o planeta Terra do espaço.
- () achei muito bonita mas não representa a realidade.
- () achei linda e representa com fidelidade como é a Terra vista o espaço.

06 – Como os astronautas conseguem conversar uns com os outros no espaço?

07 – Vc seria capaz ou teria coragem de trabalhar como Astronauta?

08 – Qual o nome da única personagem que sobrevive no final e porque ela conseguiu sobreviver?

09 – Escreva o que você achou do filme, se gostou ou não gostou, se alguma cena lhe chamou atenção, etc.

Fonte: autoria própria

APÊNDICE C - Questionário II

QUESTIONÁRIO II

- Pra você, além do Sol, existem outras estrelas no Universo?

- Sim, o Sol é apenas uma entre as tantas estrelas que existem no Universo;
 Existe, mas o Sol é a principal e a maior delas;
 Acredito que não exista outras estrelas iguais, o Sol é único e a mais importante no Universo;
 Sinceramente não sei lhe responder sobre isso.

- Você acredita na idéia que algum dia o homem visitou a Lua?

- acredito sim porque não?
 não acredito de jeito nenhum
 não sei nunca parei pra pensar sobre isso.
 vou pesquisar e depois lhe dou a resposta.

- Pra você como pode ter se originado o Universo e tudo o que é contido nele?

- O nosso sistema Solar é composto de quantos planetas ao redor do Sol?

- 4 8 12 16

- O **Terraplanismo** é a idéia segundo a qual o planeta Terra tem o formato achatado, plano O que você acha dessa idéia?

- Absurda e irreal;
 Pode ser verdade, ou não, ainda não temos como saber;
 acredito que seja totalmente verdadeira.
 nunca ouvi falar em "terraplanismo".

- A **Astrologia** é a idéia segundo a qual os planetas exercem alguma influência em nós e nos nossos destinos. O que você acha desse campo de estudo?

- não acredito em astrologia pois não faz o menor sentido
 acho que pode ser verdade, não sabemos direito ainda.

() sim os planetas do sistema Solar podem de alguma forma influenciar nas nossas vidas

() Nunca ouvi falar disso.

- você acha que a Astrologia e Astronomia estudam as mesmas coisas?

() sim, e uma ajuda a outra nos campos de estudos;

() não, Astronomia é uma coisa, Astrologia é outra completamente diferente;

() acredito que existem coisas que podem ser estudadas nessas duas áreas

() Sinceramente, não sei lhe responder mas quero aprender.

Pra você os estudos sobre o Universo;

() são muito importantes para compreendermos o passado, presente e futuro do nosso planeta;

() acho que os cientistas deveriam se preocupar somente com o nosso planeta mesmo.

() são muito intrigantes e gostaria de estudar um pouco sobre isso.

() não me interessa saber absolutamente nada sobre esse assunto.

- Vc achou interessante a sequência de estudo que fizemos sobre o Universo? Porque?

- Vc acha que a partir de agora a sua visão sobre o mundo e a Ciência mudou:

() mudou muito () mudou um pouco () não mudou nada

- De zero (0) a dez (10) que nota você dá para os temas trabalhados e os estudos feitos em sala de aula?

APÊNDICE D – MANUAL DE ESTUDOS



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI - URCA

Produto Educacional

**MANUAL DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ASTRONOMIA NA AULAS DE FÍSICA**

Nilson Barbosa Maciel

SUMÁRIO

- Apresentação
- Introdução
- Breve Relato sobre a Turma
- Um Olhar para o instrumento
- A Sequência de Ensino
- Referências
- Apêndice A – 1º ponto – Visão geral do Universo e do Sistema Solar
- Apêndice B – 2º ponto – A Astronomia dos povos primitivos
- Apêndice C – 3º ponto – A Evolução Histórica da Astronomia Científica ...

APRESENTAÇÃO

Prezado professor, prezada professora.

É com grande satisfação e regozijo que apresento este manual com a finalidade precípua de oferecer uma orientação de como trabalhar a sequência de ensino detalhada nesta dissertação. Os passos são claros e objetivos, cuja intenção é promover e divulgar o tema da Astronomia nas escolas de educação básica no país. Entendo que o tema da Astronomia, por diversas razões desperta enorme fascínio nas pessoas, notadamente nos jovens estudantes. A fato de as disciplinas científicas terem uma aura de difícil e incompreensível para a maioria dos alunos precisa ser encarado pelos professores como algo real e presente nas nossas escolas. E diante desse fato consumado, é imperativo que o professor procure diversificar sua didática. Desse modo os conteúdos precisam ter significado e despertar a curiosidade nos jovens. Com a internet o conhecimento passou a ser amplamente divulgado e disponível a todos de modo que vimos crescer o interesse em diversos temas, entre eles os relacionados à Astronomia. Diversos sites, canais no Youtube, páginas nas redes sociais (WhatSap, Facebook, Instagran, etc) e filmes falam sobre o tema tornando-a mais fácil de se compreender uma vez que a maioria dos adolescentes já traz algum conhecimento prévio sobre o assunto. Soma-se a isso as muitas notícias veiculadas sobre o assunto nos mais diversos meios de comunicação. E é nessa realidade que o presente manual vem tentar guiar os docentes a poder trabalhar temas ligados a Astronomia de maneira simples e didática nas nossas escolas.

Inicialmente farei uma caracterização da escola e da turma na qual a sequência foi aplicada, em seguida será detalhada a sequência didática e por fim um conjunto de slides com os conteúdos nos quais o professor poderá utilizar nas suas aulas.

Espero que todos (as) aproveitem o material e façam bom uso do mesmo. Sugestões e críticas que porventura venham a melhorar o manual serão bem vindas.

INTRODUÇÃO

Ensinar Física não é uma tarefa das mais fáceis. Tida, ao longo dos anos, como uma Ciência de difícil assimilação e voltada essencialmente para conceitos abstratos, o seu domínio, segundo muitos estudantes e colegas de trabalho os quais tive e tenho contato, requer destreza e habilidade na manipulação de equações complexas e fora da vivência dos mortais comuns. Em outras palavras, a Física era notadamente um campo do conhecimento que somente alguns “privilegiados” seriam capazes de compreender. Isso mesmo “seriam”, pois essa concepção anacrônica, a meu ver, está sendo substituída pela ideia mais moderna de que todos são capazes de aprendê-la, bastando para isso um pouco de dedicação. Obviamente que o ensino dessa ou de qualquer disciplina das ciências naturais enfrenta percalços como assinala Costa e Barros (2015) que destaca o caráter livresco dos conteúdos e aulas expositivas em excesso, ausência quase completa de prática experimental, reduzida carga-horária, profissionalização deficiente do professor e currículo desatualizado e descontextualizado.

E nesse ponto, MOREIRA (2018) esclarece que não basta abordar mais conteúdos para que os alunos os “decorem mecanicamente”, (entendido como aprendizagem sem significado e sem transferência) mas sim que estes façam sentido, despertem o interesse e que o professor foque nas metodologias a serem utilizadas, de modo a facilitar a aprendizagem.

Desse modo, baseado em muitas experiências como professor na educação básica, vejo tornar-se bastante necessário a inclusão nas disciplinas de Ciências ou Física, discussões a respeito da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia já que estes assuntos trazem muito apelo junto aos jovens estudantes. Ressalta-se ainda que o período escolar da Educação Básica para muitos estudantes é a única oportunidade de acesso aos conhecimentos científicos, pois muitos não seguirão carreiras científicas ou docentes e portanto ficarão subordinados as notícias que saem nas mídias que muitas vezes passam uma imagem distorcida da ciência.

Inicialmente com o sentido prático de ajudar na agricultura do homem primitivo, o estudo sobre o Universo acabou despertando também algumas dúvidas sobre determinados fenômenos. Como destaca Anne Rooney em seu livro a História da Astronomia (2018)

Nossa curiosidade vai aumentando a medida que observamos com cuidado o céu que nos parece envolver. Nele podemos distinguir muitos objetos completamente diferentes. Alguns são brilhantes porque? Alguns cintilam porque? Nem todas as estrelas são da mesma cor porque? Em algumas épocas, um cometa aparece no céu, com sua estranha cauda, mas de onde ele vem? E porque eles são diferentes das estrelas?

Além dessas e inúmeras outras questões, mais recentemente nos deparamos com perguntas como: “a Terra é plana ou esférica? Será que o homem foi á Lua? Perguntas essas que nos fazem pensar porque temas como esse ainda geram debates na atualidade.

Com a internet o conhecimento passou a ser amplamente divulgado e disponível a todos de modo que vimos crescer o interesse em diversos temas, entre eles os relacionados à Astronomia.

Do outro lado, os professores, muitas vezes acabam não se aventurando a trabalhar a Astronomia nas escolas, o que a meu ver é inaceitável no mundo atual. Um aluno que conclui a educação básica sem ter tido pelo menos as noções e conceitos básico da Astronomia não compreenderá o desenvolvimento que essa ciência passou e que irá passar nos próximos anos.

E mesmo aqueles colegas que se aventuram a trabalhar esse tema nas suas aulas de Física, encontram dificuldades porque não sabem exatamente quais assuntos abordar e como devem ser trabalhados.

Por tudo isso e pela crescente curiosidade dos meus alunos, senti a necessidade de iniciar temas sobre o Universo nas aulas de Física. E foi imbuído dessa necessidade resolvi escrever este trabalho juntamente com um manual de apoio, principalmente para ajudar os demais colegas professores que por ventura acham o assunto difícil ou que, sem saberem por onde começar, e quais temas podem ser trabalhados em suas aulas sobre a Astronomia.

Inicialmente fiz uma breve caracterização do ambiente no qual a pesquisa foi realizada, em seguida faço um detalhamento do questionário utilizado para o início da pesquisa, depois detalho os passos da sequência aplicada e, finalmente no apêndice, encontra-se uma série de slides que foram utilizados ao longo da sequência e que os colegas professores poderão utilizar nas suas aulas.

BREVE RELATO SOBRE A TURMA

A Escola de Ensino Médio Prof. Luís Gonzaga da Fonseca Mota localiza-se na sede do município de Quixelô, região Centro-sul do Estado do Ceará. Possuindo cerca de 20 mil habitantes (censo 2010) a cidade de Quixelô conta com uma única instituição de ensino médio. Fundada em abril de 1986, a escola Gonzaga Mota como é mais conhecida por todos, funciona na modalidade regular com salas na sede do município e um anexo na zona rural numa localidade conhecida como “Riacho do Meio” que fica no sítio Gaspar a 26 km da sede do município. No presente ano de 2022, a referida escola conta com 12 turmas de ensino Médio sendo 4 turmas de 1º ano, 4 turmas de 2º ano e 4 turmas de 3º ano. As salas de aula comportam uma média de 30 a 40 alunos por turma, a exceção das turmas do anexo que possuem uma média de 20 a 30 alunos por sala.

No mesmo prédio funciona ainda, num sistema de cogestão, uma Escola de Ensino Fundamental, a Escola José Maia Filho que pertence ao município de Quixelô. Com relação aos ambientes a escola Gonzaga Mota conta ainda com uma sala de biblioteca e multimeios, sala de professores, quadra coberta, cozinha, 7 salas de aulas todas climatizadas e um pequeno laboratório multidisciplinar de Ciências.

A turma na qual foi proposta a sequência de ensino é a do 3º ano turno noturno composta de 22 alunos regularmente matriculados. A modalidade de ensino no período noturno é a regular presencial e a disciplina de Física possui 2h/aulas semanais.

UM OLHAR PARA O INSTRUMENTO

A caracterização inicial da turma foi feita por meio de um questionário. Escolhi esse instrumento para coleta de dados por apresentar alguns pontos positivos. Segundo Gray³³ (2012) os questionários são uma das técnicas mais usadas de coleta de dados primários, permitindo uma abordagem analítica explorando as relações entre as variáveis.

Com o objetivo de apresentar um bom instrumento, elaborei um questionário inicial onde pudesse coletar algumas informações preliminares. As perguntas iniciais objetivavam “pescar” informações como o sexo, o local de residência, hábitos de leitura, etc. Priorizei as perguntas fechadas pelo fato de serem mais fáceis de gerar tabulação e análise das respostas aferidas.

O questionário foi dividido em 3 partes (Figura 4):

³³ - GRAY, David E. *Pesquisa no mundo Real*. 2 Ed. Porto Alegre: Penso, 2012

- na primeira parte, composta de 6 perguntas buscou-se coletar informações como sexo, local de residência, se possuía ou não internet em casa, se tinha hábitos de leitura e se possuía alguma crença religiosa;

- na segunda parte foi elencado uma série de assuntos científicos divididos em 6 temas:

- Astronomia;
- Geografia e Geologia;
- Química;
- Física;
- Biologia/Ecologia e Evolução;
- Matemática.

Dentro de cada um desses temas tinha os assuntos correspondentes, de forma tabelada, onde o aluno marcaria se o determinado assunto ligado a um dos temas referidos acima lhe despertava muito interesse, médio interesse, pouco interesse ou nenhum interesse. O objetivo dessa parte era verificar os assuntos nos quais os estudantes tivessem mais interesse em aprender. Essa parte do questionário foi adaptado de uma pesquisa realizada inicialmente na Noruega e que depois foi aplicada em alguns países, inclusive o Brasil e ficou conhecida como PROJETO ROSE³⁴.

³⁴ ROSE – *The Relevance of Science Education*. Foi um instrumento internacional que permitia avaliar os interesses e as posturas dos jovens estudantes frente as ciências e tecnologias. Para mais informações consulte a tese do professor Luís Caldeira B. de Tolentino Neto nas referências bibliográficas.

QUESTIONÁRIO I

As perguntas a seguir visam coletar algumas informações relevantes a respeito de você e o que você pensa e seus interesses no campo científico tanto na escola como no dia a dia. Portanto analise cada uma das perguntas e, na maioria dos casos, responda apenas com um "x".

Não se preocupe, não haverá identificação sua, e todas as respostas serão utilizadas única e exclusivamente para uma pesquisa de caráter acadêmico e educacional.

Muito Obrigado!

Sou: Homem () Mulher () Não quero responder ()

Tenho ____ anos

Moro: Na Zona Urbana () Na Zona Rural ()

Fora os didáticos de escola, possuo livros em casa: () Sim () Não

Tenho internet em casa? () Sim () Não

Dos temas relacionados a seguir mostre o seu nível de interesse em aprender, assinalando um "x" nos quadradinhos:

ASSUNTO	Muito interese	Médio interese	Pouco interese	Nenhum interese
As Estrelas, os planetas e o Universo				
As substancias químicas, venenos, compostos químicos				
O interior do planeta Terra				
As causas das doenças				
Os átomos e a partículas da matéria				
A origem do Universo				
As nuvens, os relâmpagos e os raios				
Como é feito o corpo humano e como é o seu funcionamento				
As pesquisas genéticas e clonagem				
As estrutura das plantas				
A classificação e os tipos de animais existentes no mundo				

A existência de vida fora da Terra				
Buracos negros e matéria escura				
Como os bebês crescem e se desenvolvem				
Qual a origem do homem				
De onde vêm os meteoros e asteróides				
De que são feitos o Sol e as Estrelas do Universo				
Matemática e a história dos números				
Como os remédios agem no corpo humano				
O que é um vírus				
De que é feita a Lua				
A clonagem humana e dos animais				
Os dinossauros como viveram e porque desapareceram				
Viagens Espaciais para outros planetas				
O que é a radiação e como afeta o corpo humano				
O que são as Bactérias e como se organizam				
Ecologia e preservação do meio ambiente				
Operações matemáticas com números e letras				
Como calcular a área de um terreno ou casa				
O que ocorre quando uma Estrela "morre"				
Os furacões e os tornados				
As epidemias que matam muita gente				
Como são feitos os remédios				
Como é trabalhar em um laboratório				
Como funciona e como são fabricadas as bombas atômicas				
Porque a soda cáustica corrói as coisas				
De que é feito o sangue humano				
Qual o efeito do choque elétrico no corpo humano				
Como é viajar pelo espaço				
O que existe fora da nossa Galáxia				
Como são fabricados os xampus, sabonetes e cremes				
Os alimentos e como eles agem no organismo				
Quais alimentos são prejudiciais a nós humanos				
Como trabalha um Astronauta				
Como são produzidos a gasolina, o diesel e os combustíveis				

Quantas e quais aves existem no mundo				
O que é preciso pra se combater a anorexia e a bulimia				
De onde vem as doenças				
Quais animais e plantas existem dentro dos Oceanos				
É possível viajar no Tempo				
Qual a origem do planeta Terra				
Como os celulares conseguem enviar mensagens e audios				

- Você tem alguma Religião? () SIM () NÃO

- Sobre a crença em Deus(Religião) e na Ciência o que você acha?

- () é possível estudar as duas coisas: religião e também na Ciência.
 () Ou se acredita na ciência ou na religião, nas duas coisas não dá.
 () Eu só acredito na Ciência.
 () Eu só creio na minha religião e em nada mais.

- Pra você, além do Sol, existem outras estrelas no Universo?

- () Sim, o Sol é apenas uma entre as tantas estrelas que existem no Universo;
 () Existe, mas o Sol é a principal e a maior delas;
 () Acredito que não exista outras estrelas iguais, o Sol é único e a mais importante no Universo;
 () Sinceramente não sei lhe responder sobre isso.

- Você acredita na idéia que algum dia o homem visitou a Lua?

- () acredito sim porque não?
 () não acredito de jeito nenhum
 () não sei nunca parei pra pensar sobre isso.
 () vou pesquisar e depois lhe dou a resposta.

- Pra você como pode ter se originado o Universo e tudo o que é contido nele?

- O nosso sistema Solar é composto de quantos planetas ao redor do Sol?

4 8 12 16

- O Terraplanismo é a idéia segundo a qual o planeta Terra tem o formato achatado, plano, igual a uma pizza. O que você acha dessa idéia?

- Absurda e irreal;
 Pode ser verdade, ou não, ainda não temos como saber;
 acredito que seja totalmente verdadeira.
 nunca ouvi falar em "terraplanismo".

- A Astrologia é a idéia segundo a qual os planetas exercem alguma influência em nós e nos nossos destinos. O que você acha desse campo de estudo?

- não acredito em astrologia pois não faz o menor sentido
 acho que pode ser verdade, não sabemos direito ainda.
 sim os planetas do sistema Solar podem de alguma forma influenciar nas nossas vidas
 Nunca ouvi falar disso.

- você acha que a Astrologia e Astronomia estudam as mesmas coisas?

- sim, e uma ajuda a outra nos campos de estudos;
 não, Astronomia é uma coisa, Astrologia é outra completamente diferente;
 acredito que existem coisas que podem ser estudadas nessas duas áreas
 Sinceramente, não sei lhe responder mas quero aprender.

Pra você os estudos sobre o Universo;

- são muito importantes para compreendermos o nosso passado, presente e futuro;
 acho que os cientistas deveriam se preocupar somente com o nosso planeta mesmo.
 são muito intrigantes e gostaria de estudar um pouco sobre isso.
 não me interessa saber absolutamente nada sobre esse assunto.

Dentro de cada um desses temas vem os assuntos correspondentes, de forma tabelada, onde o aluno marcaria se o determinado assunto ligado a um dos temas referidos acima lhe despertava muito interesse, médio interesse, pouco interesse ou nenhum interesse. O objetivo dessa parte era verificar os assuntos nos quais os estudantes tivessem mais interesse em aprender.

Para elaborar especificamente essa segunda parte do questionário, baseei-me - na terceira parte do questionário tinha como objetivo coletar algumas informações que os alunos possuíam sobre o formato da Terra, astrologia, conhecimento científico, viagem a lua, religiosidade, etc. O objetivo dessa parte era verificar o conhecimento prévio que os estudantes possuíam em relação a Ciência ou mais especificamente a Astronomia. O questionário foi apresentado aos estudantes como parte da primeira etapa da sequência de ensino (que será detalhada no próximo tópico) proposta por esse trabalho.

A SEQUÊNCIA DE ENSINO

Como já fora expressado anteriormente este trabalho de dissertação tem muito da minha experiência docente no ensino médio. Especificamente a pesquisa aqui esboçada é de caráter qualitativa e seguiu mediante uma sequência de ensino criada a partir de uma estratégia proposta pelo professor Fernando Lang da Silveira da UFRGS centrada nas ideias de Lakatos e Popper aplicada numa turma do Ensino Médio da escola estadual no município de Quixelô, do seguinte modo: foram necessários 8 encontros(semanas) totalizando 16h/aulas. Durante esse período os alunos fizeram atividades e participaram de situações que exigiram reflexão, discussão e estudo sobre os temas abordados. Obviamente que, caso o professor disponha de uma menor quantidade de hora/aulas por semana, a sequência poderá ter o número de etapas reduzidas, eliminando-se alguns pontos.

Convém destacar que, por meio de uma consulta informal, os alunos relataram que nunca estudaram qualquer assunto relacionado a Astronomia ao longo de toda a vida escolar de modo que a sequência de ensino logo mais detalhada foi criada levando-se em conta esse dado importante. Objetivamente a sequência de ensino proposta compreendeu os seguintes passos:

1ª etapa: apresentação do projeto, teste de sondagem – 1h/aula

Nessa primeira etapa foi repassado sinteticamente aos alunos a proposta de trabalho e os objetivos definidos. Foi discutida os pontos principais de cada etapa. Em seguida foi realizada uma consulta sobre o tema central, por meio de um questionário simples que buscou avaliar o conhecimento prévio que os alunos possuem sobre os seguintes tópicos:

- A esfericidade da Terra;
- As concepções científicas x concepções não-científicas;
- A influências dos astros sobre nós seres humanos.

Também foi avaliado no questionário o nível de interesse dos alunos com relação aos assuntos referentes a Astronomia e outros temas científicos. De início os alunos se mostraram curiosos mas prontamente aceitaram, sem questionamentos responder as perguntas. Um detalhe que me chamou a atenção é o fato deles apresentarem certa resistência em serem fotografados. De início tentei argumentar da necessidade do registro fotográfico mas diante da negativa deles resolvi, a contragosto, aceitar a posição deles.

2ª etapa: Apresentação das concepções científicas – 5h/aulas

Esta segunda etapa foi abordada, por meio de slides, a visão científica e foi dividida em 3 pontos cada ponto abordando um assunto específico. Os pontos abordados foram os seguintes:

1º ponto - Visão geral do Universo e do nosso Sistema Solar que será apresentada, por meio de slides com fotos e vídeos, as explicações científicas sobre a composição do Universo das Galáxias e do nosso Sistema Solar, detalhando inclusive os aspectos importantes do Sol e de cada planeta.

2º ponto – Aqui será abordado um pouco da Etnoastronomia e da Arqueoastronomia no que tange desde as primeiras manifestações na história humana sobre astronomia nos diferentes povos inclusive a visão indígena sulamericana.

3º ponto – A Evolução Histórica da Astronomia científica desde o pensamento grego, o geocentrismo aristotélico e ptolomaico, Eratóstenes e a esfericidade da Terra. O heliocentrismo de Aristarco e Copérnico. As contribuições de Galileu, Kepler, Newton e Einstein á cosmologia.

Nessa etapa também foi enfatizado as falhas e inconsistências lógicas das concepções alternativas em explicar alguns fenômenos.

Os conteúdos foram repassados por meio de slides contendo muitas informações e imagens retiradas do Telescópio espacial Hubble e outras fornecidas pelas inúmeras missões exploratórias enviadas ao espaço. Também constam nos slides muitas imagens para que os alunos possam associar os conteúdos explicados com mais facilidade (Apêndice)

Pela quantidade considerável de informações o primeiro ponto costuma despertar muita curiosidade por parte dos alunos podendo, inclusive, gerar debates e questionamentos que precisaram ser intermediados pelo professor. No caso específico da turma aqui trabalhada, surgiram questionamentos como:

- “O que tem no meio da galáxia?”
- “Como os cientistas sabem que são assim?”
- “existem outras estrelas além do Sol?”
- “existem outros planetas no Universo?”

Por chamar mais atenção dos estudantes é interessante iniciar a sequência com o tópico que dê aos alunos uma visão geral do Universo.

O segundo ponto foi necessário para mostrar aos estudantes que a curiosidade sobre o Universo é antiga e permeou a cabeça de diversos povos antigos nas mais diversas regiões do nosso planeta e que estiveram presente nas culturas e religiões desses povos (Figuras 23 e 24).

O terceiro ponto faz uma interligação entre a Física, a Astronomia e a História muito importantes para mostrar aos alunos que a ciência não está isolada e que na maioria das vezes é influenciada e também influencia a conjuntura histórica e social de sua época.

3ª etapa: Divisão dos temas e apresentação de um seminário feito pelos próprios alunos – 3h/aula

Nessa etapa foi estabelecido que os alunos seriam divididos em equipes de 3 ou 4 integrantes e cada equipe apresentaria um dos tópicos já pré-estabelecidos pelo professor.

De comum acordo, os alunos aceitaram que o professor expusesse os temas para que as próprias equipes escolhessem ou que fosse realizado por sorteio. O objetivo do seminário foi propiciar ao aluno a possibilidade que ele pesquise e exponha seu pensamento sobre um determinado assunto.

Os assuntos divididos aos estudantes foram os seguintes:

- Equipe 1 = Johannes Kepler e Galileu Galilei

- Equipe 2 = A Astronomia na Grécia antiga
- Equipe 3 = Eratóstenes e a prova da esfericidade da Terra
- Equipe 4 = Astrologia é Ciência?
- Equipe 5 = Albert Einstein
- Equipe 6 = Isaac Newton

Após os temas serem sorteados entre as equipes, os alunos tiveram uma semana para realizar a pesquisas. Na data combinada as apresentações seguiram normalmente onde os alunos utilizaram Data show, pincel, quadro branco ou qualquer outro material que a equipe queira utilizar livremente. O tempo das apresentações de cada equipe foi cronometrado em no máximo 10 minutos e mais 5 minutos para responder algum questionamento do professor ou de qualquer outro aluno da classe, ou então o professor poderia usar o tempo de modo a esclarecer para os demais alguns pontos abordados nas apresentações. Nessa etapa foram necessárias 1 aula para a divisão das equipes e mais 2 aulas para as apresentações. Dependendo do número de alunos na turma a equipe poderá ter mais integrantes, ou o tempo das apresentações de cada uma poderá ser aumentado ou diminuído.

4ª etapa: exibição e discussão de um filme – 3h/aulas

O filme GRAVIDADE conta a história de um grupo de Astronautas que vão ao espaço, em órbita da Terra com o objetivo de concertar um Telescópio Hubble, mas no espaço enfrentam desafios quase inimagináveis para concluir a tarefa e retornar com segurança para o lar. O filme foi exibido em 2h/aulas e na aula seguinte foi pedido aos alunos que respondam algumas questões sobre suas impressões a respeito dos diversos assuntos abordados na obra (Figura).

ESCOLA DE ENSINO MÉDIO PROF. LUÍS GONZAGA DA FONSECA MOTA
ATIVIDADE DE FÍSICA – 3º ANO
Prof. Esp. NILSON B. MACIEL
NOME: _____

#Roteiro de perguntas sobre o filme GRAVIDADE#

O filme GRAVIDADE aborda as dificuldades que os humanos enfrentam quando se aventuram no espaço. O roteiro fala de um grupo de astronautas que estão em órbita da Terra com a finalidade de trabalhar no concerto do telescópio HUBBLE. Durante o trabalho eles enfrentam muitos e perigosos problemas para tentar sobreviverem.

Assista ao filme com muita atenção e após a exibição responda as questões a seguir baseadas no que você acabou de ver.

BOA SESSÃO!

01 – Pra você qual a cena lhe impressionou mais?

02 – O que lhe chamou mais a atenção no filme?

03 – Pra vc quais as habilidades que são necessárias para uma pessoa ser astronauta?

04 – Do ponto de vista científico você achou o filme ...

- () totalmente correto.
- () totalmente errado.
- () parcialmente correto

05 – O filme mostrou, no começo e até o fim, a imagem do planeta Terra vista do espaço. O que você achou daquela imagem?

- () correta pois a Terra é arredondada mesmo.
- () errada pois ninguém nunca viu como é o planeta Terra do espaço.
- () achei muito bonita mas não representa a realidade.
- () achei linda e representa com fidelidade como é a Terra vista o espaço.

06 – Como os astronautas conseguem conversar uns com os outros no espaço?

07 – Vc seria capaz ou teria coragem de trabalhar como Astronauta?

08 – Qual o nome da única personagem que sobrevive no final e porque ela conseguiu sobreviver?

09 – Escreve o que você achou do filme, se gostou ou não gostou, se alguma cena lhe chamou atenção, etc.

As respostas podem ou não serem socializadas pelo professor junto com os demais alunos. A escolha desse filme justifica-se principalmente porque, além de trabalhar uma visão cientificamente mais correta, os 90 minutos de duração cabem muito bem em 2 aulas. Sem esquecer que antes da projeção é de bom grado que o professor possa passar aos alunos o tema principal do filme e no final pode ser levantado algumas questões para que os alunos respondam livremente, como por exemplo:

- Como os astronautas se comunicavam uns com os outros e com a equipe na Terra?
- Qual o formato da Terra vista do espaço?
- Porque os objetos “queimam” quando entram na atmosfera terrestre?
- Porque é tão difícil explorar o espaço? Quais implicações para os seres humanos na longa permanência no espaço?

5ª etapa: Explanação sobre as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação de Newton – 4h/aulas

Nesta etapa que levou basicamente 4 aulas foi explanado aos alunos as 3 Leis de Kepler, com uma abordagem matemática da segunda e terceira leis, bem como exemplos de sua aplicação. Também foi falado sobre a Lei da Gravitação de Newton a explicação newtoniana para a gravidade.

Para isso foram necessárias 4 aulas: 2 aulas para expor o conteúdo e mais 2 aulas para se trabalhar com os alunos, exercícios que possam fixar o conteúdo e também para que os estudantes aprendam a manipular as equações matemáticas aqui envolvidas.

Claro que os alunos que tenham dificuldades com a Matemática vão apresentar desmotivação nesta etapa, por isso é importante o professor não abusar de exercícios complexos e priorizar questões que o aluno possa ganhar confiança em resolvê-los individualmente, podendo se quiser, trabalhar somente questões em que se exige apenas a aplicação das fórmulas. O objetivo aqui é fazer com que o estudante entenda os conceitos básicos. Pode-se também, a fim de proporcionar uma melhor fixação do conteúdo, oferecer aos alunos, outros meios para que eles possam pesquisar e estudar como canais do Youtube, sites, páginas de redes sociais, etc. Caso queira, o professor pode optar ainda em trabalhar apenas os aspectos conceituais das leis de Kepler, deixando a matemática para a Lei da Gravitação newtoniana, isso vai depender muito do nível da turma a ser trabalhada. O professor pode ainda trabalhar usando algum material impresso ou livro didático de Física

que apresente o conteúdo. Eu pessoalmente, optei por trabalhar com o livro de Física do primeiro ano, inclusive com o novo Ensino Médio o professor vai ter mais liberdade para se trabalhar os materiais didáticos nas diferentes séries.

No caso específico da sala trabalhada para esta dissertação utilizei o conteúdo para a Avaliação Bimestral de Física proposta pela escola.

6ª etapa: Avaliação final – 1h/aula

Nessa derradeira etapa fez-se uma pequena avaliação das atividades realizadas e dos assuntos debatidos e estudados ao longo das semanas anteriores. Os alunos deram seus depoimentos respondendo a um questionário final, o qual chamei de Questionário II (Figura). Essa etapa poderia ser feita oralmente, mas priorizei aqui um outro questionário porque facilitou para fazer a comparação com as respostas obtidas no Questionário I e verificar os avanços que os alunos obtiveram ao fim da sequência.

QUESTIONÁRIO II

- Pra você, além do Sol, existem outras estrelas no Universo?

- Sim, o Sol é apenas uma entre as tantas estrelas que existem no Universo;
- Existe, mas o Sol é a principal e a maior delas;
- Acredito que não exista outras estrelas iguais, o Sol é único e a mais importante no Universo;
- Sinceramente não sei lhe responder sobre isso.

- Você acredita na idéia que algum dia o homem visitou a Lua?

- acredito sim porque não?
- não acredito de jeito nenhum
- não sei nunca parei pra pensar sobre isso.
- vou pesquisar e depois lhe dou a resposta.

- Pra você como pode ter se originado o Universo e tudo o que é contido nele?

- O nosso sistema Solar é composto de quantos planetas ao redor do Sol?

- 4 8 12 16

- O **Terraplanismo** é a idéia segundo a qual o planeta Terra tem o formato achatado, plano O que você acha dessa idéia?

- Absurda e irreal;
- Pode ser verdade, ou não, ainda não temos como saber;
- acredito que seja totalmente verdadeira.
- nunca ouvi falar em "terraplanismo".

- A **Astrologia** é a idéia segundo a qual os planetas exercem alguma influência em nós e nos nossos destinos. O que você acha desse campo de estudo?

- não acredito em astrologia pois não faz o menor sentido
- acho que pode ser verdade, não sabemos direito ainda.

() sim os planetas do sistema Solar podem de alguma forma influenciar nas nossas vidas

() Nunca ouvi falar disso.

- você acha que a Astrologia e Astronomia estudam as mesmas coisas?

() sim, e uma ajuda a outra nos campos de estudos;

() não, Astronomia é uma coisa, Astrologia é outra completamente diferente;

() acredito que existem coisas que podem ser estudadas nessas duas áreas

() Sinceramente, não sei lhe responder mas quero aprender.

Pra você os estudos sobre o Universo;

() são muito importantes para compreendermos o passado, presente e futuro do nosso planeta;

() acho que os cientistas deveriam se preocupar somente com o nosso planeta mesmo.

() são muito intrigantes e gostaria de estudar um pouco sobre isso.

() não me interessa saber absolutamente nada sobre esse assunto.

- Vc achou interessante a sequência de estudo que fizemos sobre o Universo? Porque?

- Vc acha que a partir de agora a sua visão sobre o mundo e a Ciência mudou:

() mudou muito () mudou um pouco () não mudou nada

- De zero (0) a dez (10) que nota você dá para os temas trabalhados e os estudos feitos em sala de aula?

REFERÊNCIAS

- SARAIVA, K. de S.O.; OLIVEIRA, M. de F. **Astronomia e Astrofísica**. 4. ed, São Paulo: Livraria da Física, 2017

- GRAY, David E. *Pesquisa no mundo Real*. 2 Ed. Porto Alegre: Penso, 2012

- ROONEY, Anne. *A História da Astronomia*. M. Books do Brasil editora LTDA. 2018. São Paulo.

- COSTA, L. G; BARROS, M. A. O Ensino de Física no Brasil – problemas e desafios. EDUCERE – XII Congresso Nacional de Educação. Disponível em: 21042_8347.pdf (bruc.com.br). Acesso em 20/01/2022.

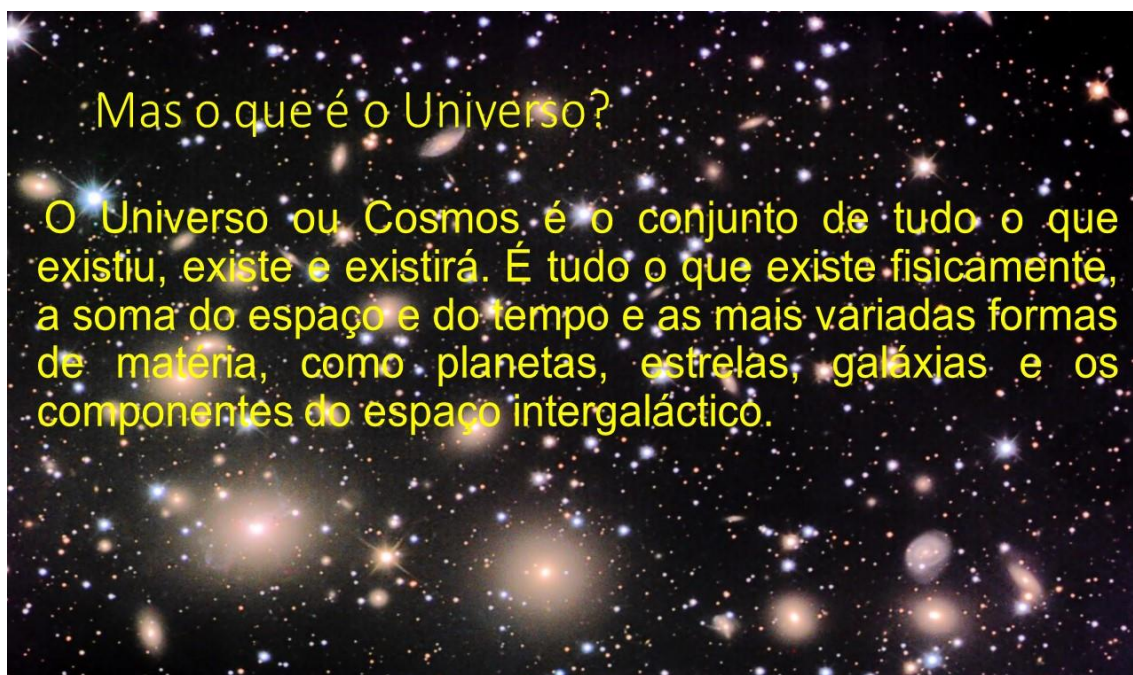
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem Significativa, a teoria e textos complementares*. Livraria da Física, 2012.

APÊNDICE A – ETAPA 1 – VISÃO GERAL DO UNIVERSO E DO SISTEMA SOLAR

Slide 1



Slide 2



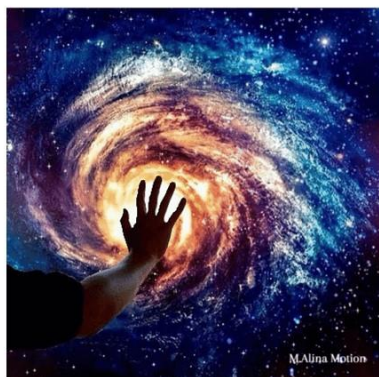
Slide 3



Slide 4

Composição atual do Universo

Segundo dados atuais realizados pela Agência Espacial Norte-americana (NASA), o universo tal como o conhecemos hoje é composto de **4,9 % Matéria ordinária** (planetas, estrelas, buracos negros, luz, calor, átomos), **26,8% de Matéria Escura** e, cerca de **68 % de Energia Escura**.



Slide 5

A velocidade da luz

A luz possui a maior velocidade possível até o momento no Universo conhecido e vale, em m/s:

300.000.000 m/s (3×10^8 m/s)

Ou

300.000 km/s (3×10^5 Km/s)



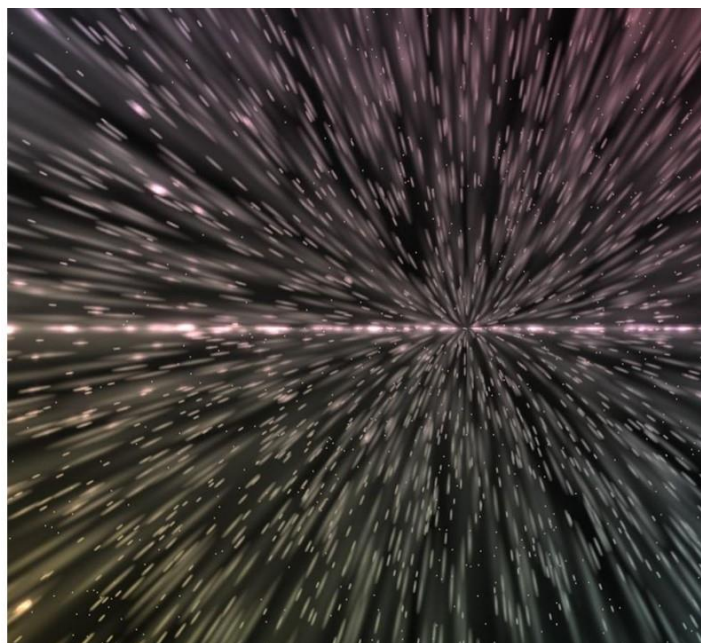
Slide 6

O ANO-LUZ

O ANO-LUZ é uma unidade de medida de comprimento utilizada na Astronomia que serve para medir as distância entre os corpos celestes distantes. É a distância percorrida pela luz, no vácuo, em 1 ano. Atualmente seu valor é de , aproximadamente:

9.460.000.000.000 Km ou

9×10^{12} Km



Slide 7

A nossa Galáxia, a Via Láctea, tem, segundo estimativas dos astrônomos, uma distância de um extremo a outro de 100 mil anos-luz. Qual é, aproximadamente essa distância em quilômetros? Lembre-se que 1 ano-luz = $9,46 \times 10^{12}$ Km. $100.000 = 1 \times 10^5$

$$\begin{array}{r} 1 \text{ ANO-LUZ} \text{ ----- } 9,46 \times 10^{12} \text{ KM} \\ 1 \times 10^5 \text{ ANO LUZ} \text{ ----- } X \end{array}$$

$$x = 9,46 \times 10^{17} \text{ km}$$

$$x = 946.000.000.000.000.000 \text{ km}$$

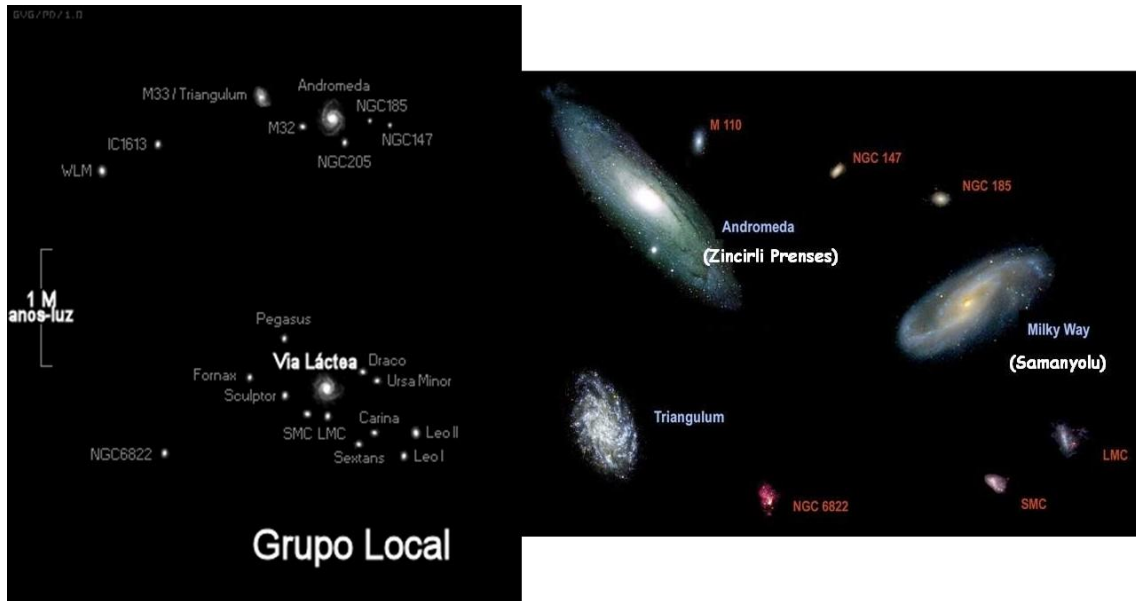
Slide 8

Galáxias

- É o conjunto de estrelas, planetas, asteroides e cometas unidos pela gravidade.



Slide 9



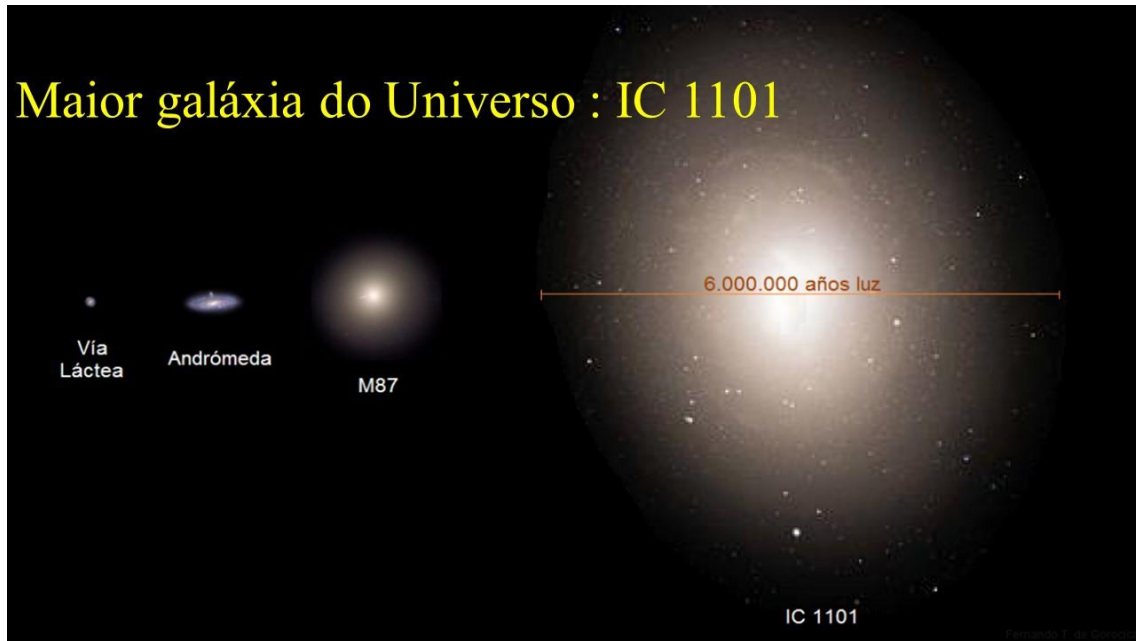
Slide 10

Galáxia de Sombrero (M 104)



Slide 11

Mayor galáxia do Universo : IC 1101



Slide 12

Vista lateral da Via Láctea



Slide 13

A Via Láctea possui cerca de **200 bilhões de estrelas**. Se metade delas possui planetas (em torno de quatro por estrela), presume-se que a galáxia contenha **400 bilhões de planetas**.

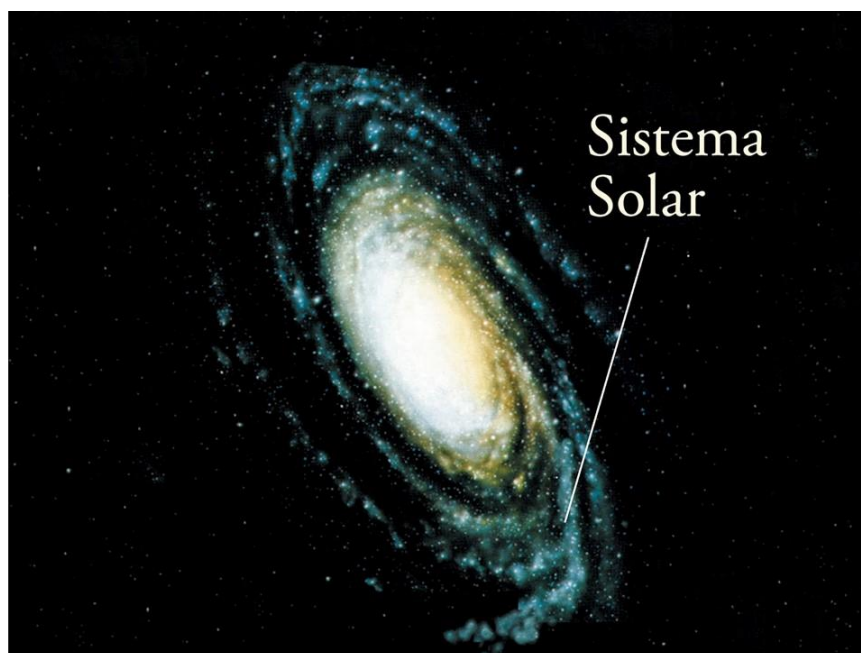
Via Láctea significa Caminho de Leite. Acredita-se que tenha recebido esse nome dos romanos que, por sua vez, devem tê-lo emprestado dos gregos.

A parte mais espessa da galáxia é o centro, formado que totalmente por estrelas velhas, com idade entre 10 e 13 bilhões de anos.

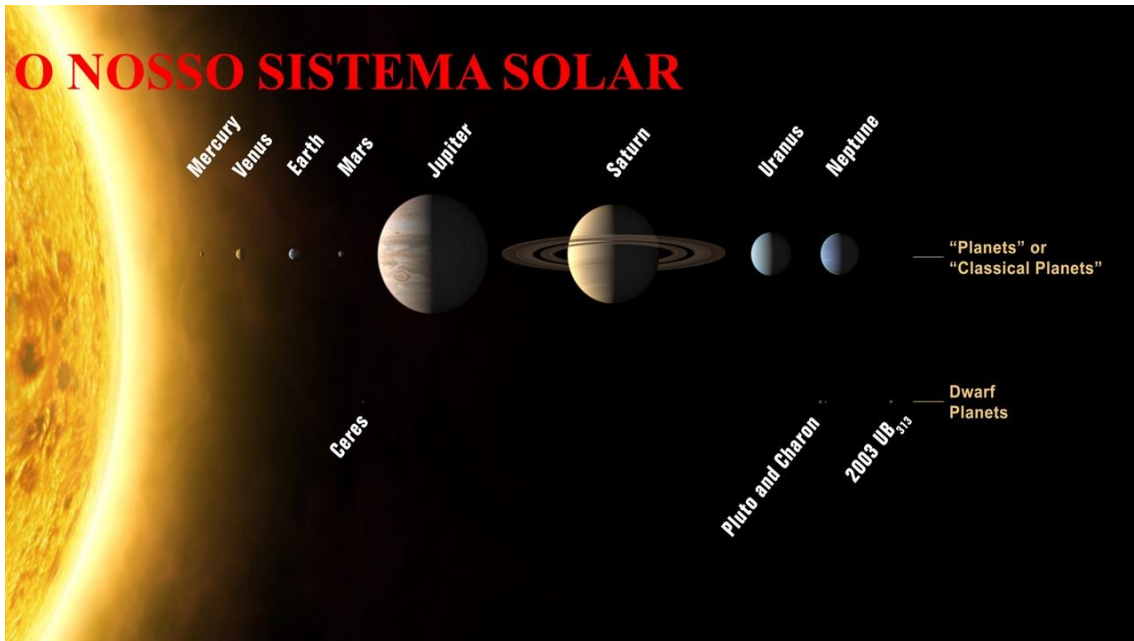
Se fôssemos conduzir um carro a uma velocidade constante de 160 quilômetros por hora, levaríamos cerca de **221 milhões de anos** para chegar ao centro da Via Láctea.

A Via Láctea e a galáxia de Andrômeda deverão colidir um dia, formando uma única mega galáxia.

Slide 14



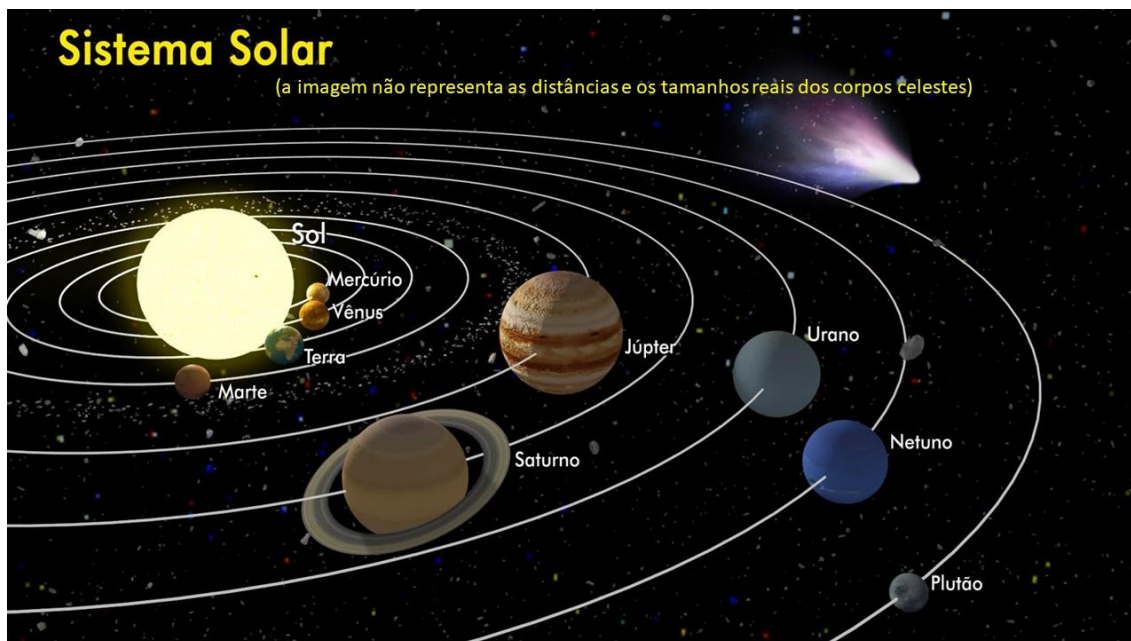
Slide 15



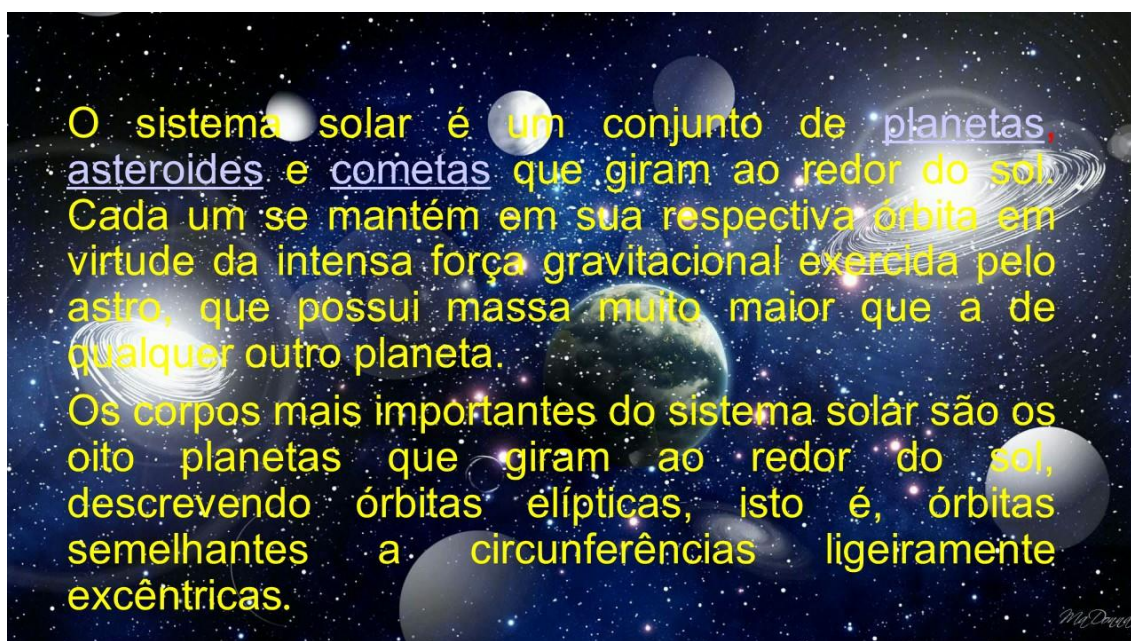
Slide 16



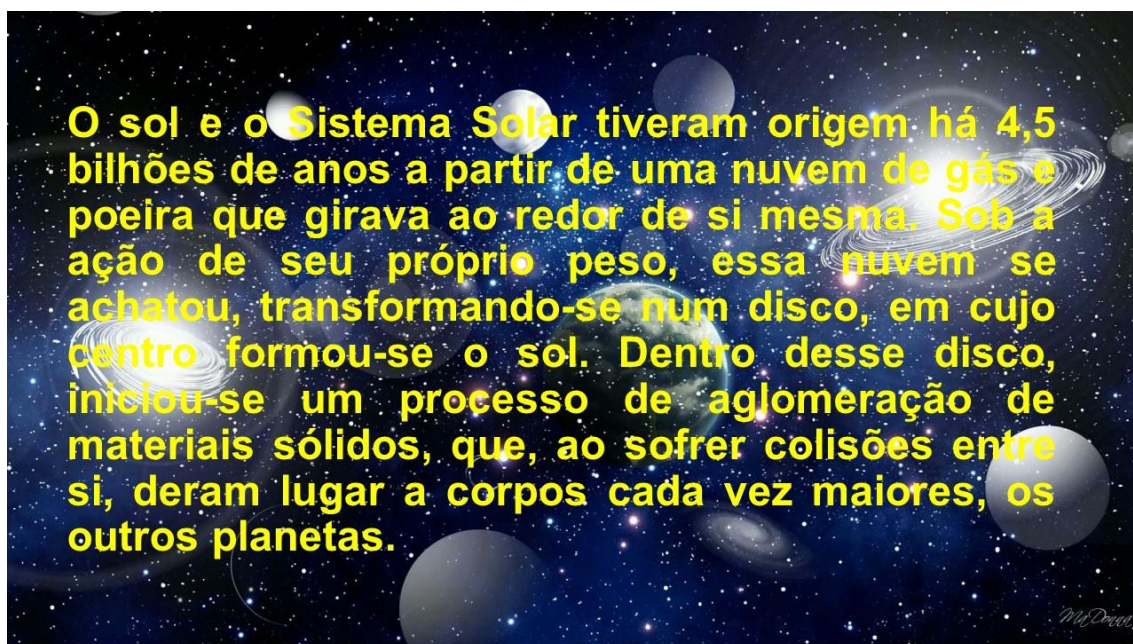
Slide 17



Slide 18



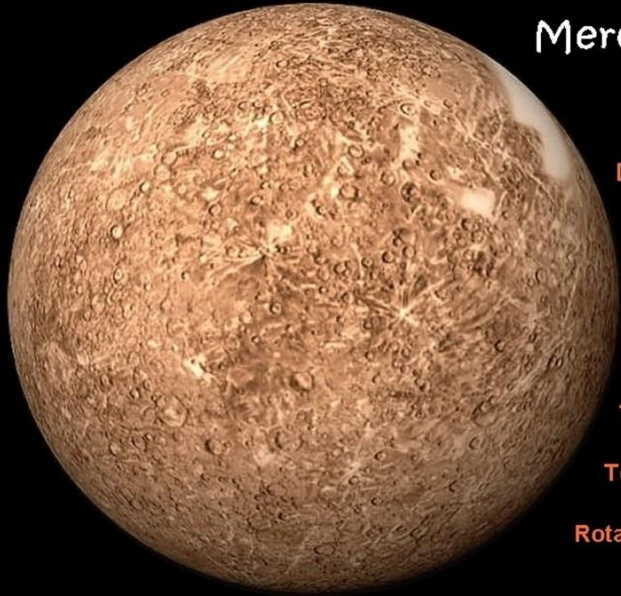
Slide 19



Slide 20



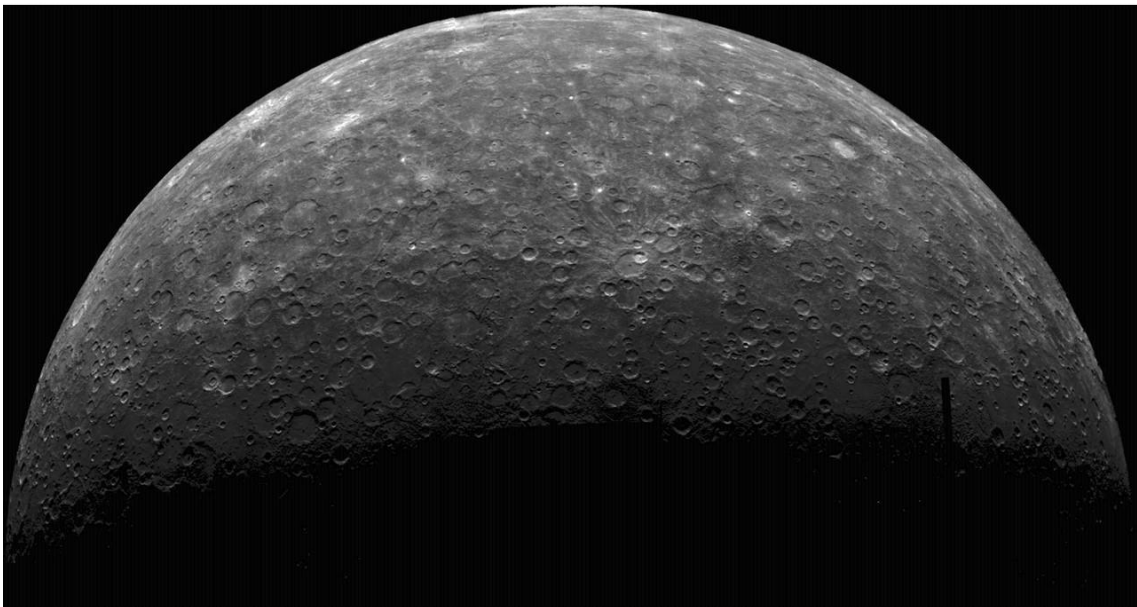
Slide 21



Mercúrio: O mais próximo do sol

- Distância do sol:** 57.900.000 km
- Diâmetro:** 4.840 km
- Massa:** 0,055 vezes a massa da terra
- Densidade:** 5,4 g/cm³
- Temperatura diurna:** 400°C
- Temperatura noturna:** -200°C
- Rotação:** 59 dias

Slide 22



Slide 23



Slide 24

VÊNUS



Rotação (dia): -243 dias
Translação (ano): 224 dias
Diâmetro: (km): 12 102
Temperatura max: 482°C
Pressão atmosférica: 92 bar
Luas: nenhuma


Composição Atmosférica:

Hélio	Dióxido de carbono
Sódio	Enxofre

Slide 25



Slide 26



Terra: A nossa casa

Distância do sol: 150.000.000 km

Diâmetro: 12.700 km

Massa: $5,9722 \times 10^{24}$ kg

Densidade: 5,515 g/cm³

Temperatura: Min. -88°C e Máx. 60°C

Idade: 4,54 bilhões de anos

Lua

Distância da terra: 384.405 km

Diâmetro: 3.474,8 km


Massa: $7,349 \times 10^{22}$ kg

Densidade: 3,34 g/cm³

Temperatura: Min. -173,1 °C e Máx. 116,9 °C

Período orbital: 27 dias

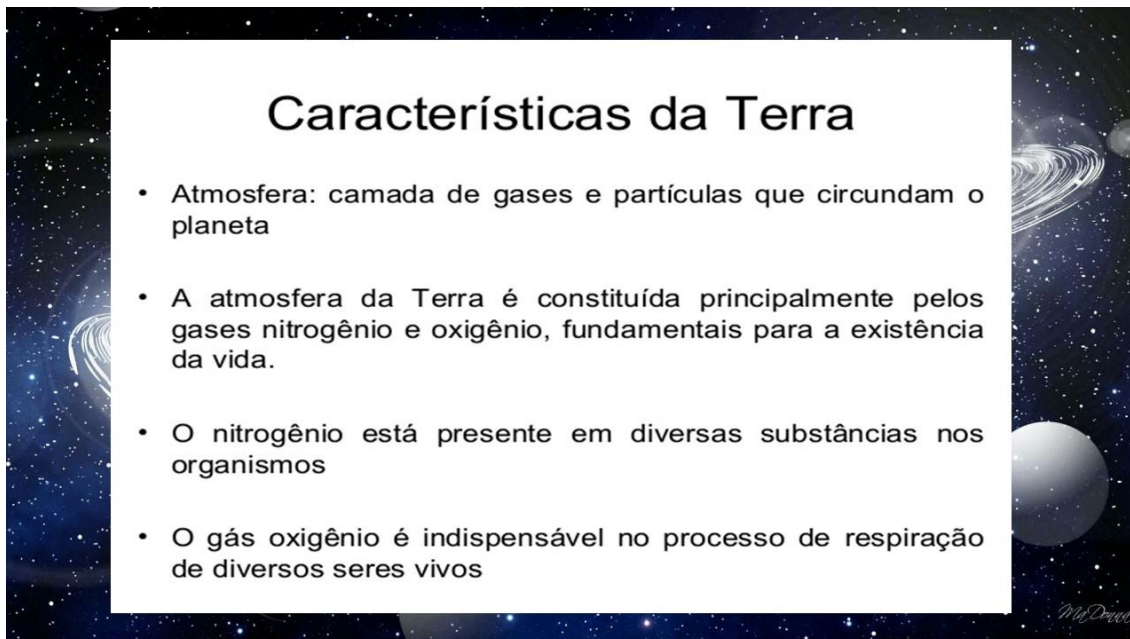
Idade: 4,527 bilhões de anos

Atualidade Ciência 

Slide 27

Características da Terra


- Atmosfera: camada de gases e partículas que circundam o planeta
- A atmosfera da Terra é constituída principalmente pelos gases nitrogênio e oxigênio, fundamentais para a existência da vida.
- O nitrogênio está presente em diversas substâncias nos organismos
- O gás oxigênio é indispensável no processo de respiração de diversos seres vivos



Slide 28



Slide 29



Marte: O planeta vermelho

Distância do sol: 228.000.000 km

Diâmetro: 6.787 km

Massa: 0,11 da massa terrestre

Densidade: 3,9 g/cm³

Temperatura: -23°C

Pressão atmosférica: 0,001 atm

Rotação: 24 h, 37 min e 23 seg

Inclinação do equador: 25°

Satélites: Fobos e Deimos



Atualidade Ciência 

Slide 30



Slide 31




Slide 32



Slide 33

O SISTEMA SOLAR

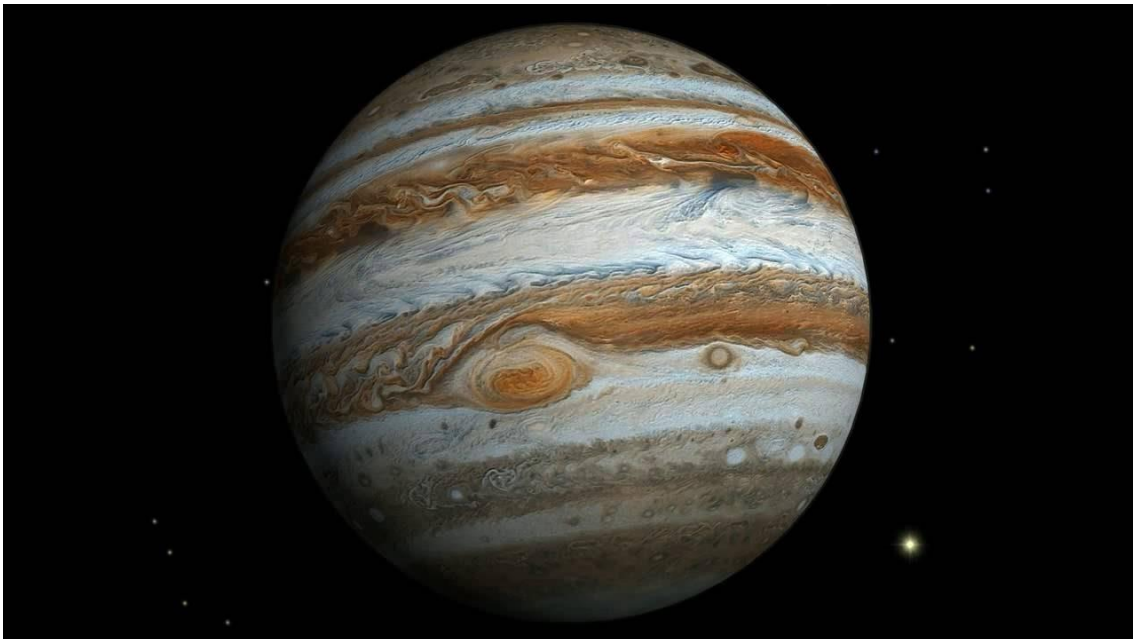
JÚPITER



Rotação (dia): 9h54m
Translação (ano): 12 anos
Diâmetro: (km): 142984
Temperatura: -121 °C
Gravidade: 22,88 m/seg²
Luas: 63

Composição atmosférica:
Hidrogênio Amonia
Hélio

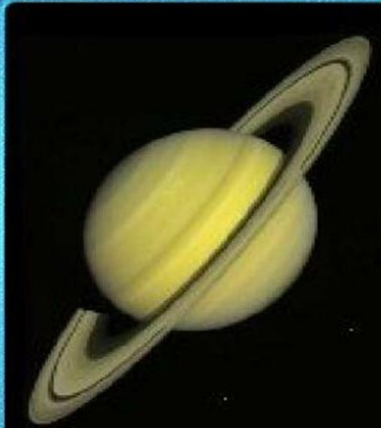
Slide 34



Slide 35

O SISTEMA SOLAR

SATURNO



Rotação (dia): 10h23m

Translação (ano): 29,5 anos

Diâmetro: (km): 120 536

Temperatura: -125 °C

Gravidade: 9.05 m/seg²

Luas: 47

Composição atmosférica:

Hidrogênio


Hélio

Slide 36

O SISTEMA SOLAR

SATURNO

Tamanho comparado à Terra



Slide 37




Slide 38



Slide 39

O SISTEMA SOLAR

URANO




Rotação (dia): 17h52m
Translação (ano): 84 anos
Diâmetro: (km): 51 118
Temperatura: -193 °C
Gravidade: 7.77 m/seg²
Luas: 27

Composição atmosférica:
Hidrogênio
Hélio
Metano

Slide 40

O SISTEMA SOLAR

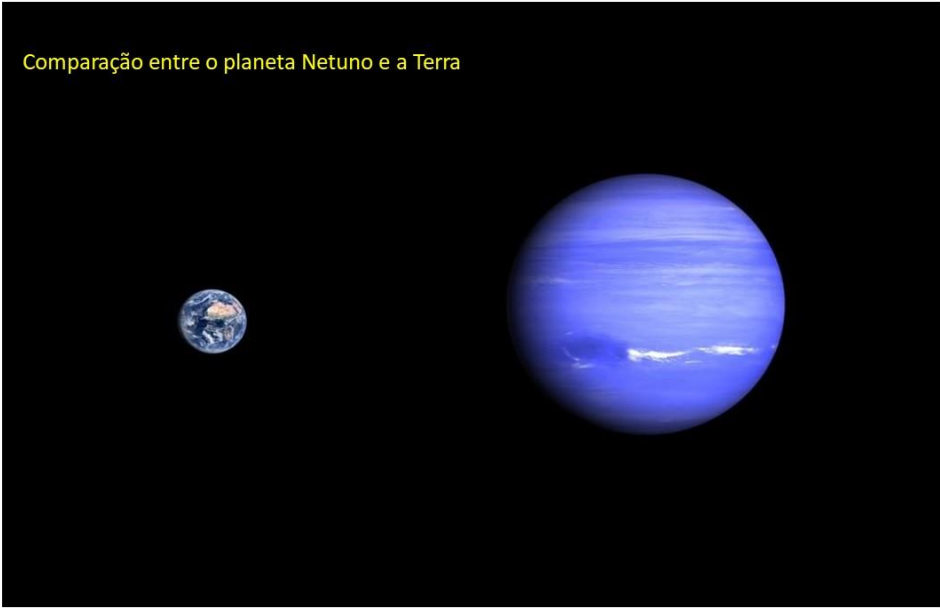
NETUNO



Rotação (dia): 16h11m
Translação (ano): 164 anos
Diâmetro: (km): 49 492
Temperatura: -193 °C
Gravidade: 11 m/seg²
Luas: 13

Composição atmosférica:
Hidrogênio
Hélio
Metano

Slide 41



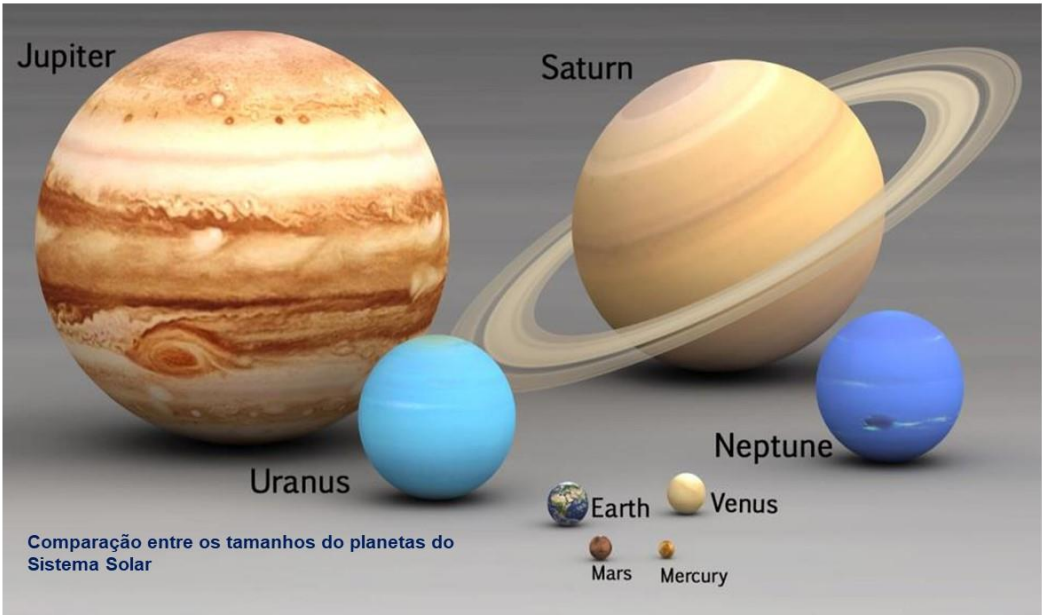
Slide 42



Slide 43

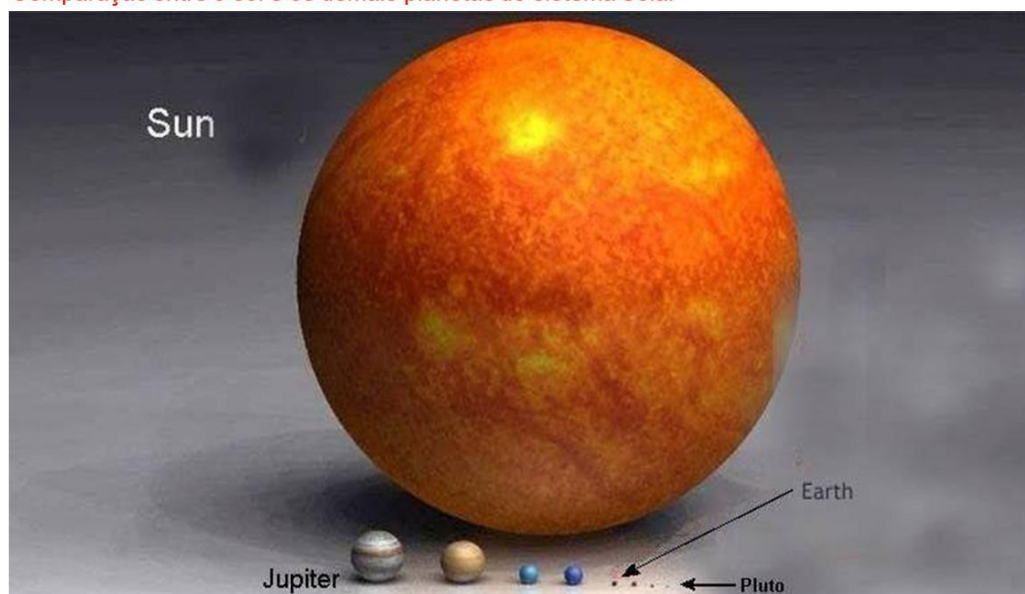


Slide 44



Slide 45

Comparação entre o sol e os demais planetas do sistema Solar



Slide 46



Slide 47

Estudos recentes sugerem que povos antigos já entendiam a precessão dos equinócios (ou axial), que é a mudança causada pelo gradual eixo rotacional da Terra. Estima-se que há 40 mil anos os humanos calculavam o tempo com base na posição das estrelas. A avaliação ainda aponta que as percepções astronômicas pode ter ajudado a navegação em mar aberto.

Slide 48

Como os povos primitivos observavam o céu?

Há cerca de 8 mil anos, o homem começou a praticar uma espécie de agricultura rudimentar, não demorou para que fenômenos sazonais, como a migração de animais e a eclosão de frutos, fossem relacionados com o aspecto do céu. Além disso, esses nossos ancestrais descobriram nas estrelas uma importante forma de orientação no tempo e no espaço, habilidade importante quando a maioria dos povos se tornou sedentária.

Diversos povos criaram artefatos, monumentos ou métodos para a observação e estudos astronômicos.

10/11/20

Slide 49

Desde a 3000 a.C as civilizações antigas já registram procedimentos e a procura de um saber astronômico que é baseado na observação empírica. Existem indícios de que os chineses, os babilônios, assírios e os egípcios e na sequência, em torno de 1.500 a.C, também no mediterrâneo com a Grécia e na América do Sul e Central, os povos pré-colombianos, os Maias, Incas e Astecas também praticavam o que chamamos de astronomia.



10/11/20

Slide 50



Slide 51

Arqueoastronomia e Etnoastronomia

- Arqueoastronomia: é o estudo dos vestígios astronômicos arqueológicos deixados pelo homem ao longo do tempo.

- Etnoastronomia: é o estudo da relação entre cultura e astronomia dos povos humanos.



Slide 52



Slide 53



10/11/20

Sítio arqueológico de Stonehenge na Inglaterra

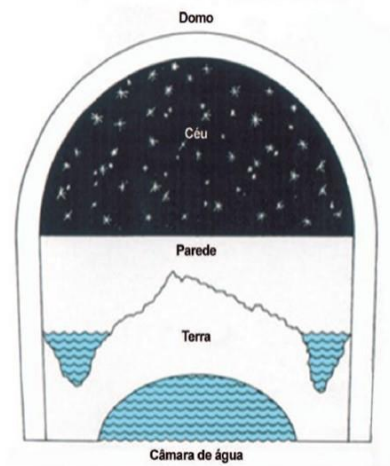
Slide 54



Slide 55

A cosmologia na Mesopotâmia

- ▶ A astronomia babilônica é notada pelos seus registros, contínuos e detalhados, de fenômenos astronômicos tais como eclipses, posições dos planetas e nascimento e ocaso da Lua. Alguns destes registros foram feitos em 800 a.C. e são os mais antigos documentos cinéticos existentes.

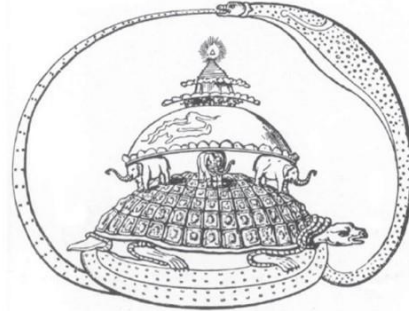


O Universo visto pelos babilônios.

Slide 56

A COSMOLOGIA NA ÍNDIA

- ▶ Números Binários e o infinito
- ▶ Números binários foi usado por Pingala por volta do ano 450 a.C
- ▶ Leibniz em 1678, quase 2000 anos depois.
- ▶ Inventaram o zero



Um dos conceitos hindus sobre o Universo.

10/11/20

Slide 57

A TERRA segundo a Bíblia

Na versão da Bíblia traduzida por João Ferreira de Almeida.

"... dá ordens ao sol, e ele não nasce; o que sela as estrelas;" JÓ 9:7

"Grossas nuvens o encobrem, de modo que não pode ver, e ele passeia em volta da **abóbada** do céu." JÓ 22:14

"E ele o que está assentado sobre o **círculo** da terra..." ISAÍAS 40:22

"Marcou um limite **circular** sobre a superfície das águas..." JÓ 26:10

"O sol nasce, e o sol se põe, e **corre** de volta ao seu lugar donde nasce." ECLESIÁSTES 1:5

"...para que as águas não **transpassassem**..." PROVÉRBIOS 8:29

"...O Senhor reina, ele firmou o mundo, de modo que não pode ser abalado (...)" SALMOS 96:10

↓ ABISMO ↓

MARCUS VALERIO XR
www.xr.pro.br

Slide 58

primeiros registros de como os gregos interpretavam o universo



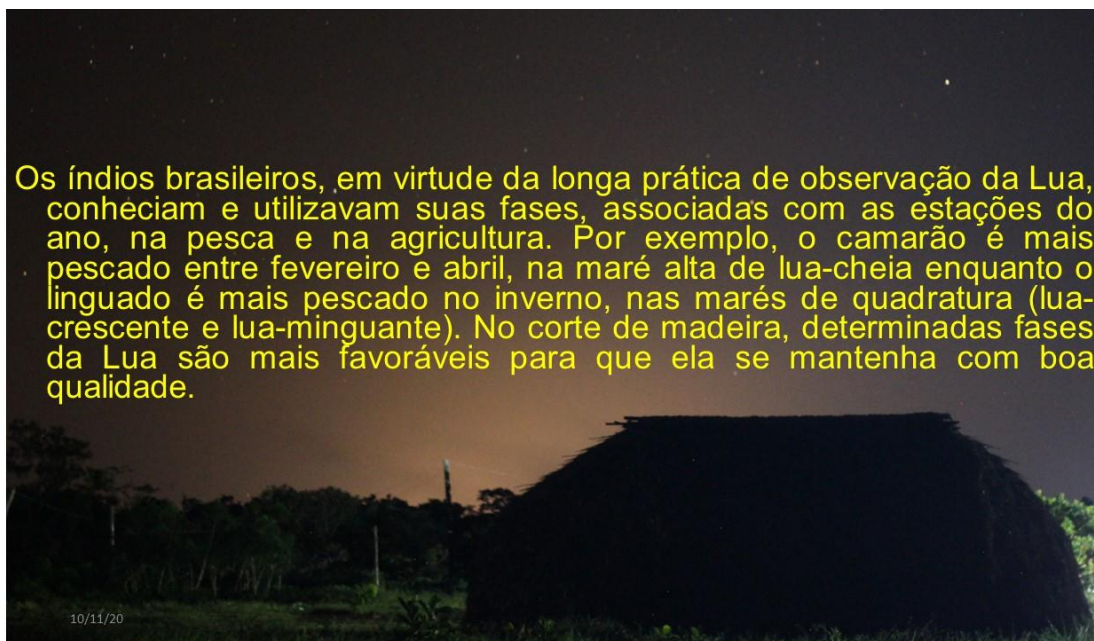
Na Odisséia Homero dizia que o firmamento tinha a forma de uma bacia sólida emborcada que englobava toda a terra, e com um "aither" (éter) brilhante e flamejante situado acima do "aer" (ar), onde estão as nuvens. Homero mencionava os movimentos do Sol e da Lua. Ele também citava várias estrelas pelos seus nomes.

Slide 59



10/11/20

Slide 60



Slide 61



Slide 62

Segundos os pesquisadores as estruturas que possuem mais de 2 mil anos, serviam para guiar as comunidades primitivas no Amapá com relação as estações de chuva, de plantio, e épocas das estações do ano. São aproximadamente 127 pedras colocadas e entalhadas num raio de 30m.

10/11/20



Slide 63

Continua na próxima aula ...



10/11/20

© picture-alliance/Bil2agentur-online/Tetra Images

A História da Astronomia

Da antiguidade aos tempos
modernos

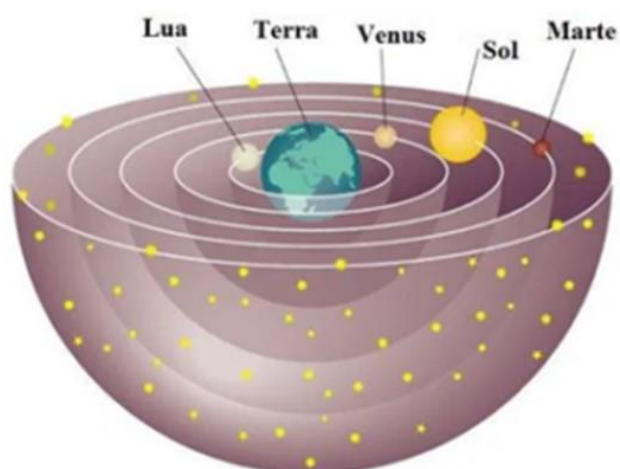


Os Primórdios da observação Astronômica

- Os primeiros registros astronômicos datam de aproximadamente 3000 a.C. e devem-se a chineses, babilônios e egípcios.
- O ápice da ciência antiga deu-se na Grécia, de 600 A.C. – 400 A.C.
- Foram os primeiros a falar em esfera celeste e a considerar que este girava em torno da Terra.

Geocentrismo

É a idéia segundo a qual a Terra era o centro do Universo e o Sol e os demais planetas giram ao redor dela.





O modelo geocêntrico de Ptolomeu



O aparecimento da Teoria Heliocêntrica

- É no contexto de mudança verificado na Europa no Final da Idade Média que aparece a obra de Nicolau Copérnico (1473-1543), em que propõe um novo modelo planetário.
- Retoma a ideia de Aristarco de Samos, que pressupõe que é o Sol e não a Terra que ocupa o centro do Universo.



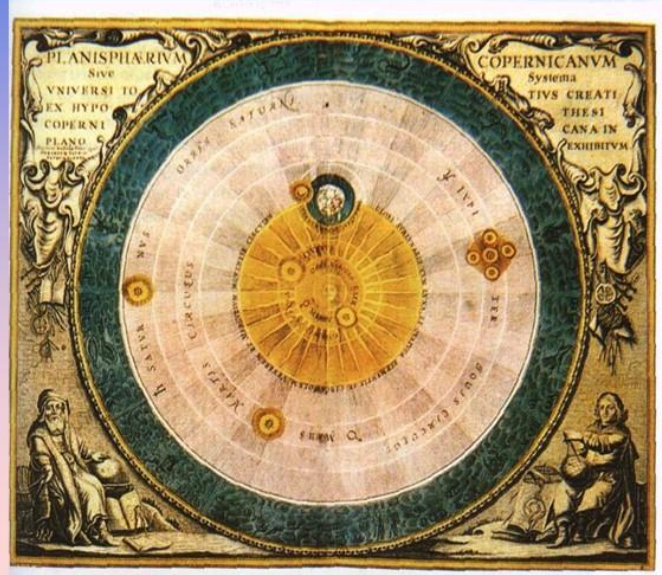
Nicolau Copérnico

Heliocentrismo

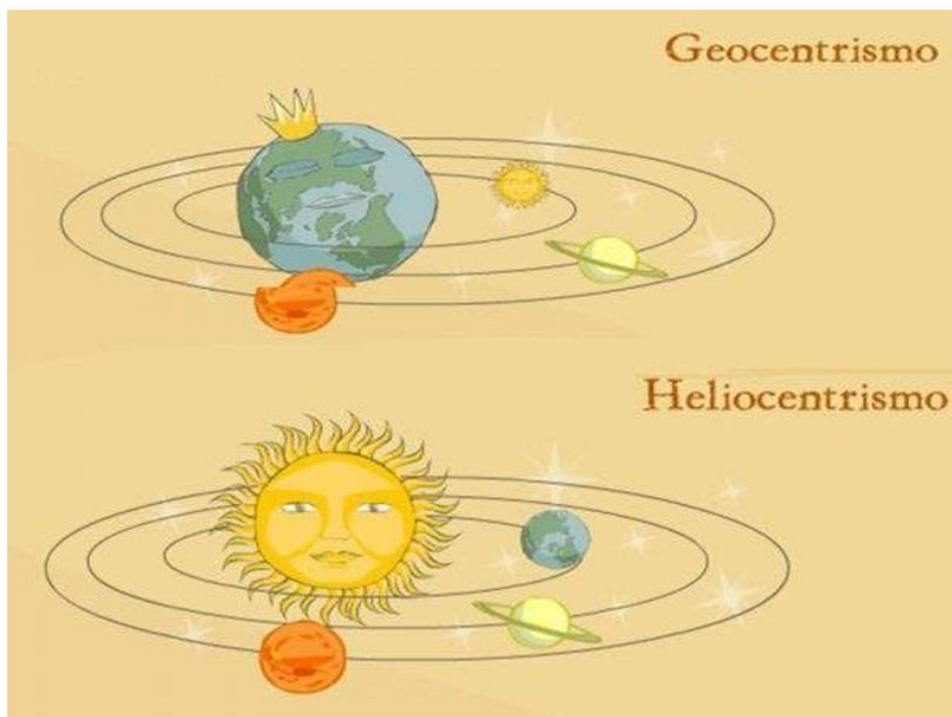
- “No meio de tudo, o Sol repousa imóvel. Com efeito, quem colocaria, neste templo de máxima beleza, o doador de luz em qualquer outro lugar que não aquele de onde ele pode iluminar todas as outras partes?”

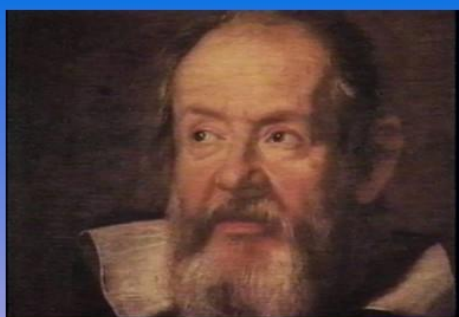
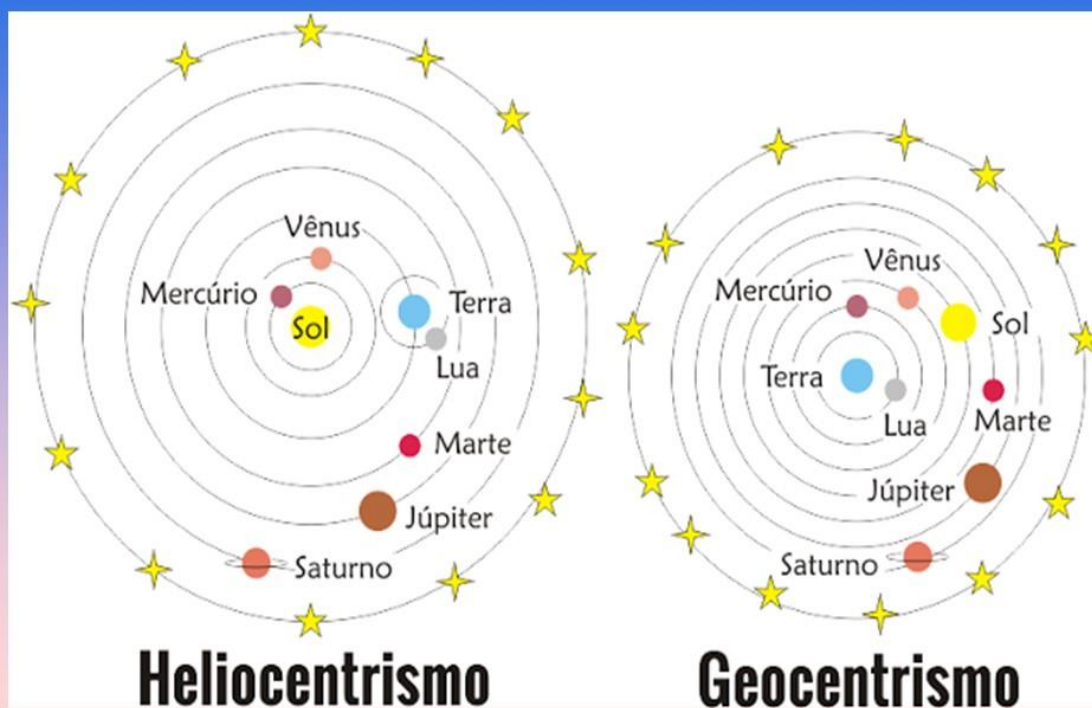


Modelo Heliocêntrico

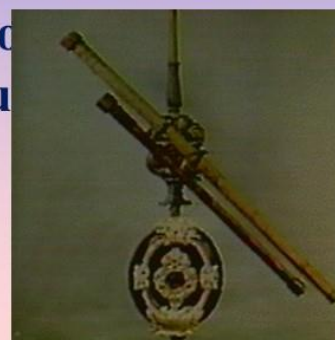


2 | Modelo heliocêntrico: "helio" - Sol; "cêntrico" - no centro.



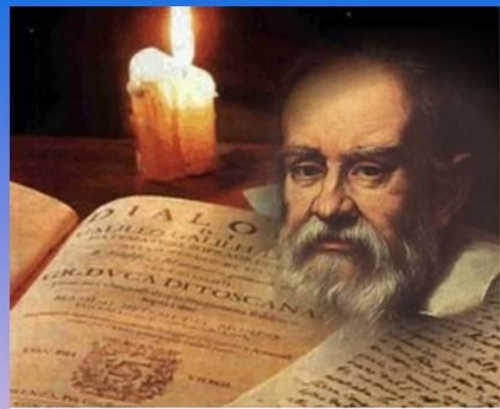


- Só com os estudos efetuados por Galileu Galilei (1564-1642), se abriram novos horizontes com o seu telescópio astronômico (luneta de Galileu)



- **As descobertas sucederam-se a um ritmo acelerado: as crateras da Lua, os satélites de Júpiter, as manchas solares e as fases da Lua e de Vênus.**
- **Só nesta época é que as teorias de Copérnico ganham um poderoso aliado.**





DIALOGO
DI
GALILEO GALILEI LINCEO
MATEMATICO SOPRAORDINARIO
DELLO STUDIO DI PISA.
E Filosofo, e Matematico primario del
SERENISSIMO

GR.DVCA DI TOSCANA.

Dioue ne i congressi di quattro giornate li discorre
sopra i due

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Propone indeterminatemente le ragioni Filosofiche, e Naturali
sotto per l'una, e quanto per l'altra parte.*

CON PRI



VILEGI.

IN FIRENZA, Per Gio: Batista Landini MDCXXXII.
CON LICENZA DE' SUPERIORI.

GIORDANO BRUNO



Durante sete anos, Giordano Bruno foi julgado por autoridades da Igreja sob a acusação de heresia, até ser condenado à fogueira no ano de 1600

Johannes Kepler

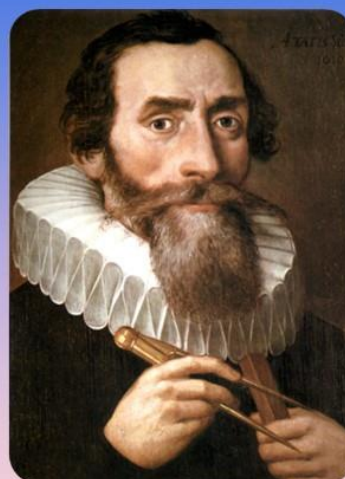


(1571 – 1630)



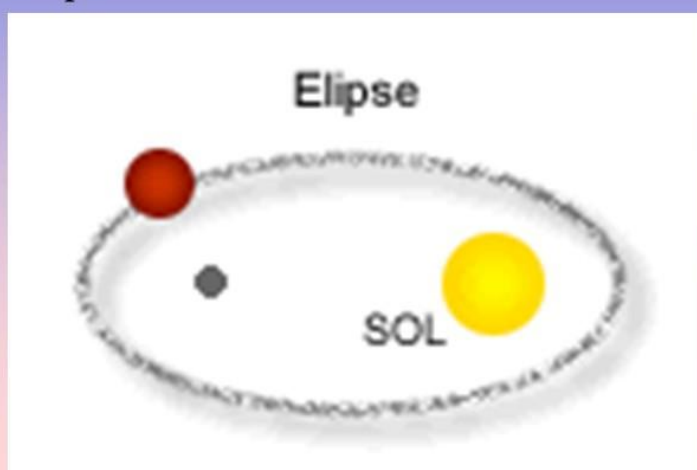
Johannes Kepler

- A partir das observações feitas por Galileu Galilei, Kepler elabora um trabalho científico, tendo o sol como referência, provando através de três leis, matematicamente as relações entre os períodos, posições, velocidades e trajetórias dos planetas



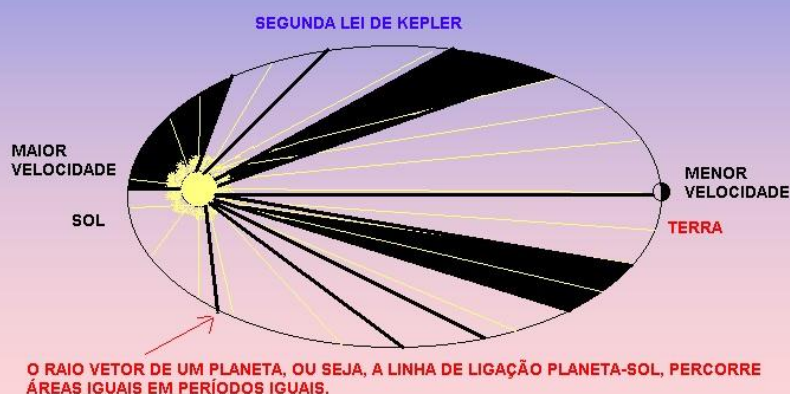
1ª Lei – A lei das trajetórias

- Todos os planetas se movem em órbitas elípticas, com o Sol ocupando um dos focos.

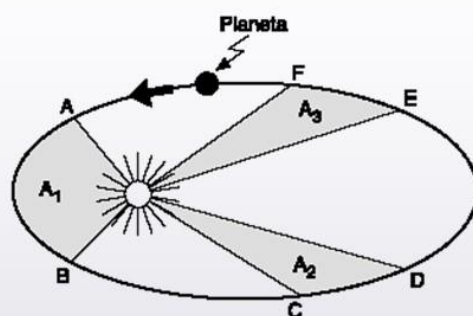


2ª Lei de Kepler – Lei das Áreas

- A linha imaginária que liga um planeta até o Sol varre áreas iguais em iguais intervalos de tempo.

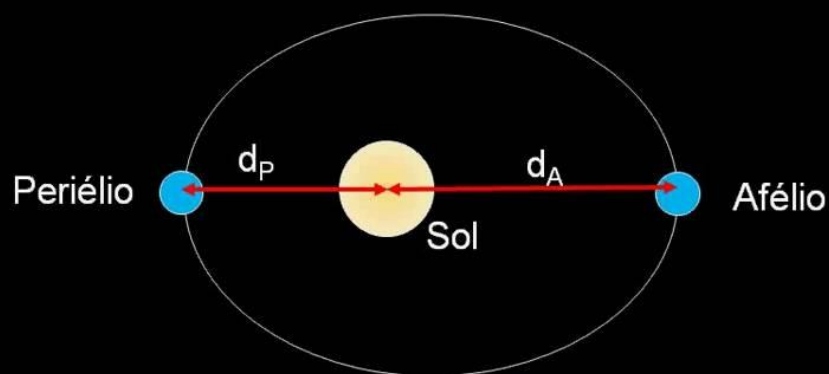


UERJ A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol.



Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas – A_1 , A_2 e A_3 – apresentam a seguinte relação:

- a) $A_1 = A_2 = A_3$
- b) $A_1 > A_2 = A_3$
- c) $A_1 < A_2 < A_3$
- d) $A_1 > A_2 > A_3$



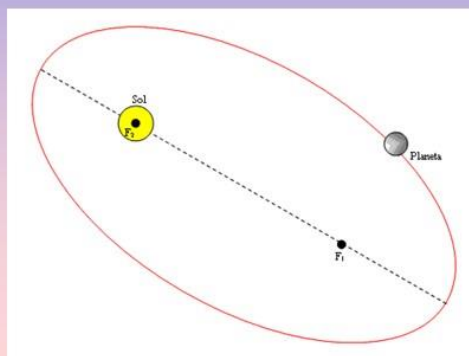
Raio médio de órbita:
$$R = \frac{d_P + d_A}{2}$$

T: período de translação

3ª Lei de Kepler – Lei dos Períodos

- Para todos os planetas, o quadrado de seu período de revolução é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua órbita.

$$\frac{T^2}{R^3} = K$$

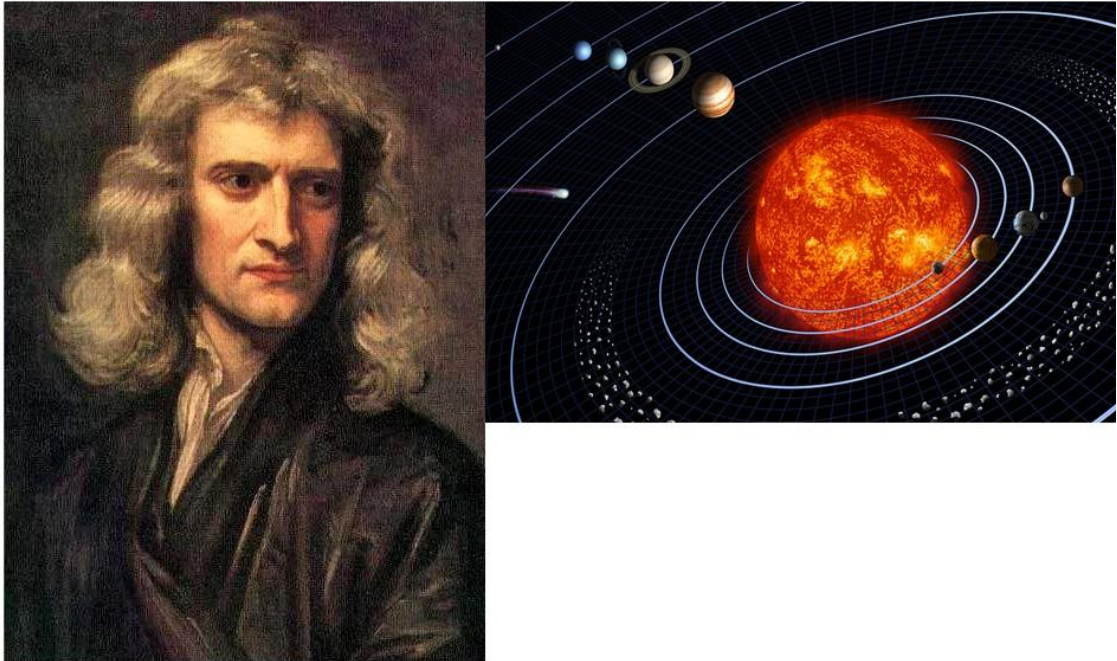


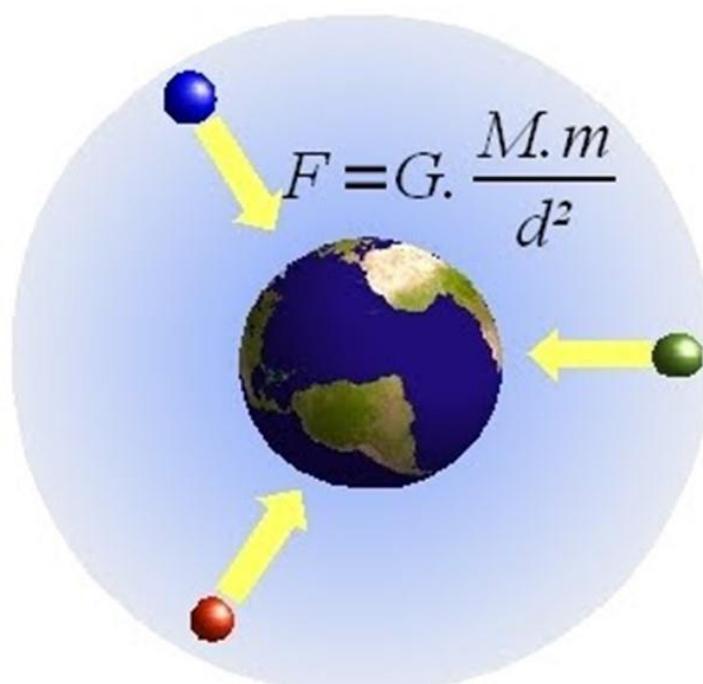
Exemplo 01

(Cesgranrio) O raio médio da órbita de Marte em torno do Sol é aproximadamente quatro vezes maior do que o raio médio da órbita de Mercúrio em torno do Sol. Assim, a razão entre os períodos de revolução, T_1 e T_2 , de Marte e de Mercúrio, respectivamente, vale aproximadamente:

- $T_1/T_2 = 1/4$
- $T_1/T_2 = 1/2$
- $T_1/T_2 = 2$
- $T_1/T_2 = 4$
- $T_1/T_2 = 8$

Isaac Newton





A **gravidade** é um fenômeno em que **coisas massivas são atraídas**. **Newton** descreveu a gravidade como uma força:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

A força F atua na massa m_2 em direção à massa m_1 e a massa m_1 em direção à massa m_2 .

A força F é mais fraca se a distância r for maior. Se r for aumentado $2\times$, a força F se torna $4\times$ menor.

A **gravidade da Terra** afeta todos os objetos. se m_1 é a Terra, chamamos F afetando m_2 como "**peso de m_2** ".

A **gravidade não é a única força**. Mais de uma força pode afetar um objeto. O objeto é acelerado de acordo com a **soma das forças** que o afetam.

A **gravidade newtoniana** foi substituída pela **relatividade geral**, mas ela ainda é usada por ser mais **simples** e fornecer **resultados precisos** para muitas aplicações.



TerraPlana.ws/gravidade-newtoniana
Desmistificando a Terra Plana

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

|F| - módulo da força de atração gravitacional (representada em N - Newton)

G - constante de gravitação universal ($6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^2/\text{m}^2$)

M - massa gravitacional ativa (representada em kg - quilogramas)

m - massa gravitacional passiva (representada em kg - quilogramas)

d² - distância entre as massas ao quadrado (representada em m²)

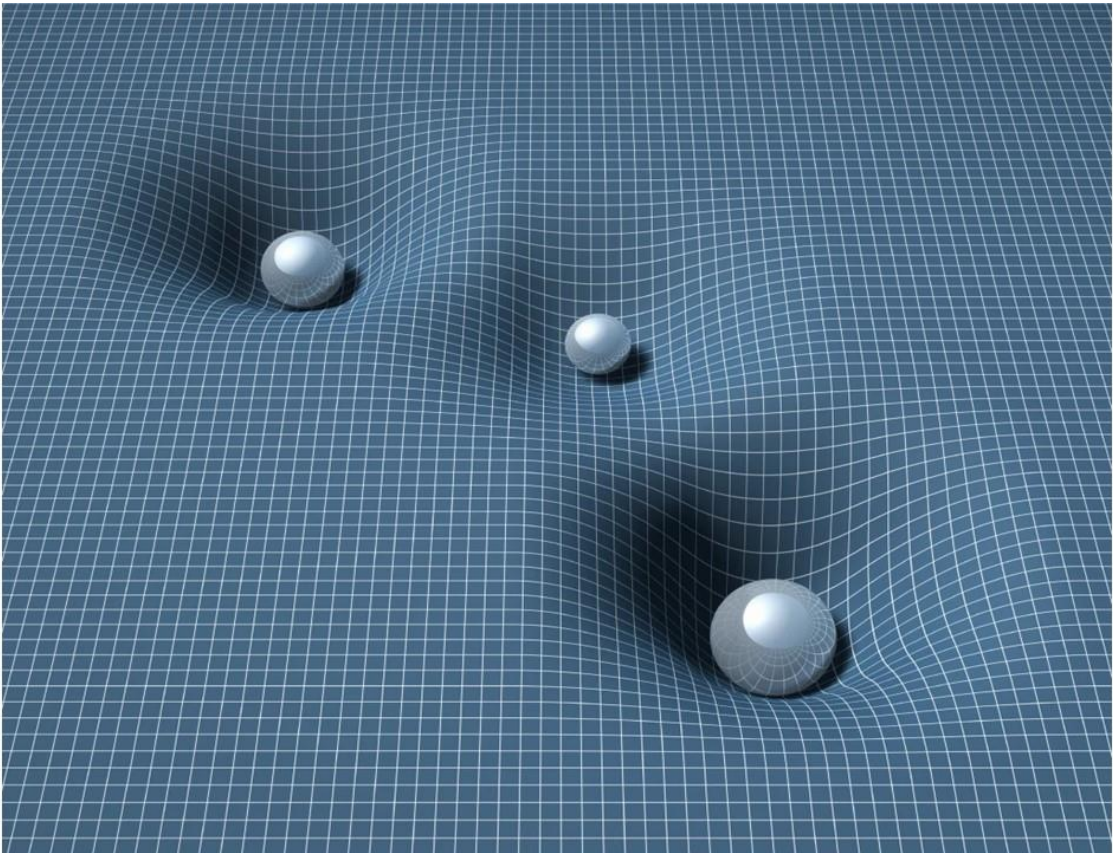
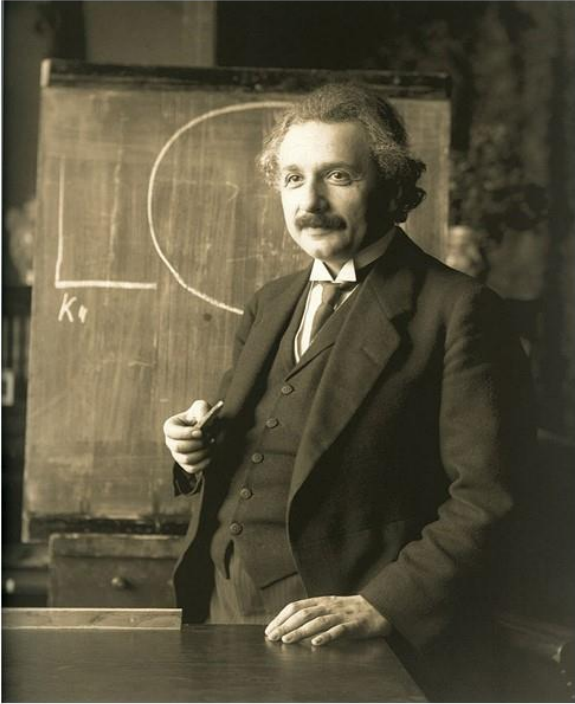


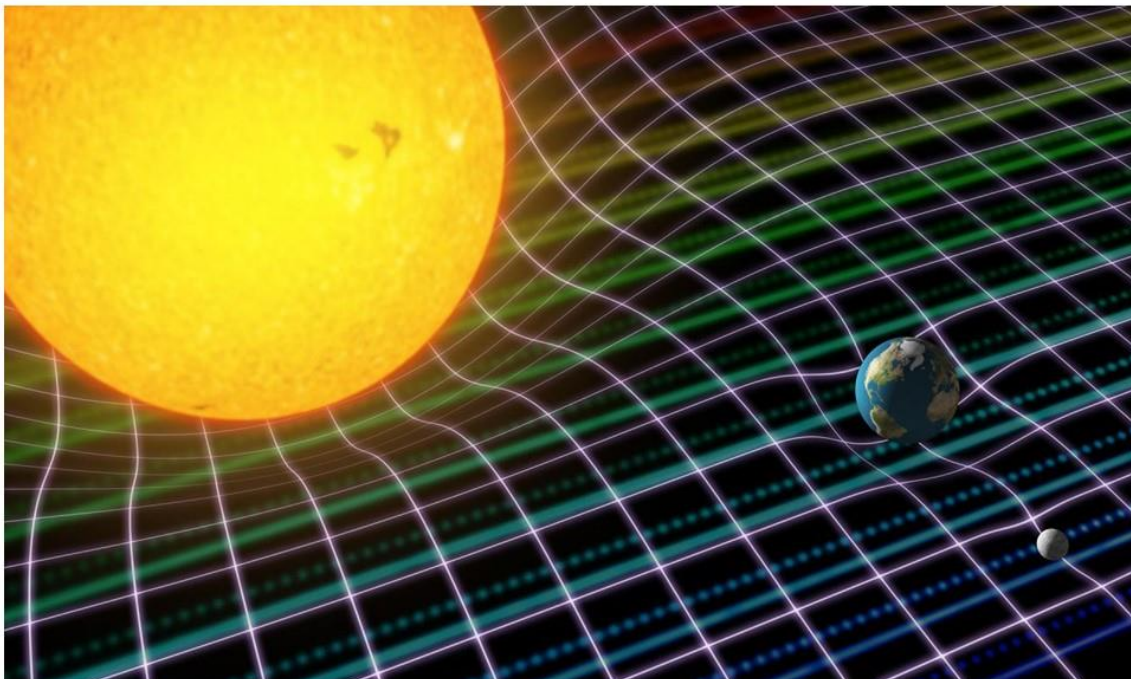
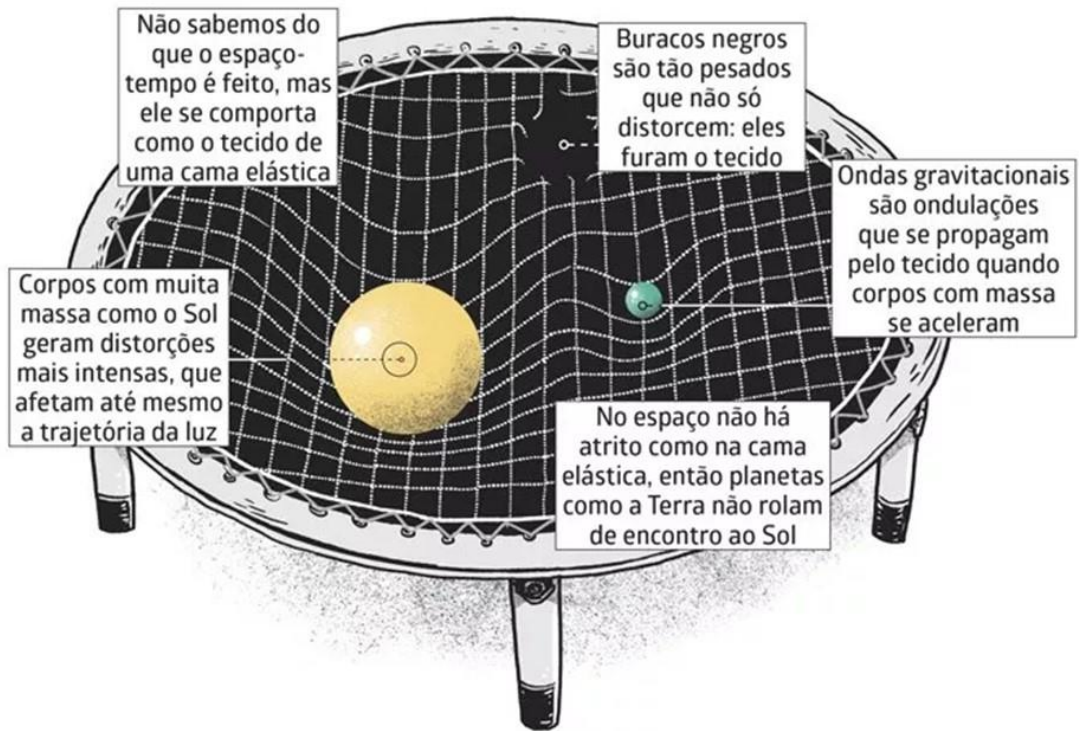
Determine a força de atração entre o Sol e a Terra em termos de 10^{22} N sabendo que a massa da Terra é $6 \cdot 10^{24}$ kg, a massa do Sol é $2 \cdot 10^{30}$ kg e a distância entre os dois astros é de $1,5 \cdot 10^8$ km. Dado $G = 6,67 \times 10^{-11}$

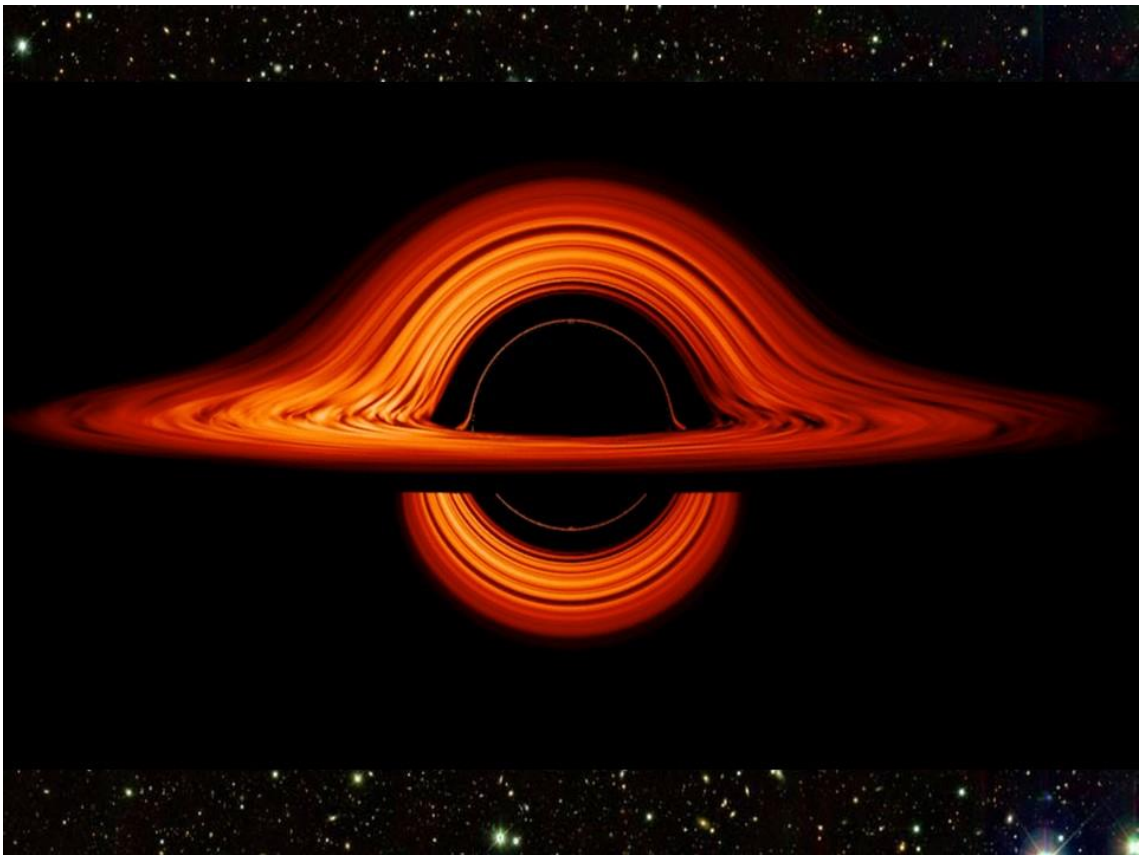
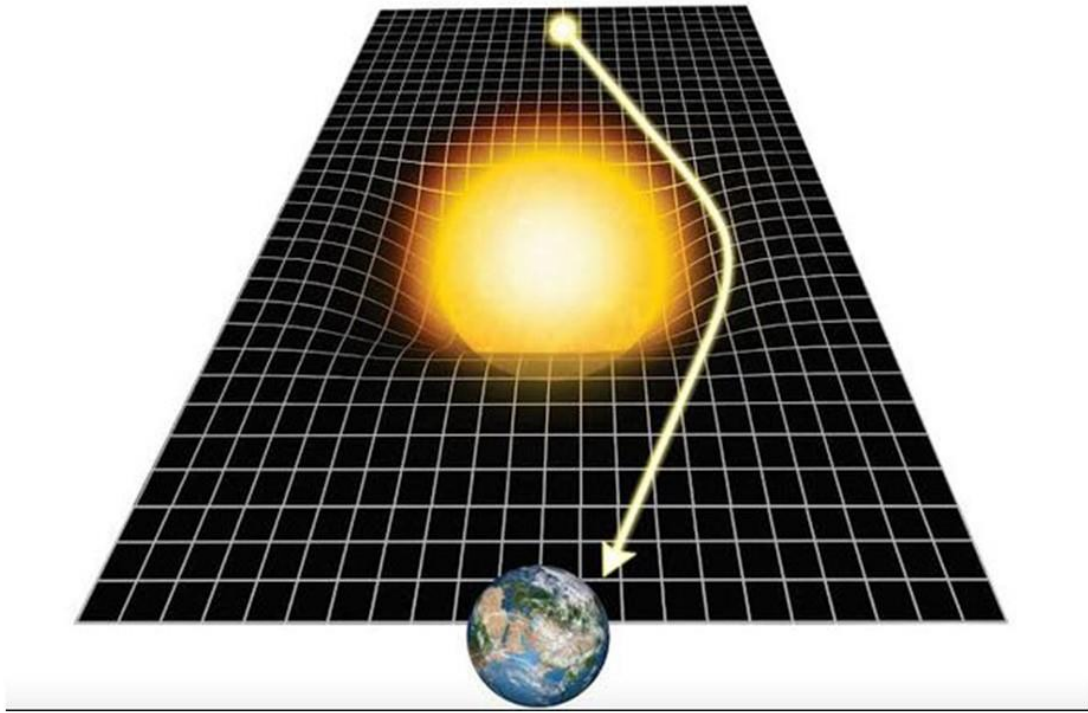
Dado: $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$

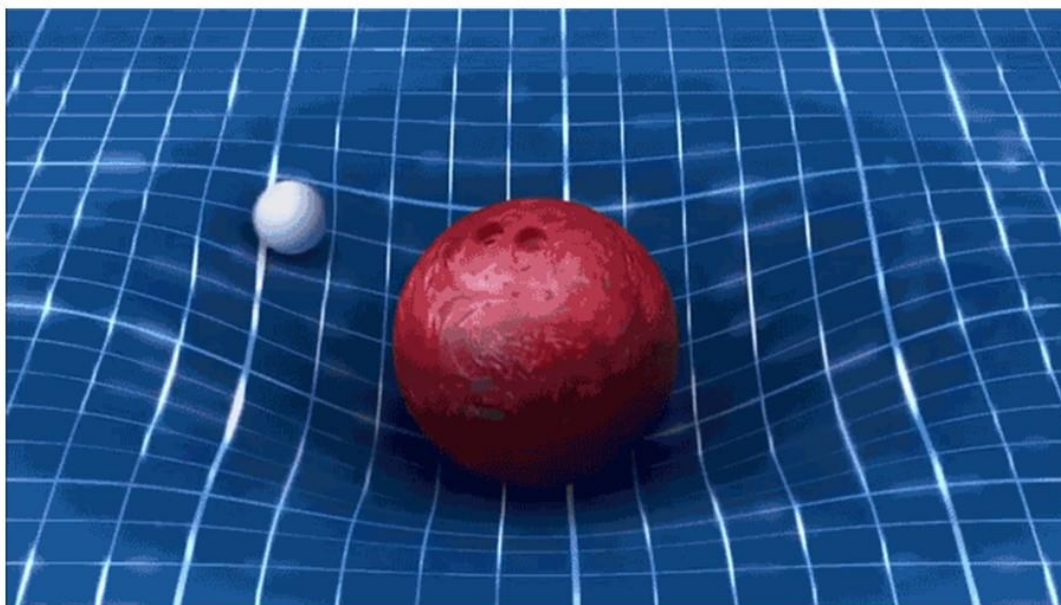
- a) 3,52
- b) 4,58
- c) 1,51
- d) 2,52
- e) 2,10

Albert Einstein









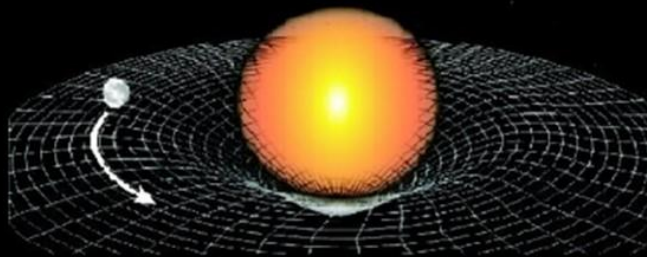
Uma nova visão da gravidade

Gravidade não é uma força

É um conjunto de ações e comportamentos observados.

Newton - força que se propaga instantaneamente

Einstein – massas seguem a curvatura do espaço tempo



Universo em expansão

Hubble descobre as Galáxias

Descobre que elas estão se afastando

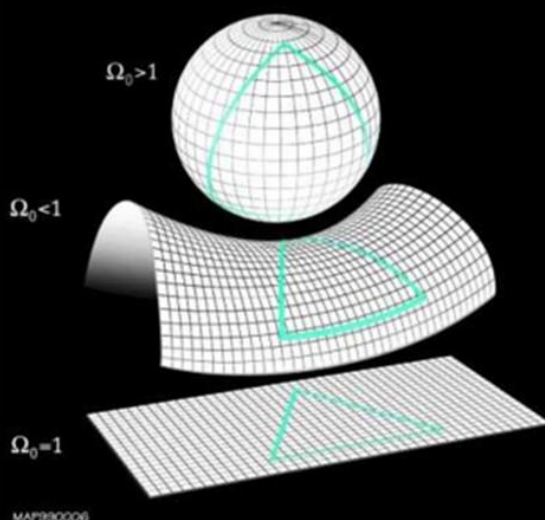
1929 - Universo está em expansão

Einstein se arrepende de sua Constante Cosmológica



Galáxia de Andrômeda
distância: 2 milhões de A.L.

Espaço curvo 3D



2D é fácil de entender pois podemos “olhar de fora”

Há outros tipos de espaços como selas de cavalo

Espaço 3D curvo é impossível de imaginar, assim como espaço – tempo 4D

