

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

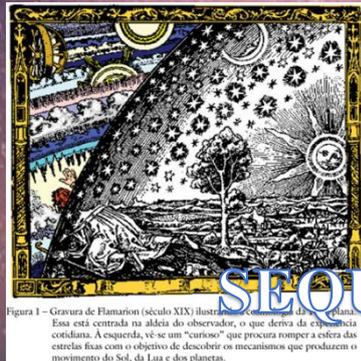


Figura 1. Imagem da Via Láctea. Fonte: hypescience¹

¹ Disponível em: <https://hypescience.com/assista-ao-nascimento-da-via-lactea/> - Acesso dia 23/07/19, às 8h20min.

ALFENAS – MG

2019

TARLEI JOSÉ DE MESQUITA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE COSMOLOGIA, DOS MITOS ÀS CONCEPÇÕES
CIENTÍFICAS.

Produto apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Mestrado Profissional em Ensino de Física / MNPEF, polo da Universidade Federal de Alfenas, MG. Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientador: Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior.

Produto: Sequência didática sobre cosmologia, dos Mitos às concepções científicas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	6
2.1	A descrição do produto	7
2.2	Apresentação.....	8
3	PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	10
3.1	Aula 1 – Introdução à Natureza da Ciência	10
3.2	Aula 2 - Concepções Epistemológicas sobre a Natureza da Ciência.....	15
4	SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTOS.....	22
4.1	Aula 3 - Origem e evolução do pensamento humano	22
4.2	Aula 4 - O Universo de duas esferas aristotélico-ptolomaico.....	34
4.3	Aula 5 - Revolução copernicana	40
4.4	Aula 6 - Cosmologia do século XX	50
5	TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO	56
5.1	Aplicação do conhecimento – Atividades	56
6	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Este produto educacional foi projetado como complemento de minha dissertação de Mestrado apresentada ao Programa do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), e da Sociedade Brasileira de Física (SBP), do polo da Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais e foi construído como mais uma ferramenta didática para os professores do Ensino Médio que desejam utilizá-lo em suas aulas de ciências para discutir sobre a natureza da ciência focando a atividade científica utilizando, para isso, os episódios da história da ciência. Tudo isso para enriquecer e contextualizar suas aulas práticas e teóricas tendo um ensino de qualidade e uma aprendizagem construtiva, significativa, crítica e reflexiva.

A intenção de ambos, dissertação e produto, foi introduzir nas aulas de Física a discussão sobre a natureza da ciência utilizando os seus episódios. No caso deste trabalho, a cosmologia. Com isso, pretende-se ensinar os conteúdos da Física de forma crítica e reflexiva, discutindo e debatendo sobre a natureza desses conteúdos, o contexto da descoberta e sua validade. Tendo o professor apenas a função de um mediador do conhecimento que repassa, acompanha e orienta esses conhecimentos aos seus alunos induzindo-os a tirar suas próprias conclusões.

Entretanto, nesta pesquisa, que se usou uma sequência didática como produto, está longe de ser única. Existem na literatura dezenas de outros trabalhos científicos com propostas similares e muito interessantes. Isso, porque pode-se encontrar na história da ciência muitos episódios na Astronomia e na Cosmologia que servem como parâmetros para discussões sobre a natureza da ciência utilizando esta ferramenta pedagógica. Assim, é comum encontrar autores se utilizando desses argumentos, conhecimentos e ferramentas para discutir e falar sobre ciência e sua natureza.

Contudo, fica a critério do professor escolher a melhor metodologia ou ferramenta de ensino que se adapte à realidade de seus alunos e de sua escola. Logicamente, fazendo as devidas adaptações e correções de acordo com a realidade da turma e a estratégia desejada. Haja vista, o mesmo foi feito ao criar e propor esta dissertação e produto.

Portanto, o produto criado teve o propósito de discutir a natureza da atividade científica utilizando episódios da história da ciência em seis aulas distribuídas em três momentos pedagógicos de Delizoicov (1982, p. 227). Sendo que no primeiro momento, duas aulas, “*Problematização Inicial*”, que se inicia com algumas questões propostas pelo professor relacionadas com a realidade vivida pelos alunos que estão de acordo com o tema, conhecimentos científicos estudados, discutindo a natureza da ciência de acordo com visões de Feyerabend, Popper e Kuhn. A seguir, no segundo momento, “*Organização do Conhecimento*”,

os conhecimentos serão estudados realizando diversas atividades desenvolvendo conceituação física para compreender as situações problematizadas, utilizou-se quatro aulas estudando episódios da história da ciência e finalizando, no terceiro momento, “*Aplicação do Conhecimento*”, foi apresentado seminários, debates e discussões se valendo de episódios da ciência trabalhados nas aulas que a antecederam envolvendo os conhecimentos assimilados nos momentos anteriores. Para isso, utilizamos textos do livro de apoio que faz parte do produto da dissertação. Tudo foi pensado e criado para melhorar a qualidade de ensino e melhorar a aprendizagem dos alunos no ensino de Física.

Foi proposto para cada aula o tempo necessário para colocar os problemas, fazer as pesquisas e leituras utilizando textos do livro de apoio, discutir os conteúdos estudados, debater as ideias propostas e apresentação dos seminários colocando em prática todos os conceitos apreendidos nos três momentos pedagógicos referentes a cada aula.

Finalizando, ao aliar discussões sobre a natureza da ciência se valendo dos episódios da história da ciência, no caso, Cosmologia, foi possível ensinar os conteúdos da Física propostos, cobrados e contemplados no currículo escolar, promovendo discussões, debates e reflexões de forma contextualizada, interessante, construtiva e significativa.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi decidido desenvolver uma sequência didática, como produto, com o propósito de nortear as atividades em sala de aula que foram utilizadas para ensinar episódios da ciência e discutir a natureza do conhecimento científico construído. Com isso, para elaborar esse material buscou-se na dinâmica didático-pedagógica dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1982, p. 227) o norte teórico metodológico. Sobre essa estratégia pode-se tomar como exemplo o trabalho de Arthur (2016) em seu artigo “*A natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação*” em que utilizaram a Gravitação para desenvolver um material didático para estudar aspectos da natureza da ciência através do uso de textos e apresentação de termos específicos da epistemologia da ciência. Segundo o autor os alunos foram bastante receptivos em relação à proposta como um todo, ficando a maior parte do tempo curiosos e participativos. Segundo ele,

a história da ciência pode propiciar uma abordagem de grande valia em relação a esta aceitação, enquanto que discussões devidamente instrumentalizada sobre a natureza da ciência podem enriquecer a visão do aluno sobre as características e o alcance desta, fugindo, ainda, dos discursos equivocados ou mesmo pseudocientíficos muitas vezes propalados na sociedade.

A ideia de construir uma dissertação caracterizada como qualitativa segundo Flick (2005) é um tipo de pesquisa que visa abordar o mundo lá fora e entender, descrever e, às vezes, explicar os fenômenos sociais de dentro, surgiu com o intuito de discutir, na sala de aula, a natureza da ciência utilizando episódios da história da ciência. Com isso, tal ideia nasceu em virtude da grande dificuldade de adequar os conteúdos programáticos contidos nos livros didáticos ao processo de ensino. Nem sempre era possível ensinar os conteúdos exigidos utilizando os textos científicos, porque não são fáceis de serem encontrados e nem sempre estão adequados ao nível de ensino. Por isso, o processo de ensino acontecia de maneira fragmentada, sem embasamento e descontextualizado. Consequentemente, a aprendizagem dos alunos ficava comprometida, sem conexão com a realidade, descontextualizada, pobre e vazia. Portanto, partindo dessa assertiva, percebeu-se que era preciso fazer algo para mudar essa realidade. Por isso, foi decidido discutir a natureza da ciência utilizando os seus episódios onde os alunos aprenderam sobre a evolução do pensamento humano: dos mitos as concepções filosóficas, tendo como referencial epistemológico os pensadores Karl R. Popper (2004), Thomas Kuhn (2006) e Paul Feyerabend (1989). Assim, para fazer isso, foi pesquisado artigos e livros sobre as características da ciência e sobre os epistemólogos que se ocupam da natureza do conhecimento criado e produzido pelos cientistas. Além disso, pesquisou-se vários livros sobre astronomia e cosmologia, tais como: *A Evolução das Ideias da Física* de Antônio

S.T. Pires (2008), A dança do Universo de Marcelo Gleiser (2006), A Origem do Universo de Joseph Silk (1984), A ciência através dos tempos de Attico Chassot (1995), Criação Imperfeita de Marcelo Gleiser (2014), Cosmos de Carl Sagan (2006) e a Revolução Copernicana de Thomas Kuhn (2002).

A partir desses estudos foi decidido escrever os textos de apoio para os professores, como material da sequência didática. Isso, porque, apesar de existir um vasto material sobre esses assuntos, eles são encontrados de forma fragmentada e nem sempre em um linguagem acessível aos estudantes e aos professores não familiarizados com o tema. A escolha de escrever os textos de apoio para o professor decorre do fato de não ser fácil encontrar livros de apoio sobre a história e a natureza da ciência para professores em sua prática de ensino, visto sua importância como material de pesquisa e consulta. Isso nos motivou a planejar e construir as atividades e os textos de apoio à prática de ensino para serem utilizados durante as aulas. Sobre essa escolha foi tomado como exemplo o trabalho de De Matos e Massoni (2016) que no artigo “*Textos de apoio ao professor de Física*” apresentam uma “*proposta didática*” para apresentar conceitos em relação aos movimentos dos corpos no ensino fundamental através de um aporte histórico e epistemológico. Com isso, eles estiveram movidos por alcançar uma melhoria da qualidade de ensino e promover um ensino mais voltado à formação para a cidadania e à reflexão crítica e aproximar o ensino escolar de alguns conceitos da Física Moderna e Contemporâneo, mas com significado positivo e transformador para os estudantes.

A seguir, será apresentado a forma que os trabalhos foram desenvolvidos. No próximo capítulo foi apresentado uma pequena discussão sobre a utilização da história e natureza da ciência no ensino de física. Em seguida será exposto o referencial metodológico do trabalho e os procedimentos metodológicos adotados, onde será apresentado o produto educacional produzido que é a sequência didática. Por fim, os resultados das aulas propostas na sequência didática.

2.1 A descrição do produto

Qual o motivo norteador em estudar a história dos mitos cosmogônicos às concepções filosóficas? Qual o “por quê” em saber sobre o que aconteceu há um tempo tão remoto? Ou mais, qual o propósito de propor a inserção da natureza da ciência e da história da ciência no ensino médio? Então, a proposta dessa sequência didática é refletir sobre a natureza da ciência, a inserção de episódios da história da ciência nas aulas de física, discutir as concepções científicas e proporcionar ao aluno uma visão mais realista da atividade científica de forma crítica, reflexiva e construtiva. Com isso, a proposta desta sequência nas aulas de física não pode ser justificada com argumentos utilitaristas como, por exemplo, a utilização prática no dia a dia, ou como forma de preparar os educandos para o mercado de trabalho. Seguramente, a astronomia e a cosmologia são temas que

contribuem para inserção da física moderna e contemporânea nas aulas de física e pode ser intrigante e fascinante, permitindo calorosas reflexões e discussões a respeito da natureza da ciência contemplando os episódios da sua história. Elas afloram em nossas mentes os mais profundos sentimentos forçando-nos examinar nossas crenças mais remotas e modernas. Por isso, o seu papel é propiciar aos alunos o contato com a visão de mundo científico, que envolve conhecer um conjunto de descrições e explicações a respeito do universo e de sua posição do homem nesse contexto.

2.2 Apresentação

Esta sequência didática teve por finalidade ser uma abordagem de apoio para introduzir o estudo da natureza da ciência utilizando os episódios da história da ciência no Ensino Médio de forma a instigar os estudantes a pensarem e refletirem sobre a atividade científica e função da ciência buscando conceitos padronizados sobre a natureza do conhecimento produzido pelos cientistas. Contudo, permite sensibilizar de maneira preliminar em alguns conceitos de astronomia e cosmologia que os estudantes apreciam. Portanto, são várias as expectativas aguçadas em nossa mente: alcançar uma melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem, atendendo de forma clara as propostas presentes em PCNs, PCN+ (2002), Diretrizes Curriculares Gerais para a Educação Básica, ofertar um ensino voltado à formação para o cidadão através de uma reflexão crítica e reflexiva e levar ao encontro o ensino escolar de alguns conceitos de astronomia e cosmologia, de maneira, evidentemente qualitativa, mas com grande importância e significado para os estudantes. Os meios e recursos pensados e apresentados foram testados e aplicados no 2º ano do Ensino Médio de uma escola estadual de Varginha, Minas Gerais, durante o ano de 2018 e 2019, em formato de uma sequência didática e atividades em sala e fora dela. Os textos de apoio utilizados têm uma linguagem acessível e abordam conceitos diversificados e abrangentes e inclusivos, além da apresentação da sequência em três momentos, que nos serve de referencial metodológico.

A Sequência Didática está dividida da seguinte forma:

- 1) As duas primeiras aulas trataram do primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, onde conheceram as concepções prévias dos estudantes sobre a atividade científica, suas características e foi feita algumas considerações sobre a natureza do trabalho científico à luz do pensamento de Thomas Kuhn, Karl Popper e Paul Feyerabend. O propósito foi permitir que essas concepções prévias aparecessem e permitissem que o aluno sentisse a necessidade de adquirir outros conhecimentos que ainda não detinham: ou seja, colocar para ele um problema a ser resolvido, no caso específico dessa dissertação, a compreensão da evolução do pensamento científico sobre a cosmologia, discutindo a natureza desse conhecimento.

2) Para o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento, foram planejadas quatro aulas – Mitos, Geocentrismo, Heliocentrismo e Big Bang. Foram aulas para trabalhar as concepções científicas sobre os modelos de Universo de maneira qualitativa e introdutória e, ao mesmo tempo, histórica e epistemológica. Para desenvolver esta sequência didática e a dinâmica de nossas aulas, foram selecionados e criados textos-resumos e materiais que correspondessem ao nível de compreensão e entendimento da faixa etária dos estudantes contemplados. O objetivo aqui foi, sob orientação do professor, adquirir os conhecimentos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial.

3) Para o terceiro momento pedagógico e o objetivo foi observar as atividades desenvolvidas pelos alunos e analisar o conhecimento que veio sendo incorporado por eles.

3 PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Neste momento os alunos foram desafiados a expor o que pensam sobre situações diversas sobre o tema a fim de que o professor possa saber suas concepções prévias. A finalidade deste momento, na aula, é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão e fazer que eles sintam a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detêm.

3.1 Aula 1 – Introdução à natureza da ciência

Plano de aula

Tema: Natureza da Ciência

Tempo previsto: 1h40min

Tema: Introdução à natureza da ciência

Objetivos da aula: Os alunos deverão:

- Responder ao questionário sobre a natureza da ciência;
- Assistir ao vídeo/entrevista;
- Propor a produção de um vídeo/entrevista aos estudantes para sondar suas concepções científicas;
- Pensar criticamente sobre algumas questões relacionadas com a natureza da ciência.

Conteúdo Físico: O que é ciência?

Recursos Instrucionais: Os recursos são:

- Datashow e notebook;
- Questionários;
- Lousa;
- Textos;
- Vídeo, etc.

Motivação:

- Para introduzir a aula, o professor fez questionamentos sobre o conceito de ciência, seus critérios de validade e confiabilidade, os métodos utilizados, seu papel na sociedade e se ela é a única forma de conhecimento confiável.

Dinâmica da aula:

- Responder ao questionário;
- Assistir ao vídeo sobre a natureza da ciência;
- Atividade extraclasse para produzir um vídeo/entrevista sobre a natureza da ciência.

Atividade 1- **Aplicação do questionário e discussão sobre a natureza da ciência.**

Questões para diagnosticar concepções sobre a Natureza da Ciência					
Nome: _____					
Turma: _____ Ano: _____ Data: ____/____/ 2018					

1. Todo conhecimento científico criado é provisório. Isto é, pode mudar com o passar do tempo.	CF	C	I	D	DF
2. Quando vários cientistas observam o mesmo fato ou fenômeno, devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões.	CF	C	I	D	DF
3. Todas as leis da Ciência nascem a partir de inúmeras observações e muitas anotações de dados.	CF	C	I	D	DF
4. Todo conhecimento científico resulta da aplicação sistemática de um método científico.	CF	C	I	D	DF
5. Tudo aquilo que não é possível de comprovação experimental não pode ser considerado conhecimento científico.	CF	C	I	D	DF
6. Ao fazer um experimento, o cientista deve observar o fenômeno como ele é de fato, sem elaborar nem levar em conta suas concepções ou intuições prévias.	CF	C	I	D	DF
7. Existe apenas um método científico, geral e universal, para produzir o conhecimento científico.	CF	C	I	D	DF
8. As explicações científicas são definitivas, verdadeiras e imutáveis.	CF	C	I	D	DF
9. Pode-se dizer que a ciência é uma construção humana e, por esta razão, pode conter erros, imprevisões que com o passar do tempo podem ser corrigidas e aperfeiçoadas.	CF	C	I	D	DF
10. No processo da Ciência, alguns ingredientes como criatividade, imaginação, intuição também são importantes.	CF	C	I	D	DF

Quadro 1. Tirado do Texto de apoio ao professor de Moreira e Massoni (2007). Fonte: Adaptado artigo de Moreira e Massoni.

Inicialmente, o professor fez um breve comentário sobre a atividade científica desenvolvida pela ciência no ramo da ciência. Aqui, o propósito deste momento foi introduzir algumas premissas científicas com o objetivo de estimular os alunos a responderem os questionários sobre a natureza da ciência e epistemologia da física na licenciatura em física de Moreira e Massoni (2007, p. 127-134),

tirado do artigo “História. Assim, na sequência foi aplicado um questionário individual sobre a natureza da ciência com o propósito de sondar as concepções prévias dos estudantes sobre a atividade científica.

O professor no momento da entrega dos questionários deixou os alunos cientes do propósito da atividade e pediu a eles para que fossem imparciais quanto a individualidade de suas respostas e que elas deveriam refletir suas concepções, sem influências externas. Para isso, eles deverão marcar com (X) na frente das afirmações se concordam fortemente (CF), se concordo (C), indeciso (I), se discordo (D) ou discordo fortemente (DF) em todas as afirmações.

Atividade 2 - **Vídeo/entrevista sobre a natureza da ciência e leitura do texto de apoio.**

A ideia de assistir ao vídeo² foi mostrar aos alunos como pensavam outros estudantes sobre a atividade científica, suas características, o contexto da descoberta, a natureza do conhecimento criado, como a ciência evolui, os critérios de validade, sua relação com o meio social, político e econômico.

Por isso, a aula foi iniciada com a apresentação desse vídeo com duração de 25 minutos utilizado no curso de Pedagogia, sobre “*Fundamentos Teóricos, Metodológicos e prática escolar em ciência da Universidade Federal de Juiz de Fora dirigida pela professora Dra. Luciana Massi que discutirá “O que é ciência.”* Essa discussão sobre a natureza da ciência foi baseada no artigo de Pèrez (2001.), neste artigo ele discute as sete visões distorcidas do que seja a ciência.

Neste vídeo foi apresentado uma entrevista com alunos da Universidade Federal de Juiz de Fora sobre a natureza da ciência e da atividade científica.

Depois, na sequência, os alunos leram um texto sobre “Reflexões sobre a natureza da ciência”. Dando sequência na aula, eles reuniram, numa roda de conversa, para discutir sobre o vídeo/entrevista e o texto lido.

Texto A – Reflexões sobre a natureza da ciência

Foi começado com a intrigante pergunta O que é ciência? O que ela estuda? Os conhecimentos criados são verdadeiros? Como o cientista trabalha? que se descobriu que não se tem certeza da resposta! Assim, há princípio, não existe uma definição clara, fechada destas perguntas. Mas, se sabe, através de consensos, que a ciência é um campo da atividade do homem

² Massi, Luciana. O que é Ciência? Uab Pedagogia – UFJF – Fundamentos Teóricos, Metodológicos e Prática Escolar em Ciências. Duração: 25min 48 s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZYz0O8gFbyQ&t=38s>.

que se dedica na construção de um conhecimento certo, seguro, sistematizado, sólido e bem fundamentado a respeito dos fenômenos e fatos ocorridos no mundo.

Mas, a ciência tem algum propósito? E, qual é o objetivo dela? Sabe-se que são muitos os seus objetivos. Pode-se dizer que a ciência procura tornar o mundo mais compreensível, mais palpável. Ela prevê diversas situações e ajuda o homem a exercer um controle mais ativo e consciente sobre a natureza e como nela se pode desenvolver as atividades diárias. Aliás, o homem procura entender os fenômenos da natureza para poder dominá-la, compreensivelmente e dela tirar sua sobrevivência. Mas, será que tudo isso é possível? A ciência é capaz de atingir todos esses objetivos? Logicamente que isso é uma questão filosófica. Por isso, que a filosofia da ciência tem um papel chave na construção do conhecimento. Ela não deixa a ciência se vangloriar de que é capaz de construir um conhecimento sólido, verdadeiro e seguro. Aliás, só se pode saber seguramente o que não é ciência. O contrário é especulação. Análises ingênuas da realidade.

Para exercer esse domínio consciente sobre a natureza, o homem precisa ter em mente um caminho, uma estrutura bem organizada e concatenada de procedimento que servem para orientar a pesquisa para que ele possa desfiar os seus mistérios. Para isso, ele usa os métodos científicos. Mas, é sabido que existem muitas maneiras de se resolver ou estudar determinado problema. Embora variado, o método científico tem certa estrutura lógica, diversas etapas bem determinadas que são usadas para orientar os estudos, como enunciar um problema, formular hipóteses, testá-las e fazer a conclusão final, confirmando ou não as hipóteses levantadas e depois, reproduzi-las. Com isso, qualquer pesquisador poderá atingir os mesmos resultados esteja onde estiver.

Que problemas são esses que se pode resolvê-los? Aliás, são diversos os fatos ou fenômenos que nos intrigam e nos fazem pensar. São desde os mais antigos como o movimento dos astros, o brilho mais ou menos intenso das estrelas, o movimento retrógrado dos astros celestes, se o Universo teve ou não início ou se terá fim, quem somos nós, de onde viemos, para aonde vamos, se o Universo está ou não em expansão, se o ele é ou não infinito, como evitar as doenças infectocontagiosas, e o que são buracos negros, épocas certas para se plantar e colher, entre muitas outras perguntas que nem sempre as respostas são tão simples. Mas, como pesquisadores, pode-se criar ou pensar em algumas hipóteses, tentar respondê-las e testá-las.

Mas, é sabido que muitas hipóteses podem ser testadas, outras não são tão simples de explicar. Às vezes, não se tem instrumentos capazes de verificar essas hipóteses.

Por isso, sabe-se que uma pesquisa científica não está baseada somente no método escolhido e nem sempre dele depende.

Existem outras variáveis para a realização de um estudo. Muitas vezes depende da natureza do que se está pesquisando e dos recursos materiais que se dispõe ou se encontra. Também depende de outros fatores como os elementos criatividade, imaginação, sagacidade e atitude do pesquisador. Assim, desses estudos, o cientista cria teorias (explicam certas regularidades) e destas criam as leis generalizadoras, além fazer outras previsões.

Apesar da ciência propor um conhecimento seguro, seguir métodos científicos consolidados, procurar explicar os fenômenos através de caminhos precisos e bem pensados, seus resultados não estão isentos de questionamentos.

Apesar disso, nunca a ciência, até então, foi tão idolatrada. Hoje ela é altamente respeitada. Com grande certeza, ela ocupa o ponto mais alto da fama. Por exemplo, para atribuir confiabilidade aos produtos o termo “científico” é usado, dando a eles toda a credibilidade.

Como e com que autoridade ela alcançou tanto mérito e confiabilidade? Será que é o método usado? Qual é a base para tal autoridade?

As atividades humanas são todas baseadas nas explicações científicas. Ela diz o que fazer e todos obedecem, sem se pensar. Será o correto? Não se deveria tentar pensar um pouco e tentar resolver os problemas através de outras fontes?

Uma forma de responder a essas perguntas é estudar a história da ciência e de sua natureza. Ao fazer isso, aprende-se que teorias científicas podem ser refutadas, aceitas e descartadas. Tudo vai depender da sua capacidade de explicar os fenômenos que estão sendo observados e estudados.

Atividade 3 - Responder ao questionário sobre a história e a natureza da ciência.

O propósito dessa atividade foi realizar uma sondagem sobre as concepções prévias dos alunos para que o professor possa nortear as aulas no porvir.

Para isso, a ideia foi agilizar os procedimentos entregando os questionários para a turma de antemão.

Questionário sobre a história e a natureza da ciência

Escola Estadual Deputado Domingos de Figueiredo

Questionário – 2. Natureza da ciência e da história da ciência.

Professor: Tarlei José de Mesquita Data: ___/___/2018

Aluno: _____ Nº _____ Sala: _____ Ano: 2º

Como você imagina o cientista?

Sabe algum nome de algum cientista brasileiro? E estrangeiro?

O que caracteriza uma investigação científica?"
Para você o que é ciência?
O que você pensa sobre os mitos de criação?
Qual foi a utilidade prática dos mitos nas comunidades antigas?
Conhece algum modelo de universo mitológicos antigos. Qual?
Quais são as diferenças entre as teorias geocêntricas e a heliocêntrica?
Você acha que o universo teve um início?
E se o universo terá um fim? Por quê?
Existem várias teorias para explicar a origem do universo: Teoria do Big Bang, Criacionismo, etc. Qual é a sua opinião?
Para você, conhecer a história da ciência, tem alguma importância?
A astronomia influencia a tecnologia que usamos?

Quadro 2. Questões propostas para discussões na aula sobre a natureza da ciência.

Fonte: O autor.

3.2 Aula 2 - Concepções Epistemológicas sobre a Natureza da Ciência

Plano de aula

Tema: Epistemologia da Ciência

Duração da aula: 1h40 min

Tema: Epistemologia da ciência.

Objetivo:

- Conhecer as visões da ciência e sobre ciência de Thomas Kuhn, Karl Popper e Paul Feyerabend.
- Discutir sobre o ensino de ciência na escola.
- Debater a natureza da ciência conforme visões da Filosofia da Ciência.

Conteúdo Físico:

- Visões da epistemologia da ciência de Kuhn, Popper e Feyerabend.

Recursos Instrucionais:

- Slides, giz e lousa, vídeo-documentário, texto-base para o professor.

Motivação:

- Apresentar aos alunos elementos que permitirão pensar o desenvolvimento da ciência de uma forma diferente que geralmente é apresentada. Mostrando diferentes concepções e visões, provocando uma reflexão sobre a atividade científica e sua realidade, situando-os temporal e espacialmente nesse universo fascinante.

Dinâmica da aula:

- Assistir ao vídeo sobre os filósofos da ciência;
- Leitura do texto sobre Popper, Kuhn e Feyerabend;
- Discussão sobre os textos lidos;

Atividade 1 - Reflexões e discussões sobre visões científicas aos olhos da Filosofia da Ciência (Epistemologia).

Neste momento, os alunos deverão assistir três vídeos sobre a filosofia da ciência onde foram comentados as visões de Kuhn, Popper e Feyerabend sobre a atividade científica e o que é ciência - Os vídeos foram publicados por Eliane Sieiro.

Primeiramente foi comentado sobre “Thomas Kuhn³ com os seus paradigmas começando pelo período da não ciência, ciência normal, quebra-cabeças, anomalias e as revoluções científicas. Depois, foi apresentado o vídeo sobre Karl Popper⁴ com o seu falsificacionismo conjecturas e a demarcação de ciência e não - ciência.

Com isso, fez-se comentários sobre Feyerabend⁵ propondo um anarquismo metodológico concebendo “vale tudo” e uma multiplicidade metodológica.

Depois, receberam um texto sobre as concepções defendidas pelos autores citados para esclarecimentos, tirar dúvidas e discussões.

A ideia desta atividade foi reunir os estudantes em grupos de cinco elementos para ler os textos sobre os epistemólogos, para, em seguida, reunir em um grande grupo para discutir, numa roda de conversa, as principais ideias defendidas e propostas por eles sobre a atividade científica.

³ Sieiro, Eliane. Thomas Kuhn – História da Ciência. Duração: 8min 59s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ea10eqUySfE&feature=share> >

⁴ Sieiro, Eliane. Karl Popper – História da Ciência. Duração: 8min33 s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=BqHPt3XD7e4>>

⁵ Sieiro, Eliane. Paul Feyerabend – História da Ciência. Duração: 4 min 55 s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LHihMWS4I2k&feature=share>>

TEXTO A: Epistemologia de Thomas Kuhn

Físico teórico, norte-americano e estudioso no ramo da filosofia da ciência, nasceu em 18 de julho de 1922, e se interessou pela história da ciência. Depois, passou a dedicar à filosofia da ciência. Para Kuhn, o desenvolvimento de uma disciplina científica ocorre seguindo a estrutura: fase pré-paradigmática (momento da não ciência), ciência normal, crise, revolução, nova ciência normal, nova crise, nova revolução científica [...].

A fase pré - paradigmática representa a pré-história de uma ciência, fase na qual impera divergências e controvérsias entre os pesquisadores, ou grupos de pesquisadores, sobre quais fenômenos devem ser estudados, e como o devem ser, sobre quais devem ser explicados, e segundo quais princípios teóricos, sobre como os princípios teóricos se inter-relacionam, sobre as regras, métodos e valores que devem focar a busca, descrição, classificação e explicação de novos fenômenos, ou o desenvolvimento das teorias, sobre quais técnicas e instrumentos podem e devem ser utilizados. Enquanto predomina um tal estado de coisas, a disciplina ainda não atingiu o regime de científica. Não constitui uma ciência autêntica. Nessa fase de confusão existem uma infinidade de opiniões sem haver uma organização. Isto é, impera uma verdadeira confusão, sem réguas, métodos, sem leis e sem ordem. Assim, uma disciplina torna-se ciência quando adquire um paradigma, encerrando-se a fase anterior (pré-paradigmática) e iniciando-se uma fase de ciência normal. Para Kuhn, alguns indivíduos são atraídos para o paradigma e outros são simplesmente excluídos da profissão e seus trabalhos ignorados. Uns vão desenvolver os seus trabalhos sozinhos, outros se agregam a outros cientistas. Ninguém sobrevive fora do paradigma. É preciso obedecer as regras impostas pelo paradigma vigente. Existe uma ordem de “picada”.

Kuhn percebeu que a passagem para a maturidade, para a fase científica, de uma disciplina envolve a aceitação, por parte dos pesquisadores, de uma realização científica exemplar, que defina de maneira mais ou menos clara os principais pontos de divergência da fase pré-paradigmática. Segundo Thomas Kuhn, “para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa explicar todos os fatos”. Nem sempre o novo paradigma é capaz de resolver e explicar todos os problemas. A mudança de paradigma apenas nos é oferecida outra maneira de fazer ciência. Apenas nos mostrar uma forma diferente de ver os fatos.

Kuhn, “considera paradigmas as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.” E ainda, “Os paradigmas adquirem seu status porque são mais bem sucedidos que seus competidores na resolução de alguns problemas que o grupo de cientista reconhece como graves”.

As pesquisas firmemente assentadas nas teorias, métodos e exemplos de um paradigma são chamadas por Kuhn de ciência normal. Essas pesquisas visam a extensão do conhecimento dos fatos que o paradigma identifica como significativos, bem como o aperfeiçoamento de ajuste da teoria aos fatos. Assim, um paradigma fornece os fundamentos sobre os quais a comunidade científica desenvolve suas atividades. Enquanto o paradigma estiver se mostrando frutífero, e não surgirem embaraços, anomalias sérias no ajuste empírico da teoria, o cientista deve persistir no seu compromisso com o paradigma. Segundo Kuhn, nessa fase, os cientistas são solucionadores de quebra-cabeças. Para ele, “quebra-cabeças indica, no sentido corriqueiro em que empregamos o termo aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade ou habilidade na resolução de problemas.

As revoluções iniciam-se com um sentimento crescente de que o paradigma existente deixou de funcionar adequadamente. O funcionamento defeituoso do paradigma, que não consegue resolver os quebra-cabeças, pode levar a crise dando início a uma revolução. Com isso, pode surgir um novo paradigma.

A ideia mais importante de Kuhn em relação ao novo paradigma é que eles são “incomensuráveis” entre si. Isto significa que não há forma de comparar paradigmas diferentes. Visto que cada paradigma é uma forma de ver o mundo de maneira diferente. Têm linguagens, regras, técnicas de aplicar as leis e teorias diferentes, com traduções totalmente diferentes. Podemos citar no caso das teorias heliocêntrica e geocêntrica. O mundo concebido pelo geocentrismo é uma realidade completamente distinta do heliocentrismo. Sabemos que nem o Sol e muito menos a Terra mudou de lugar. Foi apenas uma concepção visual. No geocentrismo a Terra estava no centro do universo com todos os astros girando em sua volta e no heliocentrismo, todos os astros girando em torno do Sol, que se encontrava no centro do universo. Thomas Kuhn deixa claro que a atividade científica depende da aceitação do paradigma vigente. Todos devem aceitar as suas regras, leis e sua maneira de ver o mundo e resolver os problemas.

O interessante é que o cientista que aceita o paradigma vigente não é capaz de ver os fatos de forma diferente. Isso ocorre porque a maneira de ver e interpretar os fatos está totalmente ligado na sua forma de pensar e agir sobre a natureza.

Por isso, os paradigmas são incomensuráveis. Podemos citar os partidos políticos: Cada partido promete resolver os problemas da sociedade usando estratégias e métodos totalmente diferentes dos seus oponentes. Por isso que chamamos esta mudança de paradigmas de revolução científica.

TEXTO B: Epistemologia de Karl Popper

Karl Popper nasceu em 1902 e faleceu em 1964, ele foi um grande físico, matemático e filósofo da ciência. Popper recusa a lógica indutivista. Para ele “o problema da indução também pode ser apresentado como a indagação acerca da validade ou verdade de enunciados universais que encontrem base na experiência.

O critério de demarcação entre ciência e não ciência, para Popper, reside no fato da teoria se submeter à condição de que uma teoria mantém-se verdadeira até que seja possível refutá-la pela experiência empírica. Isto quer dizer que se você realiza observação de um fato, se esse ocorrer muitas vezes, isso não lhe garante que a próxima vez ocorrerá novamente. É o caso do exemplo dos cisnes dado por Popper (Se observarmos vários cisnes brancos em certa localidade durante vários dias. Isto não quer dizer que só deve haver cisnes brancos. O próximo “pode” não ser branco!). Com a afirmação acima, ele indicou a condição transitória da validade de uma teoria. Determinado sistema científico é válido até o momento em que é refutado, mostrando-se a sua falsidade. Isto equivale dizer que, para Popper, somente a refutabilidade de uma teoria pode ser provada, mas nunca a sua veracidade absoluta.

Um exemplo de teoria não refutável é a Astrologia, pois, suas profecias são tão vagas que podem explicar qualquer coisa capaz de refutá-la. Essas profecias dificilmente falham, por isso tornam a teoria irrefutável. Na visão de Popper trata-se de uma pseudociência. Para ele, o critério de refutabilidade permite traçar uma linha divisória entre as ciências empíricas e todas as outras ciências de caráter religioso, metafísico ou simplesmente pseudocientífico, isto é, o critério da refutabilidade ou testabilidade é a solução para o problema da demarcação entre ciência e não ciência. Em suas investigações lógicas, Popper, também destacou que não existe observação pura, sem interferência de outras habilidades do observador, pois todas as observações são sempre realizadas à luz de pressupostos e de teorias prévias que o cientista traz consigo. A partir daí, o trabalho do cientista consiste em elaborar teorias e pô-las à prova. Este processo de construção de uma nova teoria inicia-se com uma comparação lógica entre as conclusões obtidas pela teoria, buscando uma coerência interna do sistema. Depois, é a investigação lógica da teoria para verificar se ela apresenta o caráter de uma teoria científica. Também, em outro momento, é o confronto com outras teorias, com o objetivo de determinar se a teoria construída representa um avanço de ordem científica e por fim, há a comparação da teoria por meio de aplicações empíricas das conclusões que dela se possa deduzir. Assim, uma teoria submetida à prova e tendo suas qualidades comprovadas não se pode deve ser descartada a não ser por outra teoria que resiste melhor às provas ou ao falseamento da teoria anterior.

A noção de falseamento (ou refutação) como critério de demarcação entre ciência e pseudociência e, do método crítico, ou seja, princípio de que a ciência não se faz a partir da observação pura, mas é uma construção do homem a partir de conjecturas controladas por refutações é, segundo Popper, a forma de se obter o progresso científico.

TEXTO C: Epistemologia de Paul Feyerabend

Feyerabend nasceu em Viena em 1924, viveu nos Estados Unidos e na Europa. Foi orientado de Karl Popper na Escola de Economia de Londres. Sua principal obra chama-se “Contra o Método”, e seus principais conceitos são o anarquismo epistemológico, o pluralismo metodológico, contra - regra, contra - indução e o vale tudo. Para ele. “a ciência é um empreendimento essencialmente anárquico – o anarquismo teórico é mais humanitário e mais sustentável de estimular o progresso do que suas alternativas apresentadas por ordem de lei”. Com isso, a epistemologia de “feyerabendiana” partiu de que não existe um método científico universal, único e histórico. Para ele a ciência é anárquica. Ele rejeitou a existência de regras metodológicas universais e defendeu a violação dessas regras e sua violação é necessário para o avanço da ciência. A existência de uma única regra limita o cientista. Outras podem leva-lo às mesmas respostas. Nesta linha, o anarquismo epistemológico de Feyerabend deve ser entendido como oposição a um conjunto único, fixo de regras – em outras palavras, oposição ao que se pretenda caracterizar como “o método”, modelo único e universal – não como ser contra todo e qualquer procedimento metodológico. Em resumo, o anarquismo epistemológico deve ser interpretado como uma defesa de um pluralismo metodológico: “Contra o Método” deve ser interpretado como contra “o método”.

Feyerabend defendeu o “vale tudo” ou “pluralismo metodológico”. A regra é violação das regras metodológicas. Para ele, não existe um conjunto de regras que uma vez obedecidas necessariamente conduzirão ao progresso da ciência e ao crescimento do conhecimento científico. Segundo ele, a história da ciência é tão complexa, tão rica, que se insistirmos em uma única metodologia, que afinal não venha inibir o progresso científico, essa metodologia só pode ser o “vale tudo”. Assim, Feyerabend deixa evidente que existem outros caminhos para construir o conhecimento científico e chegar às descobertas e às explicações dos fatos.

Feyerabend ataca o critério da consistência, ou seja, não é razoável para o progresso da ciência que as novas teorias devam ser consistentes com as mais antigas e bem estabelecidas. Para ele, nenhuma teoria interessante é sempre consistente com todos os fatos. Mostrou que o progresso da ciência é desigual. Defende o contra - regra, ou seja, se a regra privilegia a indução, então deve-se usar a contra - indução. Por quê? Pressupostos dos cientistas são abstratos, pessoais e

indiscutíveis. Com isso, Feyerabend afirma que o conhecimento científico exige maior liberdade para ser construído, uma multiplicidade de métodos, vários caminhos a ser seguido e a regra do vale-tudo para se fazer ciência.

Na versão de Feyerabend o progresso científico se dá através de um pluralismo teórico, de uma competição entre teorias, i.e., teorias sendo testadas umas contra outras. Nesse sentido, Feyerabend idealiza o que Kuhn chamou de períodos pré-paradigmáticos, caracterizados pela competição entre teorias. No entanto Feyerabend minimiza o critério de dar conta de resultados de observação e experimentação como básico para definir quais as melhores teorias. Para ele, a incomensurabilidade depende de como são interpretadas as teorias e, por isso, rejeita os critérios mais familiares de comparação.

Em síntese, Feyerabend negou a existência de um único método, e defendeu um pluralismo metodológico e o “vale-tudo”. Não aceitou o conteúdo empírico como critério para decidir entre teorias. Em oposição às regras nacionalistas propôs contra-regras. Argumentou que a única metodologia capaz de não inibir o progresso científico é o vale-tudo. Enfim, desmistificou a ciência e o conhecimento científico. Para ele, a ciência não progride na consistência.

Atividade 2: Comentários, críticas e autocríticas, numa roda de conversa sobre as visões epistemológicas.

A ideia deste momento foi estudar e discutir as concepções filosóficas sobre a natureza da ciência de Popper, Kuhn e Feyerabend.

Para isso, as equipes reuniram-se para ler os textos. Depois, numa roda de conversa, discutiram e analisaram as visões defendidas pelos epistemólogos.

Finalizando as discussões, eles analisaram os argumentos utilizados pelos membros das equipes para responder as questões propostas para, finalmente, entrar num consenso sobre as controvérsias encontradas sobre a atividade científicas quanto a natureza da ciência.

Questões propostas para a roda de conversa.

- a) Quais são os critérios de ciência para Popper?
- b) Quando uma teoria poderá ser falsificada?
- c) Quais são as etapas da atividade científica segundo Thomas Kuhn?
- d) Quais são as características do período da não ciência? E da ciência normal?
- e) Quando ocorrerá a revolução científica?
- f) Quais são as principais características das concepções de Feyerabend.

4 SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTOS

4.1 Aula 3 - Origem e evolução do pensamento humano

Plano de aula

Tema: Mitos

Duração da aula: 1h40min

Tema: Origens e evolução do pensamento científico humano

Objetivo: Os alunos deverão:

- conhecer as concepções humanas sobre a origem do cosmos;
- saber como os seres humanos primitivos interpretavam os fenômenos em sua volta;
- saber o papel do mito nas primeiras comunidades antigas;
- conhecer os modelos de mundos antigos.

Conteúdo Físico:

- Modelos de universos antigos.

Recursos Instrucionais: Serão usados na aula:

- slides, giz e lousa, vídeo-documentário e texto base para o professor.

Motivação:

- Apresentar aos alunos elementos que permitirão pensar o mundo em que vivem de forma diferente da atual, diferentes concepções e visões, inserindo-os em uma reflexão sobre a atividade científica e sua realidade, situando-os temporal e espacialmente nesse universo fascinante.

Dinâmica da aula:

- Assistir ao vídeo sobre mitos de criação;
- Ler os textos sobre os mitos;
- Atividades em sala.

Atividade 1: Assistir ao documentário sobre as origens do pensamento mítico, sobre evolução do pensamento humano e ler os textos sobre os mitos cosmogônicos.

O propósito desta aula foi assistir o vídeo⁶, apresentado por Fábio Dias, sobre a cosmogonia onde comentará sobre os mitos de criação dos povos antigos. O objetivo foi compreender o poder das

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vVjL9GyHErQ>. Origem dos Mitos. Duração de 10min30s

histórias e lendas na criação de histórias sobre a criação do mundo, saber como surgiram e quais foram suas utilidades. Na sequência os estudantes realizaram a leitura dos textos para depois se reunir numa roda de conversa para discutir, tecer comentários sobre o vídeo, a leitura dos textos e responder os questionamentos propostos para o debate final.

TEXTO A: Mitos

O mito é extremamente complexo, temporal, regional e carregado de mistérios, misticismos e religiosidade. Ele nos conta a respeito de uma determinada sociedade em determinada época e região. Sua função é exemplificar e dar significado a todas as atividades desenvolvida e criada pelo homem. Eles são usados para explicar os acontecimentos que não entendemos, não compreendemos e que estão muito além das nossas racionalidades. De acordo com Campbell (1991), “a função mais importante dos mitos é a de fornecer os símbolos que levam o espírito humano a avançar, opondo-se àquelas outras fantasias humanas constantes que tendem a levá-lo para trás.” Para Campbell (1991), “os mitos têm função mística, cosmológica, sociológica e pedagógica”. Assim, amenizaremos nossas angústias; explicaremos algumas dúvidas; responderemos algumas indagações acerca da nossa realidade e teremos mais sentido em nossas vidas.

A palavra mito não tem o mesmo significado na atualidade do que as dadas pelas antigas comunidades. Não menos verdadeiras. Hoje, vem a ideia de uma ficção, folclore, invenção, fábula, uma história criativa, alguém muito importante, um ícone ou algo místico, até infantil. Isto, porque a ciência moderna não defende a concepção de verdade única e absoluta dos fatos. E também, já temos explicações plausíveis sobre como ocorre muitos fenômenos naturais. Visto que na antiguidade todas as nossas angústias ou dúvidas eram respondidas pela mitologia que tinham explicações singulares e próprias para cada fato ou fenômeno que acontecera. Devido a diversidade de mitos, diferentes em cada sociedade, pesquisadores dividem estes mitos em: cosmogônicos (mitos de criação) e os de origem (criações de heróis, costumes, etc.). Podemos entender que a cosmogonia nasceu da necessidade do homem em explicar a nossa origem, quem somos e explicar como tudo surgiu e qual a natureza de tudo que nos cerca. Segundo Thomaz Kuhn, “é muito mais antigo que o desenvolvimento científico”. É de fácil entendimento que todas as sociedades, nos quatro cantos do mundo, têm tido uma maneira, associada a um conjunto de mitos e histórias sagradas, de explicar o mundo que os cerca, onde existem grandes e poderosos onipresentes e onipotentes deuses que controlam o universo. Mas, cada é mito capaz de responder suas perguntas, resolver seus problemas e controlar suas ansiedades.

Apresentaremos breves comentários sobre a história da criação de algumas civilizações antigas, como: os babilônios, os maias, os egípcios, os indianos, os chineses e os gregos. Iremos dar créditos para feyerabend observando sua crítica em relação à atividade científica. Para ele, os homens da idade da pedra eram mais inteligentes que os homens da civilização tecnológica do século XXI. Portanto, ao estudar sobre os mitos cosmogônicos, devemos observar que suas concepções de criação e modelo de mundo refletiam a realidade da época e eram verdades incontestáveis. Como descrevemos até o momento, as sociedades antigas procuravam entender e ter uma concepção mais racional e consciente do universo que os cerca. Por isso, criavam modelos de universo e os seus mitos de criação.

TEXTO B: Mitos nas antigas comunidades.

Para Marcelo Gleiser (2006), os mitos que assumem a existência de um início são, sem dúvida, os mais comuns, eles evoluem um “Ser Positivo” com a função de criar tudo. Existem vários modelos de mitos de criação envolvendo um criador onipotente, onipresente e onisciente. Podemos encontrar um desses na bíblia hebraica “Gêneses”, traduzida em português por João Ferreira de Almeida.

*O Gênesis conta-nos os primórdios da história da salvação: na Mesopotâmia, Abraão é chamado por Deus a seguir um novo caminho de vida. Esse passo seria penhor de bênçãos para o mundo inteiro (Gn. 12, 1-3). O livro abrange apenas quatro gerações da família de Abraão. À maneira de prefácio, a narração das origens do mundo e dos homens projeta a história da salvação num cenário universal e até cósmico. O gênese divide-se em duas partes distintas e desiguais: as origens (cc. 1-11) e as histórias dos Patriarcas (cc. 12-50). (SAGRADA, Bíblia. Traduzida em português por João Ferreira de Almeida. **Revista e atualizada no Brasil**, v. 2, p. 40, 1993.).*

O que nos interessa nesta pesquisa é saber a história das origens da criação do mundo. Então, “as origens” se tratam da criação do mundo (c. 1). De acordo com a bíblia sagrada,

¹ No princípio, Deus criou os céus e a terra. ² A terra era informe e vazia. As trevas cobriam o abismo, e o Espírito de Deus movia-se sobre a superfície das águas. ³ Deus disse: “Faça-se a luz”. E a luz foi feita. ⁴ Deus viu que a luz era

boa e separou a luz das trevas. ⁵ Deus chamou a luz de dia e às trevas noite. Assim surgiu a tarde e, em seguida, a manhã: foi o primeiro dia.

⁶ Deus disse: “Haja o firmamento entre as águas para manter separadas uma das outras”. ⁷ Deus fez o firmamento e separou as águas que estavam sob o firmamento. ⁸ E assim, aconteceu. Deus chamou céus o firmamento. Assim, surgiu a tarde e, em seguida, a manhã: foi o segundo dia.

⁹ Deus disse: “Reúnem - se as águas que estão debaixo dos céus num único lugar, afim de aparecer a terra seca”. E aconteceu. ¹⁰ Deus, à parte sólida, chamou terra, e, mar, ao conjunto das águas; E Deus viu que isto era bom.

¹¹ Deus disse: “Que a terra produza verdura, erva com semente, árvores frutíferas que deem frutos sobre a terra, segundo as suas espécies e contendo semente”. E assim, aconteceu. [...]. Foi o terceiro dia.



Figura 2. Representação da criação do Universo “Mito da Criação”⁷
Fonte: fatos desconhecidos.

¹⁴ Deus disse: “Haja luzeiros no firmamento dos céus para diferenciarem o dia da noite e servirem de sinais, determinando estações, os dias e os anos; ¹⁵ Servirão, também de luzeiros no firmamento dos céus para iluminarem a terra”. E assim, aconteceu. ¹⁶ Deus fez dois grandes luzeiros: o maior para presidir ao dia, e o menor para presidir à noite: fez também estrelas. ¹⁷ Deus colocou-os no firmamento dos céus para iluminarem a terra, para presidirem ao dia e à noite, e para separarem a luz das trevas. [...]. Foi o quarto dia.

⁷ Disponível em: <https://www.fatosdesconhecidos.com.br/7-mitos-da-criacao-mais-estranhos-espalhados-pelo-mundo/> Acesso em 23 de julho de 2019, às 5h19min.

[...] (SAGRADA, Bíblia. Traduzida em português por João Ferreira de Almeida. **Revista e atualizada no Brasil**, v. 2, p. 40, 1993).

E assim, o Deus criador “Ser Positivo” foi criando o universo, todos os serem animados e inanimados. Para Gleiser (2010), “Deus, o absoluto, exerce Seu infinito poder criativo através de palavras que dão existência ao Universo e ao seu conteúdo. O processo de criação se efetua por meio da separação entre os opostos: luz e trevas” (GLEISER, 2010, p.29). De acordo com as concepções da “Igreja Católica”, temos que praticar o amor, a caridade e seguir as leis instituídas por “Ela”. Se desobedecermos essas regras perderemos a alma e como castigo, iremos para o inferno. Lá iremos queimar eternamente.

Mas, se seguirmos todas as regras: ser bom, caridoso, servir à igreja iremos para o céu. Aqui, como recompensa, teremos tudo o que quisermos e estamos livres de todo o sofrimento.

Pode-se encontrar na América Central muitos mitos. Um desses mitos é o mito Maia. Pelos estudos realizados, a civilização maia surgiu na região da mesoamérica (sudeste do México, Belize, Guatemala, El Salvador e Honduras) por volta do século XVIII a.C. Tinha um sistema próprio de escrita e produzia livros (Códices) de papel de pele já no século III d.C. Tinham habilidades matemática, faziam observações astronômicas, belo calendário e praticava a arquitetura. Mas, grande parte das cidades maias foram abandonadas no final do século IX d.C. As poucas cidades restantes foram conquistadas e dominadas pelos espanhóis.

Os Maias desenvolveram sua astronomia, faziam observações dos corpos celestes (registravam o movimento do Sol, da Lua, de Júpiter, de Marte, na eclíptica da Via Láctea, etc.) e tinham a habilidade de prever, a olho nu, a posição desses objetos no céu durante os anos e até fazer previsões futuras. Não somente esta civilização, mas muitas outras. Descreveremos a seguir sobre os mitos de algumas comunidades antigas. Eles criaram os seus mitos, principalmente, para fins práticos, como: entender a natureza para saber as épocas certas de plantação, para fins religiosos e para satisfazer seus anseios psicológicos. Por isso, de acordo com o mito de criação maia, antes existiam, numa completa escuridão, os deuses Tepev e Gucumatz. Por isso, decidiram criar o mundo apenas com palavras e o pensamento. Para proteger a Terra e louvar os seus nomes resolveu criar os animais, os quais não sabiam falar e por isso não conseguiram louvar. Então, para poder louvá-los resolveu criar o homem que primeiramente foi de barro. Mas, o homem criado não tinha firmeza na carne, derretia na água e não podia louvar. Na segunda tentativa, o homem foi esculpido de madeira que eram sem alma e sem sangue e que se esqueceram de adorar Tepev e Gucumatz. Por isso, os deuses mandaram um dilúvio para destruir os homens de barro. Mas, alguns foram devorados pelos animais, outros fugiram para as matas e outros morreram. Os que fugiram para a

floresta são chamados de macacos. Por fim, os deuses resolveram criar o homem de pasta de milho que originaram seres perfeitos que louvavam os deuses Tepev e Gucumatz. Mas, devido a grande sabedoria desses homens resolveu torna-los cego. Então, só podemos enxergar coisas perto de nós e claro.

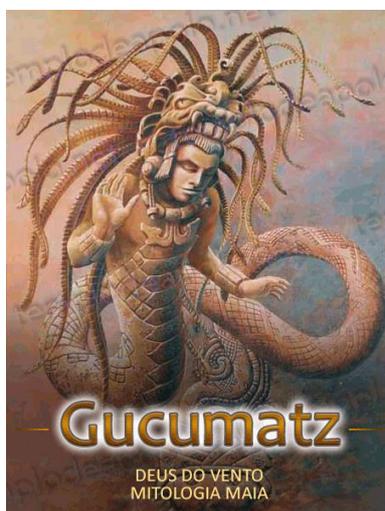


Figura 3: Imagem do deus do vento na mitologia maia (Serpente divina)⁸

Fonte: Domínios Fantásticos.

Os Maias tinham um modelo de mundo intrigante. Para eles existe o momento exato da criação, aurora do dia 13 de agosto de 3112 A.C., a Terra era plana com quatro cantos, cercada por um grande crocodilo, e era representado por uma grande árvore (Yaxché). No seu centro estava a Terra, seus ramos sustentam os céus, onde estão os deuses e as raízes vão até o submundo, lugar cheio de deuses malignos, doenças e espíritos maus.

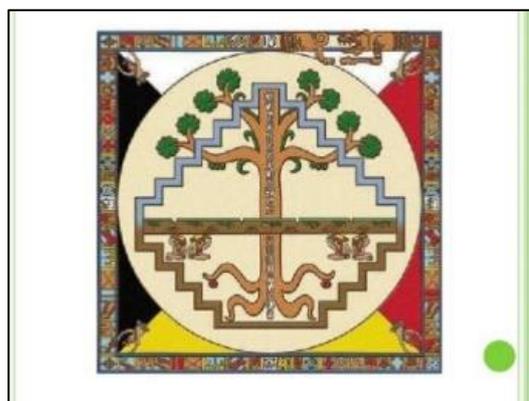


Figura 4: Yaxché (Representação do Universo maia)⁹

Fonte: Masdemx.com

⁸ Disponível em: <http://www.dominiosfantasticos.com.br/id766.htm> - Acesso em: 23 de julho de 2019, às 5h23min.

⁹ Disponível em: <https://masdemx.com/2016/06/el-mito-azteca-de-los-trece-cielos-una-metafora-sobre-la-composicion-del-universo/> - Acesso em 23 de julho de 2019, às 5h37min.

O universo para os Maias tinha a característica cíclica que era criado e destruído várias vezes e Sol girava em torno da Terra plana: durante o dia o Sol passava pelos céus e a noite passava pelo submundo.

Outro povo foram os babilônicos que viveram na região da mesopotâmia, entre os rios Tigre e Eufrates, por volta do século XVIII a.C. Eles desenvolveram uma forma de escrita usando símbolos cuneiformes registrando seus conhecimentos em blocos de argila, os quais existem até hoje. Sabiam marcar o tempo, eram bons na matemática (base 60: 60 minutos e minutos em 60 segundos) e na astronomia. Esses povos registravam observações astronômicas, sem interesse científico, e sem místico, observavam o movimento das estrelas e planetas, conheciam os movimentos realizados pelo Sol, da Lua e dos planetas visíveis a olho nu. Sabiam que a velocidade aparente do Sol não era constante, podiam prever as fases da Lua e os eclipses solares e lunares.

Os babilônicos são considerados os criadores da astrologia. Também, dividiram o zodíaco em doze partes, dando origem aos signos. De acordo com Martins (2012) e Morais (2016), o mito babilônico é o mais antigo. Segundo esse mito, no início, havia apenas uma água primordial, caos líquido. Depois, surgiram os deuses primordiais: APSU, deus da água doce, pai e Tiamat, deusa do mar, salgada, a mãe. O deus e a deusa nasceram brilhantes. Das águas primordiais foram surgindo outros deuses, seus filhos. Esses deuses, filhos, se tornaram perturbadores. Aí, numa atitude desesperadora, Apsu planeja matar todos os deuses que se tornaram perturbadores que são protegidos pela deusa da sabedoria, Ea. Ela decide matar Apsu, deus da água doce. Depois, Ea, deusa da sabedoria gera o mais importante dos deuses, Marduk. Tiamat, deusa do mar, para se vingar a morte de seu companheiro reúne um exército de Bestas e Feras, liderados por pelo seu novo marido, Kingu, o dragão, para se vingar. Tiamat é derrotada numa batalha épica por Marduk, o criador da Terra e do céu (feitos da carcaça de Tiamat) e dos homens (criados com o sangue de Tiamat).

Para os babilônios, universo estava dividido em seis níveis que se resumem em três firmamentos e três terras: dois firmamentos acima do céu, o firmamento das estrelas, a terra, o submundo de APSU e o submundo dos mortos. Eles acreditavam que a Terra era plana e cercada pelos oceanos. Além de existirem montanhas intransponíveis que sustentava a abóboda celeste constituída de um metal forte e pesado. Um mar cósmico existia além das montanhas e ao norte um túnel que ligaria duas portas, oriente e ocidente, usadas para explicar o movimento aparente do Sol: o Sol surgia na porta oriental e surgia na ocidental, viajando noites.

Logicamente, o mito de criação foi muito importante para o povo babilônico, simbolizava o começo, o novo, dessa forma esses povos sempre repetiam esses fatos em forma de rituais para

lembrar e homenagear os seus deuses criadores. Com isso, relembrava a batalha épica entre Marduk e Tiamat. Para esses povos, o primeiro dia do ano simbolizava o primeiro dia da criação, conforme estudos feitos por Eliade (1979).

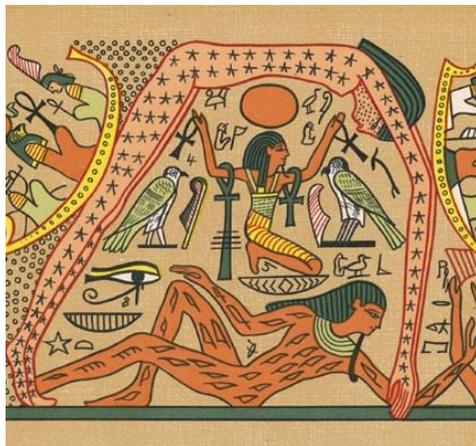


Figura 5: Mito egípcio da criação¹⁰

Fonte: criscionismo.com.br

Pode-se encontrar no norte da África os antigos egípcios que devido sua localização criaram vários mitos para fins práticos. Eles não tinham uma astronomia bem desenvolvida. Sua cosmogonia tinha objetivos práticos como elaborar eficientemente o calendário, 365 dias, para prever a cheia do rio Nilo e para fins religiosos.

O mito egípcio mais interessante diz que tudo se originou de Nu, escuridão e caos, uma espécie de água primitiva, berço do deus Sol (Rã). Assim, cospe seu filho deus do ar, Shu, e vomita sua filha deusa da umidade, Tefnut. Estes deram origem aos deuses Nut, deusa da noite e Geb, deus da Terra que tiveram dois casais Osiris, Íris, Seth e Néfts. Shu, deus do ar, sustenta no alto Nut que se transformar em céu e prende embaixo Geb veste de verde e sustenta em suas costas animais que povoam a Terra. E Rã viaja diariamente com seu barco pelo rio no topo da Terra. (KUHN, 2002, pg. 23).

Os egípcios pensavam que a Terra fosse retangular, ia de norte a sul e tinha o rio Nilo como centro. O céu era o telhado do mundo e as estrelas eram suspensas por um cabo forte. Já o movimento aparente do Sol, imaginava-se que ele viajava diariamente em seu barco pelo rio Nilo.

Na Índia pode-se encontrar uma forma de conceber o universo toda singular. A cosmogonia Hindu, indiana, é respeitável na parte observacional e teórica. Suas histórias são encontradas no livro sagrado hindu Rig Veda que data de 3110 A.C. Já em 476 d.C. o astrônomo Aryablata

¹⁰ Disponível em: <http://www.criacionismo.com.br/> - Acesso em 23 de julho de 2019, às 5h42min.

desenvolvera um modelo de universo com base no modelo de Ptolomeu, em sua descrição de universo usou epiciclos que não tinham tamanhos fixos, a rotação do céu noturno e do Sol era resultado da rotação da Terra. Além de outros méritos.



Figura 6: Uma representação do Universo do século XVII¹¹

Fonte: Scielo.br

O mito da criação Hindu é encontrado no livro sagrado Rig Veda e descrito pelos seus cantos: coleção de hinos sobre mitos, rituais e lições. Segundo esse mito, não tem início o universo, pois é criado, destruído e recriado num ciclo eterno por uma Trindade composta por Brahma, Vishnu e Shiva. Uma Flor de Lótus brota no umbigo de Vishnu que mantém a Terra e Brahma, cria o universo, aparece sobre uma Flor de Lótus. Mas, o Universo é destruído ao final de cada Kalpa que representa um dia de Brahma, o qual recria novamente o Universo. Brahma é casado com Sarasvati que concebem Manu que é o progenitor do homem.



Figura 7: Shiva, deusa da criação hindu¹²

Fonte: grande fraternidadebranca.com.br

¹¹ Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142006000300022 – Acesso em 23 de julho de 2019, às 5h46min.

¹² Disponível em: <http://www.grandefraternidadebranca.com.br/shiva.htm> – Acesso em 23 de julho de 2019, às 5h53min.

De acordo com esse modelo, o universo é dividido em três partes: superior destinadas aos deuses, a intermediária, a Terra e a inferior, a região infernal. A Terra, denominada Monte Meru, faz a ligação com as outras duas regiões. No seu topo estava um triângulo, símbolo da criação, e as estrelas giravam em torno da Terra que era transportada junto com as regiões infernais por uma tartaruga, símbolo da força e poder criativo que por sua vez repousa sobre uma serpente, emblema da eternidade.

A astronomia chinesa era bem avançada para a época. Suas observações datam do século IX A.C. Já observavam os eclipses solares, diferenciavam estrelas de planetas e explosões de supernovas vista por eles em 1054 a.C. dando origem à nebulosa do Caranguejo. (KANTOR, 2012, pg.87).



Figura 8: Pan-ku, ser primordial¹³

Fonte: Blogsport.com

De acordo com a cosmogonia chinesa, no início existia apenas um negro e enorme ovo cósmico no qual estava Pan-Ku (ser primordial).

No início era um caos, era a completa desordem, onde tudo estava misturado, luz e trevas, masculino e feminino, envolvido por YIN (escuro) & Yang (claro). Surge Pan-Ku, quebra o ovo cósmico com um machado separando o Yang (claro) e YIN (escuro) os quais formam a Terra. Pan-Ku morre depois de muitos anos então o seu corpo tornou-se montanha, seu sangue, tornou-se os rios, o seu crânio, tornou-se o topo de céu, o seus cabelos, tornaram-se as vegetações, a sua respiração, tornou-se vento, seus braços e pernas, tornaram-se as quatro direções, a sua voz, tornou-se o trovão, seus olhos, tornaram-se o Sol e a Lua e os seus ossos tornaram-se os minerais.

¹³ Disponível em: <http://mitographos.blogspot.com/2010/01/pan-ku.html> – Acesso em 23 de julho de 2019, às 5h57min.

O modelo de universo dos chineses não tem muitas riquezas de detalhes. Para eles, um tipo de vento ou vapor sustenta todos os objetos celestes e que um arrasto viscoso gerado pela Terra fazia o Sol e a Lua se mover no sentido contrário.

Também, dividiam o céu em nove partes e cada parte tinha uma porta que era guardada por animais. No último nível moraria o Imperador do Céu. Hoje conhecemos como Ursa Maior.

Como berço da ciência e do pensamento racional, a Grécia, também abrigou seus mitos e lendas, fonte de inspiração dos ensinamentos gregos. (SKOLIMOSKI, 2014).



Figura 9. Imagem de deuses gregos¹⁴

Fonte: pt.quizur.com/quiz

A mitologia grega é trazido à luz na fascinante obra de Hesíodo, “A teogonia” que fora escrita em versos, linguagem poética que possibilitava ao homem comum conhecer fatos e acontecimentos de um mundo não acessível a eles. No início existia apenas caos que precedia aos deuses. E desse caos nasce Gáia (Terra), Tártaro (submundo), Eros (amor), Erubus (masculino) e Nyx (noite) que são os descendentes do caos. A partir daí Gáia gera, sozinha, Urano (céu), Pontos (mar) e Oreas (montanhas). Juntos, Nyx e Eros geram vários filhos: Éter (ar), Hemera (dia) e Tânatos (morte). A partir de então, tudo foi sendo criado.

Gáia casa-se com Urano tendo vários filhos: Hecatonquiros, Ciclopes, Titânidas e Titãs, dos quais Crono (um dos Titãs) é o mais importante que castro seu pai, derrotando, conquistando a liderança. Crono se casa com Rheia gerando, assim, vários deuses (Zeus, Hades e Poseidon).

¹⁴ Disponível em: <https://pt.quizur.com/quiz/com-qual-deus-ou-deusa-grega-voce-se-parece-3rKz> – Acesso em 23 de julho de 2019, às 6h02min.

Mas, por medo de seus filhos fazer o mesmo que fizera com o seu pai, devorava cada um após o nascimento. Com medo de perder mais um filho, Rheia, não o entrega ao pai e no lugar dá-lhe uma pedra. Zeus, o deus mais importante da mitologia grega, derrota seu pai, Crono e tira de sua barriga seus irmãos (Hades e Poseidon) que depois travam uma batalha com os Titãs, derrotando-os. Com isso, Zeus divide o poder com seus irmãos. Hades ganha o capacete da invencibilidade e o governo de Tártaro, Poseidon ganha um tridente e o governo do mar e Zeus ganha como arma o raio e se torna senhor de todos os deuses.

O humanos, como sempre os últimos, são criados por Prometeu que usa argila para realizar sua criação contando com a deusa Atenas para dar-lhes vida. Também, Prometeus ensina coisas do mundo para os homens e deu o fogo de Zeus para que eles pudessem se desenvolver. O modelo de universo dos gregos se resume com o Tártaro que sustentava Gáia envolta por Éter e circundada pelo Pontos. Apolo com sua carruagem puxada por cavalos levava o Sol movimentando-o pelo firmamento. Existiam terremotos que eram causados por Poseidon e seu tridente.

Os mitos cosmogônicos apresentados sinteticamente possuem em comum algumas características como: 1) a existência da escuridão e do caos inicial (Mito Maia, Egípcio, Chinês e Grego), 2) a existência de um tipo de água primordial (Mito, Egípcio, Hindu e Babilônico); 3) a criação do universo a partir do corpo de um deus (Mito Egípcio, Chinês e Babilônico), entre outras semelhanças. O caos inicial, escuridão pode ser pelo fato de ser algo desconhecido.

A existência de um tipo de água primordial se explica pela sua importância biológica e fundamental à vida, limpeza, purificação e fonte de alimentação. Pode ser, também, que houve contato entre as civilizações em algum momento do passado, ou origem comum e talvez memória coletiva. Pode, também, a fidedignidade dos livros sagrados, apenas coincidência ou fenômenos instintivos naturais. Mas, são apenas especulações, não se pode ter certeza da fidedignidade dos fatos. Não apenas conjecturas, especulações e hipóteses sem argumentos.

Atividade 2: Questões para debater e responder.

O propósito deste momento foi estimular um debate entre os alunos onde procura-se levá-los a perceber as diferentes formas antigas do pensamento humano. Com isto, espera-se que eles percebam que o conhecimento construído está intrinsecamente ligado às ferramentas que se têm em mãos naquele momento, à cultura e às questões sociais, políticas e culturais. Para dar corpo e eficiência às conversas e promover um diálogo dirigido, iremos propor algumas questões para serem discutidas, refletidas e respondidas.

Questões propostas para nortear as discussões

- 1) Como os mitos ajudaram aos homens a construir as civilizações e suas religiões?
- 2) Há semelhança entre as narrativas sobre a criação do mundo em diferentes culturas? Quais?
- 3) Os mitos são narrativas verdadeiras?
- 4) Qual é a relação entre mito e filosofia.

4.2 Aula 4 - O Universo de duas esferas aristotélico-ptolomaico

Plano de aula

Tema: O universo de duas esferas aristotélico-ptolomaico.

Duração da aula: 1h40min

Objetivo: Pretende-se neste aula,

- Apresentar aos estudantes a evolução dos modelos de universo desde das antigas comunidades até o universo aristotélico-ptolomaico;
- Explicar as características principais entre os universos de duas esferas de Aristóteles e Ptolomeu;
- Entender “o por quê” da aceitação do modelo de universo aristotélico-ptolomaico por milhares de anos;

Conteúdo Físico:

- Modelos de universos antigos até as duas esferas aristotélica ptolomaica.

Recursos Instrucionais: Os recursos utilizados são:

- Slides, giz e lousa, vídeo-documentário, texto-base para o professor.

Motivação:

- Para introduzir o assunto o professor fará breve comentário sobre as concepções cosmológicas desde os mitos até as concepções filosóficas pré e pós socráticas. Com isso, espera-se que os alunos conheçam a evolução do pensamento humano e entendam “o por quê” da mudança da forma de pensamento através dos tempos.

Dinâmica da aula:

- Assistir o Documentário; ler o texto; Atividades em sala.

Atividade 1: **Assistir o documentário sobre a evolução das ideias da física e ler o texto “O universo de duas esferas”, sobre “O nascimento do universo de duas esferas aristotélico-ptolomaico”.**

A ideia deste primeiro momento foi apresentar o documentário¹⁵, Grandes Pensadores, no caso Aristóteles, sobre a evolução das ideias da física onde foram mostrados os episódios da história da ciência, precisamente, “a evolução dos modelos filosóficos antigos” para saber um pouco mais como entendiam e viam o mundo em suas épocas como suas culturas, suas concepções de universo e como esses modelos vieram evoluindo até chegar o modelo de universo de duas esferas aristotélico-ptolomaico.

Na sequência, os estudantes receberam um texto sobre “*O nascimento do universo de duas esferas aristotélico-ptolomaico*” para leitura e discutir, numa roda de conversa, suas principais características.

TEXTO A: Geocentrismo

No século V a. C. os gregos Demócrito e Leucipo imaginavam um espaço vazio, infinito, composto por muitas partículas indivisíveis. Nesse universo a Terra não estava em repouso e não se encontrava no centro do universo, pois cada local do espaço era considerado igual a muitos outros e as suas partículas constituintes eram propícias a agregação de múltiplas e diferentes formas, formando estruturas semelhantes às do Sol e da própria Terra.

Também nessa época Heráclides de Ponto, sugeria que o movimento aparente para leste das estrelas se devia, não à rotação da esfera de estrelas, mas sim a uma rotação diária da Terra Central. Por conseguinte, já no século III a.C. Aristarco de Samos cria uma teoria semelhante à de Copérnico colocando o Sol no centro de uma esfera de estrelas, ao redor da qual se movia a Terra.

Mesmo que considera-se essas teorias bastante semelhantes com as hoje sabemos que elas não tiveram sucesso à época. Mas porque estas teorias não foram apoiadas pelos argumentos que, na atualidade, são aceitos, e sim contestadas por todo o tipo de observações feitas no céu?

TEXTO B: O Universo das duas esferas aristotélico-ptolomaico.

Durante todo o período que se estendeu desde seu aparecimento, no século IV a.C., até o século XVI d.C., a física e a cosmologia de Aristóteles permaneceram como os únicos pensamentos sistemáticos formulados a respeito dos fenômenos físicos e da estrutura do Universo.

No entanto, diferentemente da forma quantitativa, expressa por relações matemáticas, que a física moderna adquiriu a partir da Revolução Científica do século XVI, a ciência de Aristóteles

¹⁵ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kkHJce9-oLE> . Grandes Pensadores: Aristóteles. Duração: 6min 18s

possuía um caráter puramente qualitativa. Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) nasceu em Estargira próxima a Macedônia.

Aristóteles ficou órfão de pai e mãe ainda na infância. Aos dezoito anos ingressa à academia de Platão, onde permanece durante 20 anos de sua vida. Assim, inicia sua vida de pensador. Nessa época prevalecia as ideias de Platão que dividira o universo em dois mundos: o das ideias e dos sentidos. Para ele a observação e a experimentação seriam enganosas e irrelevantes ao homem porque não seria capaz de conhecer a verdadeira realidade.

Também, existia o pensamento de Demócrito (460 a.C. – 360 a.C.) concebia a existência de átomos e vácuo. Ideia não compartilhada por Aristóteles que acreditava a existência apenas de quatro elementos fundamentais formando todas as coisas: água, fogo, ar e terra. Além do éter formando os corpos supralunares.



Figura 10: Modelo geocêntrico de Ptolomeu¹⁶

Fonte: Verdadeurgente.com.br

Com isso, percebemos duas fases em sua vida. Uma anterior à Platão, na qual mostrou-se influenciado acreditando na imortalidade da alma e a divindade dos corpos celestes, a outra, é notável uma maior independência em relação aos pensamentos de Platão. Abandona as ideias de seu mestre, Platão, funda o Liceu, sua escola em Atenas, onde podia contar com um museu com muitas espécies e uma biblioteca. A ciência aristotélica era perfeitamente integrada ao seu sistema filosófico.

Com isso, como para Aristóteles a ideia do vácuo, da existência do nada, era contraditória em si, para ele o Universo era completamente preenchido por matéria. Por outro lado, uma vez que a sua filosofia também rejeitava como absoluta a existência de uma extensão material infinita, sua

¹⁶ Disponível em: <http://www.verdadeurgente.com.br/2019/07/terra-plana-e-geocentrismo.html> – Acesso em 23 de julho de 2019, às 6h05min.

cosmologia caracterizava-se por um Universo finito. Nesse Universo finito era possível identificar um centro estático, onde Aristóteles posicionou a Terra.

A concepção aristotélica do Cosmo era profundamente impregnada da noção de ordem. Seu Universo formava um todo, onde cada constituinte possuía seu lugar próprio, estabelecido conforme sua natureza: o elemento terra, mais pesado, posicionava-se no centro desse Universo, enquanto os elementos mais leves, água, ar e fogo, iam formando camadas concêntricas em torno.

Assim, segundo a física aristotélica, os corpos, deixados por si, ou seja, na ausência de forças aplicadas sobre eles, realizariam espontaneamente movimentos buscando retornar às posições que lhes são apropriadas: Os elementos mais pesados, a terra e a água, movendo-se em direção ao centro do Universo, enquanto os mais leves, o ar e o fogo, movendo-se para cima, afastando-se do centro. A queda dos corpos sólidos abandonados no ar encontrava sua explicação na naturalidade deste movimento em direção ao centro do Universo. Outro aspecto fundamental da filosofia aristotélica era sua distinção radical entre o mundo terrestre, sublunar, e o celeste, supralunar.

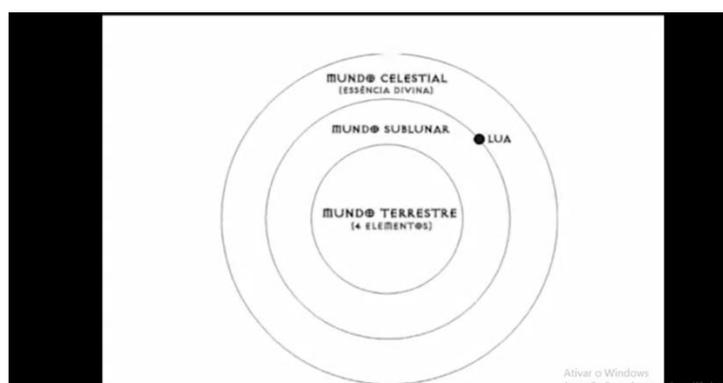


Figura 11: Universo das duas esferas de Aristóteles: Sublunar e Supralunar.¹⁷

Fonte: Sites.google.com/site/

A Terra, domínio da matéria sujeita a toda espécie de mudanças e transformações, opunham-se os corpos celestes, imutáveis, esferas perfeitas, formadas, não como a matéria terrestre, dos quatro elementos mencionados, terra, água, fogo e ar, mas de um outro elemento, incorruptível, denominado éter ou quintessência. A esses corpos imutáveis eram concebidos apenas movimentos circulares naturais em torno da Terra, imóvel, no centro do universo. Essa consideração de que a natureza dos corpos celestes era imutável assentava-se na experiências humanas; afinal, em todos os tempos, os homens haviam visto o céu da mesma forma. Por conseguinte, a experiência parecia induzir a que se concluísse que o céu não era possível de transformações, a não ser o simples deslocamento físico

¹⁷ Disponível em: <https://sites.google.com/site/physihistorysciences/astrologia/aristoteles?tmpl> – Acesso feito em 23 de julho de 2019, às 6h12min.

de seus astros. A ele não se aplicavam as ideias aristotélicas de geração e corrupção; não fora criado, como ocorre com as coisas terrestres, nem tão pouco deixaria de existir.

Aristóteles concebia que a Terra era esférica. Segundo ele, tal esfericidade poderia ser percebida nas sombras da Terra projetadas nos eclipses lunares, quando os barcos se afastavam do continentes eles sumiam no horizontes de maneira que pareciam adentrarem aos mar e, também, devido existirem estrelas que eram visíveis no hemisfério sul não serem as mesmas no hemisfério norte. Daí, surgiu a ideia da possibilidade do homem circunavegar a Terra devido sua esfericidade.

Aristóteles mantinha a crença de que os corpos celestes estavam presos a esferas cristalinas centradas na Terra, que, ao girarem, arrastavam-nos, em sentido contrário ao movimento, fazendo com que descrevessem movimentos circulares. Para Aristóteles, quando criados, o primeiro motor foi responsável para colocar os céus em perfeito e perpétuo movimento, o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas fixadas no interior de oito esferas cristalinas girando em volta da Terra em seu centro. Ele atribuía o movimento das esferas celestes a Inteligências, hierarquicamente inferiores a uma Primeira e Suprema Inteligência.

Entretanto, a acumulação de dados relativos aos movimentos dos corpos celestes pelos astrônomos gregos obrigou à construção de modelos astronômicos cada vez mais elaborados, com a inclusão de novas esferas celestes (cinquenta e seis esferas motoras), cujos movimentos se compunham. O resultado dessa composição faziam com que os movimentos dos corpos celestes se tornavam cada vez mais complexos.

Além disso, esses novos dados mostravam variações na intensidade do brilho dos planetas ao longo do ano indicando que, ou suas distâncias à Terra variariam com o tempo, derrubando a tese de que descreveriam trajetórias circulares centradas em nosso planeta, ou então suas luminosidades realmente variariam ao longo do tempo, o que se confrontava com a crença na imutabilidade celeste.

TEXTO C: Como resolver esses problemas?

No século II d.C. Ptolomeu construiu um modelo astronômico geocêntrico, compatível com os dados experimentais disponíveis então, em que adotava uma série de hipóteses a respeito do movimento dos planetas, admitindo para cada planeta a composição de um movimento de revolução (epiciclo) em torno de um certo ponto, que por sua vez, descrevia uma trajetória circular (deferente) em torno de um outro centro. Ptolomeu admitiu ainda que a Terra não se situava no centro do círculo deferente dos planetas.

Em que pese a crescente complexidade adotada pela descrição do Universo ptolomaico e a flexibilização de algumas teses centrais do pensamento cosmológico aristotélico, como por exemplo,

a ideia de que as esferas a que pertenciam os planetas eram todas centradas na Terra, o modelo de Ptolomeu obteve uma enorme aceitação pelo sucesso na explicação dos dados disponíveis. Seu modelo colocou ordem na concepção sobre o universo aristotélico, elaborou matematicamente o modelo geocêntrico que possibilitou prever as posições dos astros com precisão e apesar de algumas discrepâncias, o modelo de Ptolomeu explicava de forma muito boa as observações realizadas, sendo aceito por vários séculos.

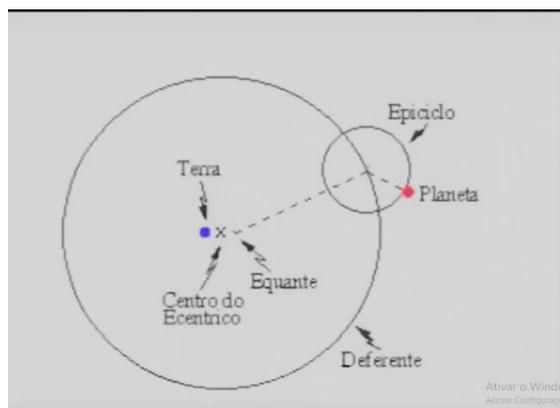


Figura 12: Modelo geocêntrico proposto por Ptolomeu¹⁸

Fonte: if.ufrs.br/fis02001

O modelo geocêntrico de Ptolomeu foi iniciado por Apolônio de Perga (261 – 196 a.c.), desenvolvido por Hiparco e aperfeiçoado por ele. Para isso, usou círculos no lugar de esferas e introduziu vários dispositivos. Apesar de ter feito uso de vários esquemas manteve o movimento circular. Usou dois movimentos principais nos céus (noção aristotélica), o primeiro carregava toda a esfera celeste contendo as estrelas, o Sol, a Lua e os planetas em torno do observador uma vez por dia e o segundo era o responsável pelo movimento do Sol, da Lua e dos planetas relativos às estrelas fixas. Além desses havia movimentos secundários responsáveis pela precessão dos equinócios e pelas mudanças anômalas na velocidade do Sol e nas velocidades e sentidos dos planetas. Havia o movimento produzido pela rotação da esfera celeste, diurno, com frequência de 366,25 revoluções/ano e a precessão, 36 000 anos. Segundo Ptolomeu, o Sol move-se levado em torno da Terra diariamente na rotação diurna da esfera celeste e depois, girava no sentido horário em relação a um observador na Terra em torno de um eixo que passa pela eclíptica com revolução e velocidade não constante. Tal anomalia Ptolomeu deslocou o centro do movimento circular do Sol do centro da Terra para fora do centro (excêntrico). Com isso, hora o Sol passa perto, hora longe da Terra.

¹⁸ Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_copernico.htm – Acesso feito em 23 de julho de 2019, às 6h15min.

Além disso, Ptolomeu explicou o movimento retrógrado dos planetas usando dois círculos (deferente e epiciclo). Assim, o planeta move-se ao longo do epiciclo com velocidade angular constante que tem centro sobre a circunferência do deferente, ambos no mesmo sentido.

Ptolomeu usou o conhecimento de seus antecessores para ordenar os planetas, através da qual as posições planetárias dependiam das velocidades angulares relativas às estrelas fixas: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. Tal modelo foi capaz de fazer previsões de posições planetárias futuras com grande precisão.

O modelo desenvolvido por Ptolomeu funcionou muito bem pelo paradigma da época. Logicamente, apesar de algumas anomalias, ele foi usado e aceito durante muitos séculos.

Atividade 2: Questões para debater e responder.

O propósito deste momento foi estimular um debate entre os alunos onde procurava-se levá-los a perceber como ocorre a evolução do conhecimento, como ele foi e é construído e a constante mudança de paradigmas causados pelas revoluções científicas.

Com isto, esperava-se que eles percebessem e entendessem que o conhecimento construído está intrinsecamente ligado às ferramentas que se têm em mãos como a geometria, novos conhecimentos, observações e fatos ocorridos.

Para dar corpo e eficiência às conversas e promover um diálogo dirigido, propusemos algumas questões para serem discutidas e refletidas.

Questões propostas para nortear as discussões

- 1) De onde Aristóteles tirou informações para construir o seu modelo de universo?
- 2) Entre vários modelos, por quê logo o de Aristóteles foi o mais aceito?
- 3) Quais são as deficiências do modelo de Aristóteles em relação ao movimento dos planetas?
- 4) Quais foram os motivos que levaram a modificações no modelo aristotélico?
- 5) Diferencie o modelo de universo de Aristóteles com o de Ptolomeu.
- 6) Quais foram os principais problemas sem respostas no modelo de universo de Aristóteles?

4.3 Aula 5 - Revolução copernicana

Plano de aula

Tema: Concepções de Copérnico

Duração da aula: 1h40min

Tema: Revolução Copernicana

Objetivo: Os objetivos da aula foram:

- Saber quais são as características principais do heliocentrismo;
- Entender como ocorreu a substituição do modelo geocêntrico pelo heliocêntrico;
- Saber quais foram as consequências imediatas da troca entre os dois modelos de universo;
- Os argumentos defendidos por Nicolau Copérnico para realizar a troca dos modelos

Conteúdo Físico:

- Heliocentrismo de Nicolau Copérnico.

Recursos Instrucionais: Os recursos instrucionais utilizados são:

- Slides, giz e lousa, vídeo-documentário, texto-base para o professor.

Motivação:

- Para introduzir a aula e prender a atenção dos alunos foi proposto a eles assistir um vídeo-documentário sobre Copérnico.

Dinâmica da aula:

- Documentário sobre a revolução copernicana;
- Leitura sobre Nicolau Copérnico;
- Leitura sobre o universo infinito de Giordano Bruno;
- Debate sobre o universo de Giordano Bruno.

Atividade 1: **Revolução Copernicana: Geocentrismo X Heliocentrismo e discussões.**

Neste primeiro momento os alunos assistiram ao documentário¹⁹ sobre Nicolau Copérnico e o heliocentrismo, o qual se tratou dos estudos realizados por Nicolau Copérnico sobre a substituição do antigo modelo geocêntrico defendido por Aristóteles e Claudio Ptolomeu. Também, foi apresentado aos alunos outro documentário²⁰ sobre o ABC da astronomia onde se trata da evolução do pensamento humano referente a sua visão de mundo. Foi mostrado as condições em que se dá a passagem da teoria geocêntrica para a teoria heliocêntrica. Além, de apresentar alguns motivos aparentes para que isso acontecesse e a importância dessa mudança de paradigma na época. Além do documentário há também um texto de apoio.

¹⁹ Jorg Richter, Great Moments in Science and Technology, legendado por @bobdirlei, sobre Nicolau Copernico e o heliocentrismo com duração de 14min 31s, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=k3aRdw0YG0k&t=637s+%3E>

²⁰ ABC da astronomia – Heliocentrismo. Com duração de 4min 28s. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=z8ZzCS_tUuc >

TEXTO A: Heliocentrismo

A Europa passava por grandes mudanças por volta do século XV que refletiam em geral em toda a sociedade. Vários pensadores e estudiosos foram influenciados pela Reforma Protestante e pelo Renascimento. Um deles é Nicolau Copérnico. Tudo indica que Copérnico se simpatizara pelas correntes renascentistas, principalmente pelo neoplatonismo, consequência de ideias de seus professores.



Figura 13: Defensores do heliocentrismo. Fonte: Vídeo do ABC da Astronomia.²¹

Fonte: youtube.com.br

Exemplificando, afirmavam que através da matemática se poderia chegar à natureza essencial de Deus e para eles a divindade fecunda era representada pelo Sol, e este deveria estar no meio de todos os assentos. A atitude de se retirar a Terra do centro de tudo fez com que alguns estudiosos chegassem a conclusões que divergiam das ideias defendidas pelos religiosos. Para eles o homem como criatura divina deveria estar no centro de tudo, assim como a Terra. Mas, esta não era a preocupação de Copérnico e sim as críticas devido as deficiências de percepção sensorial de sua teoria. Por isso, parte de sua obra foi alterada para se adequar às Sagradas Escrituras pelo então teólogo luterano Andreas Osiander (1498-1522). Ele participou da edição do livro de Copérnico e inseriu um prefácio falso e anônimo onde sugeria usar o sistema matemático do livro sem defender o movimento físico da Terra. Mas, ainda havia algumas anomalias para serem resolvidas.

TEXTO B: Uma nova astronomia

²¹ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=z8ZzCS_tUuc – Acesso feito em 23 de julho de 2019, às 6h21min. Tempo decorrido do vídeo foi de 4min28s.

O conhecimento construído através do tempo, quase sempre é usado como pressuposto para o surgimento de novos conhecimentos. Quando Nicolau Copérnico propôs a teoria heliocêntrica, ele a propôs utilizando conceitos e princípios já utilizados por outros que o antecederam. Sua teoria heliocêntrica se baseou quase que totalmente utilizando os princípios utilizados na teoria geocêntrica de Aristóteles. Ele se baseou nos epiciclos e excêntricos já existentes. Apenas tirou a Terra do centro do Universo colocando o Sol.

*Segundo Thomas Kuhn, com o tempo vão surgindo anomalias nos paradigmas e ao serem acumulados podem levar às Revoluções Científicas. Assim, às vezes os astrônomos vão acrescentando explicações “ad hoc”, mas, com o tempo essa prática pode ficar insustentável, levando a substituição do modelo vigente, surgindo as crises. Assim, conforme concebe Pires (1998) em seu livro *Evolução das ideias da Física*, “os astrônomos fizeram apenas remendos para corrigir as discrepâncias: acrescentaram um epiciclo aqui, mudaram um parâmetro ali, deslocavam um excêntrico de lugar e assim, o que antes era um sistema harmônico, se tornou uma monstruosidade” (PIRES, 2008, p.85).*



Figura 14: Modelo heliocêntrico proposto por Copérnico.²²

Fonte: [Pt.wikipedia.org/wiki/](https://pt.wikipedia.org/wiki/)

Muitos historiadores não compartilham da ideia de que havia uma crise na Astronomia. O modelo de universo de Ptolomeu explicava muito bem todos os fenômenos, além de ser muito bem aceito pela maioria dos estudiosos e astrônomos. Bem diferente do modelo desenvolvido por Copérnico. Este apenas explicava os fenômenos de forma mais elegante. Logicamente, com a utilização do telescópio, anos mais tarde, os astrônomos tinham provas visuais para testar suas hipóteses e confrontá-las com as concepções existentes e explicadas pelo modelo de Aristóteles. Para Thomas Kuhn já havia uma desconfiança nas explicações dadas pelo modelo de universo de

²² Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Heliocentrismo> – Acesso feito em 23 julho de 2019, às 6h24min.

Aristóteles. Copérnico apenas explicava os fenômenos existentes com argumentos aplausíveis e corroborados, mais tarde, pela observação.

A verdadeira “Revolução” veio emergindo através das explicações racionais dadas através da observação dos fenômenos como as manchas solares, as crateras lunares, as luas de Júpiter, etc. Assim, os novos pensadores são os que foram dando corpo a “Nova Astronomia” e a “Nova Física”. Começou com Copérnico, foi observada e mostrada por Galileu, teorizada com as três Leis de Kepler (Órbitas, Áreas e Períodos) e com as Três Lei de Newton e sua Lei da Gravitação Universal. Os modelos de universo sempre foram propostos, mas para serem aceitos é preciso que as hipóteses sejam provadas e corroboradas pela comunidade científica da época. Além de realizar e explicar os fenômenos de forma bem simples. E sabemos que muitos já propuseram os modelos geocêntricos e heliocêntrico. Mas, não estavam ainda bem embasados e explicados.

TEXTO C: A nova astronomia de Copérnico

Seria difícil acreditar que um garoto tímido, débil, religioso e estudioso que perdera o pai tão jovem que nascera em 1473 em Torum na Prússia Oriental, atual Polônia, e aos dez anos de idade, em 1483, órfão de pai, fosse se tornar um ilustre astrônomo e provocar uma “Revolução” na Astronomia. Estudou até aos dezoito anos na Universidade da Cracóvia onde ficou interessado pela astronomia e matemática. Depois, de deixar a Universidade em 1494, retornou a Torum, sem se graduar, dois anos mais tarde fez-se cônego de Frauenburg sem receber as ordens sagradas. Mas, formou-se em leis canônicas, em Bolonha, para desempenhar trabalhos administrativos na igreja. Depois, de alguns anos, obteve o título de doutor em leis canônicas. Tempos depois, formou-se em medicina e jurista com grande conhecimento em grego, Matemática e Astronomia. Na Polônia, Copérnico deu sequência as observações astronômicas iniciadas na Itália. Ele, devido sua boa reputação, foi convidado por alguns astrônomos a participar na reforma do calendário, o qual se esquivou devido a falta de informações sobre o movimento do Sol e da Lua. Já no início do século XVI apresentou um pequeno comentário (Commentariollus) de seu modelo. Mas, mesmo pouco conhecido, o seu trabalho foi aprovado pelo papa Clemente VII e foi solicitado para se tornar público por parte do cardeal Schonberg. Com isso, depois de ser estudando os detalhes mais importantes do sistema planetário, pelo professor de Matemática em 1540, Jorge Joaquim, e com a autorização de Copérnico, seu trabalho “Sobre as Revoluções das Esferas Celestes” enfim foi publicado.

A publicação dos trabalhos desenvolvidos por Copérnico, por motivos de saúde, ficou a cargo de André Osiander que era teólogo, astrônomo e admirador de Copérnico. Ele escreveu um prefácio anônimo dedicado ao Papa Paulo III onde afirmava que os trabalhos realizados por Copérnico não

representava a realidade, mas uma forma simples e útil para calcular as posições dos vários astros celestes. Logicamente, talvez, a mudança foi devido ao medo de consequências mais sérias, mas com certeza esta não era a concepção de Copérnico. Mas, muito doente, conheceu o primeiro exemplar impresso e veio a falecer no dia 24 de maio de 1543.

Nesta dada considera-se que começou a ciência moderna. Em si, a obra de Copérnico não deixou de ser de longe semelhante a todos os trabalhos ofertados pelos astrônomos seguidores de Ptolomeu, enquanto que as obras seguintes, por astrônomos que leram e se baseavam na atividade de Copérnico, foram inovadoras e sérias nos aspectos essenciais que caracterizaram a Revolução Copernicana.

Por isso dizemos que a repercussão de sua obra não ocorreu imediatamente. Pelo contrário, encontrou reservas entre pensadores e estudiosos como o filósofo Francis Bacon e o astrônomo Tycho Brahe. Teve por outro lado, grandes adeptos como Giordano Bruno, Johannes Kepler e Galileu Galilei, personagens que muito contribuíram para toda a revolução do pensamento crítico.

TEXTO D: O sistema planetário de Copérnico

O modelo desenvolvido por Nicolau Copérnico teve os seus motivos, os quais foram descritos em seu trabalho “Commentariolus”. Primeiramente, teve o desejo de tirar a ideia de “igualante” do modelo de Ptolomeu. Isto porque de acordo com as observações, os planetas não se moviam descrevendo círculos perfeitos e suas velocidades não eram constantes.

Reforçado pela ideia dos antigos filósofos (Cícero, Filolao, Heraclides, etc.) da movimentação terrestre Nicolau Copérnico organizou os seus trabalhos, quase uma reescrita do Almagesto, utilizando a mesma organização usada por Claudio Ptolomeu, seu grande inspirador dividindo-o em seis livros: O primeiro é o resumo da teoria e dois capítulos dedicados à trigonometria; O segundo organizou os princípios matemáticos da Astronomia; O terceiro cuida dos movimentos da Terra; O quarto com os movimentos da Lua; O quinto e o sexto com o movimento dos planetas. O sistema planetário de Copérnico tinha no centro o Sol fixo e imóvel.

Os planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturnos) moviam em círculos em torno dele. A Lua girava em torno da Terra que gira em torno do seu próprio eixo em períodos de 23 horas e 56 minutos e sua rotação forma um ângulo de $23^{\frac{1}{2}^{\circ}}$ entre a eclíptica com o equador celeste. Já os planetas se encontram a certa distância do Sol. Eles realizam movimentos de rotação e translação. Nos movimentos de translação uns são mais rápidos do que outros. Assim, quanto mais distante eles se encontrarem do Sol, maior é o período de translação. Além de calcular as distâncias dos planetas, Copérnico colocou-os em ordem.

Com a hipótese heliocêntrica, Copérnico atribuiu um modelo capaz de calcular e explicar com precisão resultados astronômicos, de uma forma mais simples do que aquela empregada pelo modelo ptolomaico. Vários problemas particulares que desafiavam a interpretação baseada no modelo de Ptolomeu, cujas soluções contribuíram para seu grau crescente de artificialidade e obscuridade, foram mais naturalmente explicados por Copérnico.

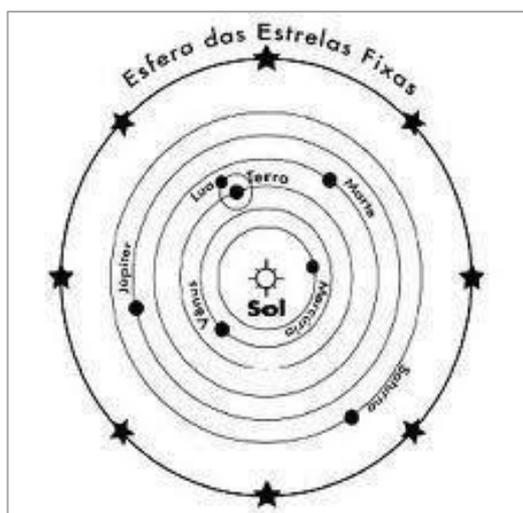


Figura 15: Modelo de Universo de Copérnico.²³
Fonte: ebah.com.br/contente

Por exemplo: as irregularidades observadas nos movimentos planetários eram agora atribuídas ao fato esses movimentos estarem sendo observados do ponto de vista da Terra, ela própria em movimento. Ao contrário, do ponto de vista de alguém que estivesse em repouso em relação ao Sol, a simplicidade circular dos movimentos planetários estaria preservada.

Sua teoria heliocêntrica ainda estava fundamentada em critérios de valor. Segundo o seu ponto de vista, parecia ser irracional mover um corpo tão grande como o Sol, em vez de outro tão pequeno como a Terra. Além disso, Copérnico atribuía ao Sol, fonte de luz e de vida, uma condição superior em nobreza.

Portanto, ele seria mais merecedor do estado de repouso, sinônimo de estabilidade, do que a Terra, que assim permaneceria em constante movimento. Ao colocar a Terra como um planeta comum, Copérnico rompeu a separação essencial entre a Terra e o Céu, presente no pensamento de Aristóteles. Como pode ser visto o modelo heliocêntrico provocou uma revolução não somente na astronomia, mas também um impacto cultural com reflexos filosóficos e religiosos. O modelo

²³ Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAfOnkAK/copernico-kepler-galileu> – Acesso feito em 23 de julho de 2019, às 6h27min.

aristotélico havia sido incorporado de tal forma no pensamento, que tirar o homem do centro do universo acabou se revelando uma experiência traumática.

Por fim, o modelo heliocêntrico de Copérnico afirmou-se como o correto. Mas por que o modelo de Aristarco de Samos não sobreviveu, cerca de 2.000 anos antes, se afinal também estava certo? Basicamente porque, para fins práticos, não fazia muita diferença quando comparado com o modelo geocêntrico. As medidas não eram muito precisas e tanto uma teoria quanto a outra davam respostas satisfatórias. Nesse caso, o modelo geocêntrico parecia mais de acordo com a prática do dia-a-dia; além disso, era um modelo homocêntrico, o que estava em acordo com o demandado por escolas filosóficas e teológicas.

O modelo cosmológico de Aristóteles e Ptolomeu prevaleceu durante quase quatorze séculos. O pensamento medieval ocidental, de natureza cristã, adotou sua estrutura, porém transformando o Universo de eterno em criado pela Vontade Divina.

Contudo, o próprio processo que levou ao apogeu desse pensamento medieval trouxe dentro de si os elementos de sua própria contestação.

Diante de tudo isso consideramos que ao passar a história da ciência através de episódios da ciência aos alunos devemos mostrar como é a sua natureza. Mostrar que a passagem do modelo geocêntrico para o heliocêntrico foi uma mudança de paradigma, uma revolução científica.

TEXTO E: O Universo infinito de Giordano Bruno

Grande pensador italiano, Filippo Bruno (1548–1600), século XVI, nasceu em Nola (Nápole), adotou o nome Giordano Bruno quando entrou para a ordem dominicana. Muito polêmico, gostava de ler livros proibidos pela igreja lançou dúvidas sobre a “Santíssima Trindade” e foi excomungado pela igreja e caçado pela inquisição. Sendo preso pelo Santo Ofício, declarado herético e tempos depois foi queimado vivo, nu e com a língua presa numa morsa de madeira.

*Bruno produzir muito. Em 1584 publica duas belas obras: *Cena de le ceneri*, onde defende a tese da teoria heliocêntrica de Nicolau Copérnico. Também, no texto “Sobre o infinito, o universo e os mundos, defende a ideia de um universo infinito contendo muitos mundos. O interessante que Giordano Bruno defende ideias muito avançadas para a época. Além de ir contra ao modelo cosmológico vigente, geocentrismo aristotélico-ptolomaico.*

Bruno faz uma crítica ao geocentrismo apoiando-se em Copérnico para realizar um debate com Aristóteles e os aristotélicos. Na época de Bruno o modelo defendido e aceito era o aristotélico-ptolomaico, geocentrismo. Aqui a Terra estava no centro do universo e imóvel dividida em duas partes: Sublunar e supralunar. Na primeira o movimento é o retilíneo para cima a partir da Terra e

para baixo, a partir do seu centro. Na região lunar ou celeste o movimento era eterno e circular que é perfeito sem início e fim em volta da Terra.

Neste modelo existem oito esferas onde os planetas realizam os seus movimentos. As estrelas se encontram na oitava esfera, fixas no firmamento, sem movimento algum. Assim, o universo é um mundo finito conhecendo-se todos os seus elementos e movimentos. Portanto, era um mundo finito, fechado, esférico formado por esferas cristalinas concêntricas e girando eternamente em torno de uma Terra imóvel.



Figura 16: Imagem de Giordano Bruno.²⁴

Fonte: pensador.com/frase

O modelo de Copérnico, heliocêntrico, é mais dinâmico que o aristotélico-ptolomaico. Nele o Sol, o astro rei, é circundado pelos planetas. Mas, mesmo defendendo o modelo copernicano, Bruno tem algumas restrições e ainda acrescenta novas ideias. Para ele, Copérnico utiliza muitos dados do universo aristotélico-ptolomaico: universo finito, fechado, Sol girando em volta da Terra, os epiciclos e as esferas concêntricas, etc. Mas Bruno estava envolvido é com os dilemas entre teologia e filosofia. Uma cisão dolorida que iria custar caro para Bruno.

Nessa época Bruno estava a questionar sobre o papel da igreja, em sua “Sagrada Escritura” diante do mundo que era lidar com coisas do céu (divino), moral e não elementos da natureza, região sublunar, impura, imperfeita e lugar dos movimento retilíneos. Para Bruno, no quarto diálogo da Cena, nos diz “os livros divinos a serviço do nosso intelecto, não tratam de demonstrações e especulações sobre as coisas naturais, como se fosse filosofia: mas tratam de leis e prática a serca das ações morais”. Aqui, Bruno se preocupa com a intensa interferência da igreja em assuntos que

²⁴ Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/MTY4NjYzOA/> - Acesso feito em 23 de julho de 2019, às 6h30min.

se diz respeito à filosofia, sufocando-a. Visto que a igreja concebe o universo como o aristotélico-ptolomaico.

A ideia de Bruno é defender um universo bem maior que o aristotélico-ptolomaico. Para ele, a Terra não é o centro do universo e o único habitado e sim o Sol. Também, existem infinitos mundos com outros seres vivos iguais aos nossos. Na obra “Cena de la cenere”, Bruno anuncia a discussão cosmológica que será tratada na sua obra Sobre o infinito, Universo e os mundos. Aqui ele faz uma distinção entre mundo e universo, entre universos infinitos e mundos finitos. Assim, o mundo é finito composto por planetas, satélites (Lua e Sol) e inúmeros e infinitos universos. E para discutir estas coisas filosóficas só o faz um filósofo e não matemático ou teólogo. Para Bruno, a ciência praticada pelos astrônomos não consegue avançar sem a filosofia: a filosofia pode interpretar o saber da astronomia e abranger todos os fenômenos e compreendê-los. Segundo Bruno, “o filósofo é como um intérprete que traduz de um idioma a outro em palavras”.

Na crítica de Giordano Bruno, agrega elementos do universo de Copérnico como a Terra em movimento e o Sol ocupando o centro do universo, os elementos da geometria, matemática, utilizando suportes fora da esfera rígida da doutrina cristã. Ele se vale das observações e experimentações de objetos palpáveis da Terra para provar e mostrar suas convicções heliocêntricas de multiverso infinitos e vários mundos finitos, incontáveis. Nesta forma de ver e interpretar os fenômenos, Bruno pode e consegue mostrar o comportamento verdadeiro dos astros celestes. Assim, ele se direciona na contramão das concepções da sociedade intelectual, política, social e religiosa da época que era totalmente em defesa do modelo geocêntrico aristotélico-ptolomaico.

Segundo Bruno, na concepção de Aristóteles “fora do mundo há um ente intelectual e divino, de sorte que Deus venha a ser lugar de todas as coisas”. Assim, para Bruno, Aristóteles não consegue explicar como uma coisa sem corpo, inteligente e sem dimensões possa ser um lugar de uma coisa com dimensões. Logicamente, assim como para Bruno, para nós se o mundo é finito, existe algo fora dele que o contém. Por isso, Bruno insiste em questionar o que existe além das estrelas fixas. Difícil pergunta para os aristotélicos, visto que para eles não tem sentido esta pergunta. A tese de Bruno de um universo infinito e muitos mundos não exclui a presença de Deus.

Mas, coloca Deus dentro dele. Um Deus criador que dotou todos os vivos e não vivos de total importância. Assim, nem a Terra está no centro, nem o Sol e nem nada. Não tem sentido dizer existir um centro. A ideia de centro reflete diretamente da concepção do homem e ser importante e achar que ele fora criado por Deus para ser o centro das atenções.

Atividade 2. Leitura sobre Giordano Bruno

O propósito deste momento foi criado para que os alunos se reunissem em grupos para realizar uma leitura sobre Copérnico, Giordano Bruno para, com isso, entender como a ciência foi criada e evoluiu. Para isso, foram dispostos dois textos: um sobre Nicolau Copérnico e outro sobre Giordano Bruno.

Na sequência foram propostas algumas questões para que os estudantes pudessem ler, discutir, pensar e refletir.

Questões para debater e responder.

- 1) Qual foi a principal atitude de Nicolau Copérnico para a mudança do Sistema Geocêntrico para o Sistema Heliocêntrico? E quais foram as consequências imediatas dessa atitude?
- 2) Quais são as questões que o modelo de Copérnico não conseguia responder?
- 3) Quais foram os motivos que levaram à morte Giordano Bruno?
- 4) Como era o modelo de universo aceito nessa época, século XVII?
- 5) O universo é finito ou infinito? usando, como norte os textos fornecidos.

4.4 Aula 6 - Cosmologia do século XX

Plano de aula

Tema: Big Bang

Duração da aula: 1h40min

Tema: Cosmologia do século XX

Objetivo: Queremos que alunos:

- Percebessem que o conhecimento científico é consequência do trabalho de vários cientistas;
- Entendessem que existem várias visões e concepções sobre a natureza da ciência.

Conteúdo Físico: O conteúdo que usaremos é a:

- A teoria do Big Bang.

Recursos Instrucionais: Para isso usaremos:

- Documentário;
- Textos;
- Vídeos;
- Lousa;

Motivação:

- Para que os alunos se interessem pelo tema, o professor apresentou o documentário sobre a evolução do Big Bang mostrando lhes as visões de mundo de diversos povos ao passar dos tempos, em diferentes comunidades, mostrando a retrospectiva dos modelos de universos antigos e os filosóficos e como surgiu a ideia do Big Bang.

Dinâmica da aula: Segue-se a sequência a seguir:

- Assistir ao documentário sobre a história do universo;
- Leitura de textos sobre essas teorias sobre o universo;
- Questionamentos e discussões sobre a teoria do Big Bang.

Atividade 1. **Discussão sobre o Big Bang**

A ideia dessa atividade foi para que os estudantes assistissem uma entrevista²⁵ com o professor Gastão da USP sobre a história do Big Bang²⁶, o vídeo realizado pelo ABC da Astronomia sobre a história da astronomia. Na sequência, os alunos leram um texto sobre a cosmologia desenvolvida no século XX e refletiram sobre o modelos do Big Bang. Para dar sequência nas atividades os alunos foram questionados: Quais argumentos utilizados para provar que o universo está em expansão? ; quem descobriu que o universo estava em expansão? e como sabemos que o universo está se expandindo? Foram propostos alguns questionamento para os alunos depois da leitura dos textos. Eles se reuniram, numa roda de conversa, para discutir e debater as ideias contidas nos textos.

TEXTO A: Big Bang

Ao se iniciar o século XX, algumas pendências ainda precisavam ser solucionadas. Uma delas é a solução definitiva do problema sobre a natureza das nebulosas bem como a origem do Sistema Solar, uma vez que a composição estava quase desvendada pelas novas observações. Por exemplo, James Jeans concebia, no início do século XX, que o nascimento do Sistema Solar era um acontecimento raro que ocorreu quando o Sol foi quase tocado por uma estrela. O resultado dessa quase colisão foi um efeito de maré, pela qual foi arrancada uma certa quantidade de matéria quente do Sol, da qual se constituíram os vários planetas e corpos celestes que giram em torno do Sol.

Tudo começa a caminhar no sentido do entendimento que temos hoje sobre a formação do universo quando Albert Einstein apresentou um trabalho, 1917, com a denominação “Considerações Cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade” na qual ela apresentava seu modelo de universo. Ao

²⁵ Esta entrevista está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7J2plggQNK0&t=746s> , duração do vídeo é de 22min 22s.

²⁶ ABC da astronomia. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=R2dGZ_qnC2c >.

analisar suas equações da relatividade, ele chegou à conclusão de que a curvatura do espaço, devido à presença de matéria, deveria ser independente do tempo, ou seja estática.

Também considerou a hipótese de que as forças entre as galáxias são independentes de suas massas e que variam na razão direta da distância entre elas, funcionando portanto, tais forças como repulsão cósmica. Isso poderia garantir a não contração do espaço e ocorrer o Big Crunch.

Já na década de 20, início do século XX, precisamente em 1922, Friedmann, ao formular a hipótese de que a matéria se distribui uniformemente no espaço, observou que o termo cosmológico proposto por Einstein levava à conclusão de que poderia haver dois modelos de universo não-estático: um que expandia com o tempo (Big Rip) e o outro que se contrairia (Big Crunch). Isso depende a sua densidade de matéria.



Figura 17: Modelo do Big Bang.²⁷

Fonte: pt.wikipedia.org/wiki

Se a densidade for baixa a atração gravitacional é baixa, assim, a expansão seria eterna (universo aberto e infinito); com densidade mediana se equilibraria a atração gravitacional com a expansão, velocidade de expansão cada vez menor e nunca se anula; se a densidade for alta, a atração gravitacional aumentaria e superaria a expansão havendo a contração com o universo fechado e finito. Assim o universo seria cíclico, alternando criação e expansão. Nesse momento Albert Einstein, numa tentativa de proteger sua teoria, acrescenta a “constante cosmológica” que seria uma força de repulsão contrabalanceando a atração gravitacional. Isso para salvar sua teoria do universo estático.

Foi Edwin Powell Hubble quem conseguiu resolver essa questão ao fornecer os dados observacionais que mostram a expansão do universo. Ele conseguiu identificar estrelas individuais

²⁷ Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Big_Bang – Acesso feito 23 de julho de 2019, às 6h32min.

na galáxia Andrômeda (M31) - considerada à época uma nebulosa da nossa galáxia – e estimar a sua distância em 2,4 milhões de anos-luz. Logicamente, fora da nossa que tem cerca de 100 mil anos-luz de extensão. Como essa descoberta Hubble deu grandes contribuições ao estudo do universo. Ele mostrou que o universo era bem maior que se questionava e a nossa galáxia é apenas uma entre muitas.

Foi Edwin Powell Hubble quem conseguiu resolver essa questão ao fornecer os dados observacionais que mostram a expansão do universo. Ele conseguiu identificar estrelas individuais na galáxia Andrômeda (M31) - considerada à época uma nebulosa da nossa galáxia – e estimar a sua distância em 2,4 milhões de anos-luz. Logicamente, fora da nossa que tem cerca de 100 mil anos-luz de extensão. Como essa descoberta Hubble deu grandes contribuições ao estudo do universo. Ele mostrou que o universo era bem maior que se questionava e a nossa galáxia é apenas uma entre muitas. Concluiu que quanto mais distante estavam os corpos celestes, maior é a velocidade que se afastam de nós. Hubbe proporcionou grandes contribuições para o desenvolvimento da cosmologia fornecendo os dados observacionais da expansão do universo.

Lemaître, um padre belga (1894 – 1966) foi o responsável por conectar as soluções da teoria da relatividade e as observações de Hubble, ele propôs um universo em expansão, emergindo a ideia do Big Bang. Ele chegou à mesma conclusão de Friedmann. Ao desenvolver um modelo cosmológico relativístico, concebeu um universo em eterna expansão (creditada, também, a Friedmann e Robertson). O modelo desenvolvido por Lemaître não cogitava a existência de uma origem para o universo. Ele explicou a expansão do universo a partir do modelo proposto por Einstein, um espaço homogêneo, sereno e preenchido por matéria gasosa, que se pôs a expandir (HENRIQUE, 2011). O universo de Lemaître era apenas um entre vários possíveis oferecidos pelas equações de Einstein. Já que o modelo de Lemaître cogitava que o início de universo emergia em um tempo passado infinito, não existia uma preocupação em explicá-lo. Mas, Lemaître como padre, repensa suas concepções e prevê o início do universo. Ele defende um nascimento instantâneo para o universo que se expande com o passar do tempo, sendo que em tempo remoto toda a matéria que compõe o universo era concentrada em um mega - átomo primordial que ao fragmentar deu origem a tudo que existe hoje.

TEXTO B: O modelo do Big Bang

Ao tentar entender o mundo pequeno das partículas subatômicas, George Gamow (1904 – 1968), um físico russo-americano, criou o modelo “Big Bang” que mostrava a origem do cosmos. Mas, foi Fred Hoyle (1915 – 2001) quem batizou esse modelo de origem do universo com o termo

Big Band. Propõe que no início o universo era quente e denso iniciando a expansão do espaço, surgindo os elementos químicos conhecidos e as demais estruturas.

No modelo padrão do Big Bang, há cerca de 14 bilhões de anos todo o universo estava concentrado em uma pequena região, denominada singularidade ou átomo primordial, de temperatura, pressão e densidade extremamente elevadas. Esse átomo primordial começa a expandir. A partir desse momento, a temperatura do universo decresce com o tempo. A matéria inicial é basicamente composta de neutrinos, elétrons, pósitrons e fótons que estão em equilíbrio térmico à temperatura extremamente elevada. Com o passar do tempo a temperatura vai diminuindo e alguns átomos vão se formando, se agrupando e com isso, tudo que hoje conhecemos foi se formando: átomos, estrelas, planetas, galáxias, aglomerados de galáxias, etc.

TEXTO C: O Big Bang é um modelo inquestionável?

Desde os mitos cosmogônicos, até hoje, a nossa maneira de ver e interpretar os fenômenos que ocorrem em nossa volta muda muito. Aliás, passou por vários estágios! Daí surgiram vários modelos criados pelo homem, como a Terra plana, modelo geocêntrico, heliocêntrico e o do Big Bang. Cada modelo explicava como era o universo em sua época. Cada um desses modelos tentavam explicar o mundo de acordo com suas visões. Com isso, não podemos criticá-los pela forma de ser e explicar suas teorias. Eram apenas modelos incompletos e para eles eram os melhores que tinham. A forma de criar e construir conhecimento depende de vários fatores. Assim podemos compreender mostrando que as ferramentas utilizadas vão sendo aperfeiçoadas, melhoradas e mudadas. E a forma de interpretar os dados vão evoluindo de acordo com a racionalidade humana. Com isso, a forma de fazer ciência sofre revoluções e transformações, fazendo com que o homem se adapte sua forma de agir ao pensar. Provavelmente, a teoria do Big Bang sofrerá evolução, transformação e acréscimo de a teoria do Big Bang à outros conhecimentos e, talvez, possa ser até refutado um dia. Apesar dos argumentos que são usados atualmente para validar essa teoria são fortes e contundentes. Mas isso não isenta a teoria de ser substituída no futuro.

Atividade 2: Discussão sobre os modelos modernos de universo.

Nesta atividade os estudantes leram o texto onde foram feitos comentários sobre alguns dos principais personagens envolvidos na história da cosmologia no século XX e sobre as observações astronômicas que foram interpretadas como indícios de que o universo está em expansão. Aqui os estudantes se reuniram num grande grupo para discutir e debater as ideias defendidas pelos adeptos do modelo do Big Bang. Para isso, foram propostos alguns questionamentos a eles.

Questões para serem apreciadas e discutidas:

- 1) Quais são as hipóteses defendidas pelos avalistas da Teoria do Big Bang para torná-la aceita?
- 2) O universo teve um começo ou sempre existiu?
- 3) Por quê, na atualidade, preferem teoria?
- 3) Como os cientista sabem a idade do universo?

5 TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Nesse momento foram propostos várias atividades práticas sobre cada uma das aulas do segundo momento pedagógico. Foram propostas atividades para analisar e interpretar tanto a situações iniciais que determinam o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

A proposta esteve baseada no fato que o aluno deve participar das aulas e aprender ativamente. Por isso, foram propostas tarefas a serem resolvidas em pequenos grupos (três ou quatro alunos; mínimo dois) e cujos resultados foram apresentados para toda a turma com intervenções, orientações e críticas do professor, que revisa e faz comentários sobre os trabalhos e as apresentações. Nesse momento foi sugerido que o docente atribua uma nota ou conceito que será computado para fins de avaliação formativa.

5.1 Aplicação do conhecimento – Atividades

Atividade extraclasse 1 – Seminários.

As equipes escolheram um mito criado das comunidades antigas, pesquisaram sobre ele e apresentaram para os seus colegas num seminário.

Esta atividade teve como propósito motivar os alunos a pesquisar assuntos e fatos sobre a história da ciência, entender como as comunidades antigas percebiam o mundo e inventavam suas cosmogonias, como respondiam suas indagações e entendiam o mundo em sua volta.

Atividade extraclasse 2 – Representação de experimento histórico.

A proposta da atividade foi pedir para os estudantes representar e reproduzir o esquema utilizado por Erastóstenes para medir o diâmetro da Terra. A ideia desta atividade foi para que os alunos pudessem entender como o universo que conhecemos, hoje, veio evoluindo. E como Erastóstenes, naquele tempo, conseguiu pensar numa forma de entender como é a aparência da Terra usando apenas a visão, a luz solar, algumas varetas e um pouco de geometria.

Atividade extraclasse 3- Seminários

Uma equipe, escolhida aleatoriamente, montou o seminário sobre o modelo de universo de duas esferas aristotélico-ptolomaico. Para isso, a equipe usou textos propostos no livro de apoio e fizeram pesquisas na internet buscando vídeos e documentários.

O propósito desta atividade extraclasse foi fazer com que os alunos utilizem diversas fontes de pesquisa para encontrar as informações necessárias.

Atividade extraclasse 4 - **Representar o sistema solar numa maquete aplicando as leis de Kepler²⁸ e Newton.**

A proposta da atividade foi para um grupo montar o sistema solar colocando os planeta na ordem correta, com seus tamanhos, distâncias proporcionais e mostrar que as leis de Newton²⁹ e Kepler³⁰ são úteis para calcular os períodos, as velocidades, o comprimento das órbitas, a gravidade, entre outros fenômenos.

Para realizar a atividade um vídeo-aula foi apresentado onde poderá saber um pouco mais sobre a história da cosmologia e as leis de Kepler e Newton.

Esse vídeo foi apresentado por “*Ginga Videoaulas*”.

Atividade extraclasse 5 - **Montar um seminário sobre Galileu Galilei.**

Uma equipe deveria montar um seminário sobre Galileu, comentar sobre suas descobertas, mostrar como essas descobertas ajudaram a derrubar as concepções aristotélicas-ptolomaicas com seu modelo geocêntrico fortalecendo o modelo heliocentrico causando a revolução científica.

Atividade extraclasse 6 - **Montar um seminário sobre a teoria do Big Bang.**

A proposta desta atividade foi utilizar os conhecimentos adquiridos durante as aulas para que os alunos tivessem oportunidade de mostrar tudo que aprenderam e consolidar o conhecimento apreendidos. Para isso, os estudantes deveriam montar um seminário sobre a evolução do universo, mostrar que o modelo do Big Bang é o melhor modelo que temos atualmente e porque o modelo do Estado Estacionário não conseguiu convencer a comunidade científica que era o melhor modelo de universo.

²⁸Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=k0VmgQZ4sdk>. Modelos cosmológicos e as leis de Kepler. Duração de 10 minutos.

²⁹Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BYbSIPtNzSQ>. Leis de Newton. Duração de 12 minutos.

³⁰Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=VJ_XspgMnkE. Leis de Kepler. Duração de 10 minutos.

6 REFERÊNCIAS

ARTHURY, Luiz HM; TERRAZZAN, Eduardo A. A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. Parâmetros nacionais de qualidade para o ensino médio. Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica: Brasília (DF), 2002, 141 p. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.

CAMPBELL, Joseph; MOYERS, Bill D.; FLOWERS, Betty Sue. O poder do mito. Barcelona: Emecé editores, 1991.

CHASSOT, Attico Inacio. A ciência através dos tempos. Moderna, 1995.

DE MATOS, Jênifer Andrade; MASSONI, Neusa Teresinha. Proposta didática para apresentar conceitos do movimento de queda dos corpos no ensino fundamental através de um aporte histórico e epistemológico. 2016.

DELIZOICOV, D. Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal :relato e análise de uma pratica educacional na Guine-Bissau. Instituto de Física, USP. São Paulo, 1982. p. 227.

ELIADE, Mircea. Imagens e Símbolos. Editora: Arcadia, Lisboa – Portugal, 1979

FEYERABEND, Paul K. Contra o método. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

FLICK, Uwe; PARREIRA, Artur. Métodos qualitativos na investigação científica. 2005.

GLEISER, Marcelo. Criação imperfeita. Record, 2010.

GLEISER, Marcelo. Criação imperfeita: cosmo, vida e o código oculto da natureza. Editora Record, 2014.

GLEISER, Marcelo. A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang. Editora Companhia das Letras, 2006.

HENRIQUE, Alexandre Bagdonas; SILVA, Cibelle Celestino. Controvérsias na cosmologia. Texto (parte auxiliar da pesquisa de mestrado “Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia”) –Universidade Federal de São Paulo, 2011.

KANTOR, Carlos Aparecido. Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural. 2012.

KUHN, Thomas S. *Revolução Copernicana*. Lisboa: Edições 70, 2002.

KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 2006.

MARTINS, Roberto de A. *O universo: teoria sobre a sua origem e evolução*. – 2 ed. São Paulo: editora Livraria da Física, 2012.

MORAES, Leandro Donizete et al. *Uma proposta de sequência didática para o ensino de Astronomia na educação básica com o uso do software Astro 3D*. 2016.

MOREIRA, M, A., MASSONI, N, T., & Ostermann, F. (2007). *História e epistemologia da física na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1), 127-134.

PÉREZ, Daniel Gil et al. *Para uma imagem não deformada do trabalho científico*. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PIRES, Antônio ST. *Evolução das Ideais da Física*. Editora Livraria da Física, 2008.

POPPER, Karl R. *A lógica da pesquisa científica*. Editora Cultrix, 2004

SAGAN, Carl. *Cosmos*. Edicions Universitat Barcelona, 2006.

SAGRADA, Bíblia. Traduzida em português por João Ferreira de Almeida. *Revista e atualizada no Brasil*, v. 2, p. 40, 1993.

SILK, Joseph. *O big bang A origem do universo*. Universidade de Brasília, 1984.

SKOLIMOSKI, Kellen Nunes. *Cosmologia na teoria e na prática: possibilidades e limitações no ensino*. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.