

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

FLAUBERT MEIRA ROCHA LACERDA

**A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” pela perspectiva
antropológica da Astronomia Cultural**

São Paulo

2017

FLAUBERT MEIRA ROCHA LACERDA

**A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” pela perspectiva
antropológica da Astronomia Cultural**

Versão corrigida

(Versão original encontra-se na unidade que aloja o Programa de Pós-graduação)

Dissertação apresentada ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: História da Astronomia e da
Cosmologia

Linha de Pesquisa: História e Filosofia da Astronomia

Orientador: Claudemir Roque Tossato

Coorientadora: Elysandra Figueredo Cypriano

São Paulo

2017

LACERDA, F. M. R. **A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” pela perspectiva antropológica da Astronomia Cultural**. 2017. 178f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Aprovado em: 22 de novembro de 2017.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Claudemir Roque Tossato

Instituição: IAG/USP

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Luís Paulo de Carvalho Piassi

Instituição: EACH/USP

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Carlos Aparecido Kantor

Instituição: Centro Universitário Fundação Santo André

Julgamento: Aprovado

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Francina e Almeridio, em especial, e familiares pelo amor e apoio que me ofereceram todo este tempo em meu caminho até aqui.

Ao meu irmão, Arleison, e minha namorada, Luana, pelo amor e companheirismo que nunca faltou. As conversas, o incentivo, os conselhos e as revisões de textos. Por acreditarem no modo como conduzo e para o qual guio minha vida.

Aos meus amigos e amigas que de longe me mandaram forças. Agradeço também, na pessoa do Armando Zuffi, às amizades formadas durante minha vivência e experiência de se viver no CRUSP.

Ao Prof.^o Dr. Claudemir Tossato, pela orientação, paciência e principalmente por aceitar o meu projeto como ele é.

À Prof.^a Dr.^a Elysandra Cypriano, pelas conversas, orientações e oportunidades.

Ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas e seus profissionais, pelo espaço de aprendizagem e convivência.

À E. E. José Lins do Rego, por aceitar a proposta deste projeto e fornecer o espaço para sua realização.

No início de nossa era, não existiam mundos nem universos, somente a magia fervilhante e bruta do Primal. Essa sopa fosforescente de criação cresceu como uma ameba grande, faminta e opalescente. Ela devorava o nada e, no silêncio, murmurava e sussurrava.

O primeiro a emergir das profundezas do Prim foi Gan, espírito da Torre Negra. Alto e de cor preto-acinzentada, ele abriu caminho até o céu, as janelas que espiralavam ao redor do tubo que era seu corpo relampejando com uma luz azul elétrica. Do centro da testa de Gan despontava uma grande sacada ogival envidraçada de doze cores: carmesim, laranja, amarelo, rosa, azul-escuro, verde escuro, índigo, verde claro, azul celeste, violeta, marrom e cinza-perolado. Embora a janela fosse linda, o painel circular em seu centro brilhava negro como o vazio do espaço todash.

À medida que Gan se esticava cada vez mais alto, as águas do Primal se derramavam de seu umbigo. De sua magia pura ele teceu o Mundo Médio. Quando a Torre cresceu em altura, o Mundo Médio se dividiu nos mundos múltiplos e paralelos. Gan colocou esses mundos, unidos como contas de um colar, para circular ao redor do eixo de seu corpo e seu movimento criou o tempo. Enquanto o tempo se acomodava em seu eixo, o sol e a lua se ergueram do Primal e construíram suas próprias estradas cruzando o céu. Em pouco tempo foram seguidos pelo Velho Astro e sua esposa, a Estrela do Sul. Mas enquanto os deuses assumiam seus lugares sobre o palco da terra, outras criaturas, mais terríveis, eram criadas nas águas profundas do Primal. (FURTH; DAVID, 2008, p. 26).

RESUMO

LACERDA, F. M. R. **A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” pela perspectiva antropológica da Astronomia Cultural**. 2017. 178f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

A partir da unidade temática “Compreensão Humana do Universo”, referida nas “Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, capítulo “Física”, é possível discutir uma série de conceitos presentes em seus objetivos, em especial, sobre os modelos explicativos do universo em diferentes modos de conhecimento. A fim de contribuir com esta discussão, de forma a tratar igualmente os diferentes modelos, que o presente trabalho tem como objetivo fornecer subsídios teóricos e metodológicos para o planejamento e implementação de aulas direcionadas para tal unidade temática, a partir de uma abordagem histórica-filosófica e pela perspectiva antropológica da Astronomia Cultural. Para transformar esta intenção em ação foi elaborada uma sequência didática, a qual foi conduzida segundo o processo EAR de validação. A sequência foi aplicada em uma turma de primeiro ano do ensino médio. Os dados da aplicação foram coletados por meio de gravação das aulas, dos diários de aula e do material (desenhos e questionários diagnósticos) produzidos pela turma. A fonte principal de dados foi o material produzido pela turma, o qual foi submetido à análise de conteúdo categorial. Como resultado da análise desse material verificou-se que a sequência didática aplicada, de acordo com os parâmetros adotados para sua elaboração, conseguiu com que a turma caracterizasse e delimitasse os modelos explicativos do universo segundo os tipos de conhecimentos dos quais estes são advindos.

Palavras-chave: Astronomia Cultural. Ensino de Astronomia. História e Filosofia da Ciência. Modelos explicativos do Universo.

ABSTRACT

LACERDA, F. M. R. **A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” pela perspectiva antropológica da Astronomia Cultural.** 2017. 178f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

From the thematic unit "Compreensão Humana do Universo", referred to in the "Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias", chapter "Física", it is possible to discuss a series of concepts present in its objectives, in particular, on the explanatory models of the universe in different models of knowledge. In order to contribute to this discussion, treating the different models equally, the present work aims to provide theoretical and methodological support for the planning and implementation of classes directed to such thematic unit, based on a historical-philosophical approach and by anthropological perspective of Cultural Astronomy. To transform this intention into action, a didactic sequence was elaborated, which was conducted according to the EAR process of validation. The sequence was applied in a first-year High School class. The application data were collected by recording the classes, class diaries and the material (drawings and diagnostic questionnaires) produced by the students. The main source of data was the material produced by the students, which was submitted to Categorical Content Analysis. As a result of the analysis of this material, it was verified that the didactic sequence applied, according to the parameters adopted for its elaboration, enabled the students to characterize and delimit the explanatory models of the universe according to the types of knowledge from which these are derived.

Keywords: Cultural Astronomy. Astronomy teaching. History and Philosophy of Science. Explanatory models of the Universe.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo: Motor – Problema – Solução	15
Figura 2 – Mapa conceitual da concepção da dissertação.....	16
Figura 3 – Missionário da Idade Média que encontrou o ponto onde o céu e a Terra se tocam	20
Figura 4 – Universo de Einstein.	58
Figura 5 – Universos de Friedmann.	60
Figura 6 – Comparação entre os universos de Lemaître e Eddington.	61
Figura 7 – Organização dos elementos e do referencial teórico da sequência didática	82
Figura 8 – Exemplo de desenho com poucos elementos.....	85
Figura 9 – Exemplo de desenho com muitos elementos.....	86
Figura 10 – Exemplo de representação com os elementos mais frequentes	88

LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

Quadro 1 – Algumas competências do eixo Contextualização Sócio-cultural.....	28
Quadro 2 – Plano geral da sequência didática.....	81
Quadro 3 – Objetivos específicos das aulas.....	81
Quadro 4 – Categorias dos desenhos.....	84
Gráfico 1 – Frequência dos elementos presentes.....	87
Quadro 5 – Inicial: Questão 1.....	91
Quadro 6 – Final: Questão 1.....	91
Gráfico 2 – Inicial: Questão 2.....	93
Gráfico 3 – Final: Questão 2.....	93
Gráfico 4 – Inicial: Questão 3.....	94
Gráfico 5 – Final: Questão 3.....	95
Gráfico 6 – Inicial: Questão 4.....	96
Gráfico 7 – Final: Questão 4.....	96
Gráfico 8 – Inicial: Questão 5.....	98
Gráfico 9 – Final: Questão 5.....	98
Gráfico 10 – Inicial: Questão 6.....	100
Gráfico 11 – Final: Questão 6.....	100
Gráfico 12 – Inicial: Questão 7.....	102
Gráfico 13 – Final: Questão 7.....	102
Quadro 7 – Inicial: Questão 8.....	104
Quadro 8 – Final: Questão 8.....	104
Quadro 9 – Inicial: Questão 9.....	106
Quadro 10 – Final: Questão 9.....	106
Gráfico 14 – Final: Questão 10.....	116
Quadro 11 – Plano geral reelaborado da sequência didática.....	117
Quadro 12 – Objetivos da unidade temática convertidos do PCNs+ Física para a BNCC.....	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Astronomia Cultural
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CHU	Compreensão Humana do Universo
CSCH	Contextualização Social, Cultural e Histórica
HFC	História e Filosofia da Ciência
IAG	Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas
ISAAC	International Society for Archaeoastronomy and Astronomy in Culture
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNs+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNs+ Física	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – capítulo Física
RCF	Radiação Cósmica de Fundo
SAB	Sociedade Brasileira de Astronomia
SBHC	Sociedade Brasileira de História da Ciência
SD	Sequência Didática
SEAC	Société Européenne pour l’Astronomie dans la Culture
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TRG	Teoria da Relatividade Geral
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO – COSMOGONIA DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	14
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	18
1.1 BASES DA PROPOSTA DIDÁTICA	19
1.1.1 Algumas carências no Ensino de Astronomia/Cosmologia.....	20
1.1.2 A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” e sua origem	23
1.1.3 Contribuições da História e Filosofia da Ciência à proposta.....	26
CAPÍTULO 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA A UNIDADE TEMÁTICA...30	
2.1 MODELOS EXPLICATIVOS DO UNIVERSO	31
2.2 O PROBLEMA COSMOLÓGICO E OS SEUS DESDOBRAMENTOS HISTÓRICOS	37
2.3 COSMOLOGIAS.....	45
2.3.1 Cosmologias não-científicas.....	47
2.3.2 Cosmologias científicas	54
2.3.3 Considerações sobre as distintas origens e estruturas do Universo	65
2.4 ASTRONOMIA CULTURAL	66
2.4.1 Uma breve reflexão sobre Cultura	72
CAPÍTULO 3 – TRABALHO EM CAMPO E RESULTADOS	75
3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	76
3.1.1 O contexto da aplicação	77
3.1.2 Bases para uso da Sequência Didática.....	78
3.1.3 Elaboração da Sequência.....	79
3.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	83
3.2.1 Desenhos	83
3.2.2 Questionários	89
3.2.3 Análise aprofundada.....	108
CAPÍTULO 4 – ESCATOLOGIA DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	111
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	112
REFERÊNCIAS.....	120
APÊNDICE A – TRANSCRIÇÕES DAS FALAS NAS AULAS	125
APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	134

APRESENTAÇÃO – COSMOGONIA DA PROPOSTA DIDÁTICA

O protótipo deste projeto se encontra no âmbito dos momentos finais da minha graduação em Licenciatura Plena em Física pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), quando eu fiz a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física II, ministrada pelo Prof. Dr. Wagner Duarte José, na qual a atividade avaliativa final era a elaboração de uma proposta de intervenção em sala de aula. Foi durante as disciplinas de instrumentação que minhas escolhas de campos de atuação profissional foram significativamente influenciadas e estabelecidas.

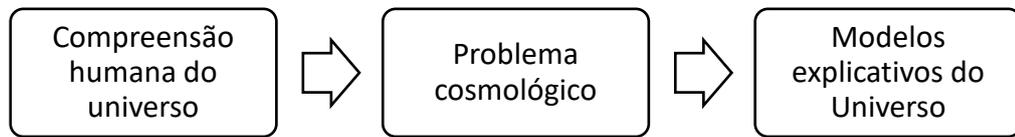
Nessa mesma disciplina tive meu primeiro contato com a História e Filosofia da Ciência (HFC) como abordagem para o ensino de Física e realizei minhas primeiras leituras na área. Conciliando meu gosto pela Astronomia e motivado por essa abordagem, elaborei uma sequência de aulas sobre “cosmologias antigas” e o “Big Bang”. Com a orientação do professor Wagner, transformei o resultado da intervenção em sala de aula em trabalho com posterior apresentação em eventos¹.

Esse primeiro mergulho no mundo dos mitos e da história da ideia de cosmos/cosmologia ocorreu de forma ingênua, ainda explorando fontes, descobrindo áreas e me deparando com novos conceitos e visões de autores. Mas, tanto o processo de elaboração da proposta de intervenção em si (escolha de conteúdo, metodologia, avaliação) quanto os resultados obtidos pela mesma, ainda que fossem simples, fizeram-me notar a necessidade de desenvolvê-lo e aprofundá-lo em um projeto maior.

A ideia desta dissertação, esquematizada na Figura 2, parte do entendimento de que a compreensão humana do universo, aqui, inicialmente, não operada como unidade temática ministrada em sala de aula, cuja transposição sintetiza conceitos e concepções, mas sim, como ação humana, tem origem na vontade de entender como o mundo é da forma como ele é. Em outras palavras, tem origem na busca de conhecer, no sentido profundo da palavra, o mundo. Para isso foi necessário sintetizar e formalizar essa busca, este foi o papel do problema cosmológico. Uma vez que a dúvida foi estabelecida e as perguntas levantadas, fez-se necessário elaborar as repostas. Este desenvolvimento inicial ocorreu em algo como um processo motor-problema-solução (Figura 1).

¹ XXXI Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 2013; V Jornada de Astronomia de Vitória da Conquista, 2014.

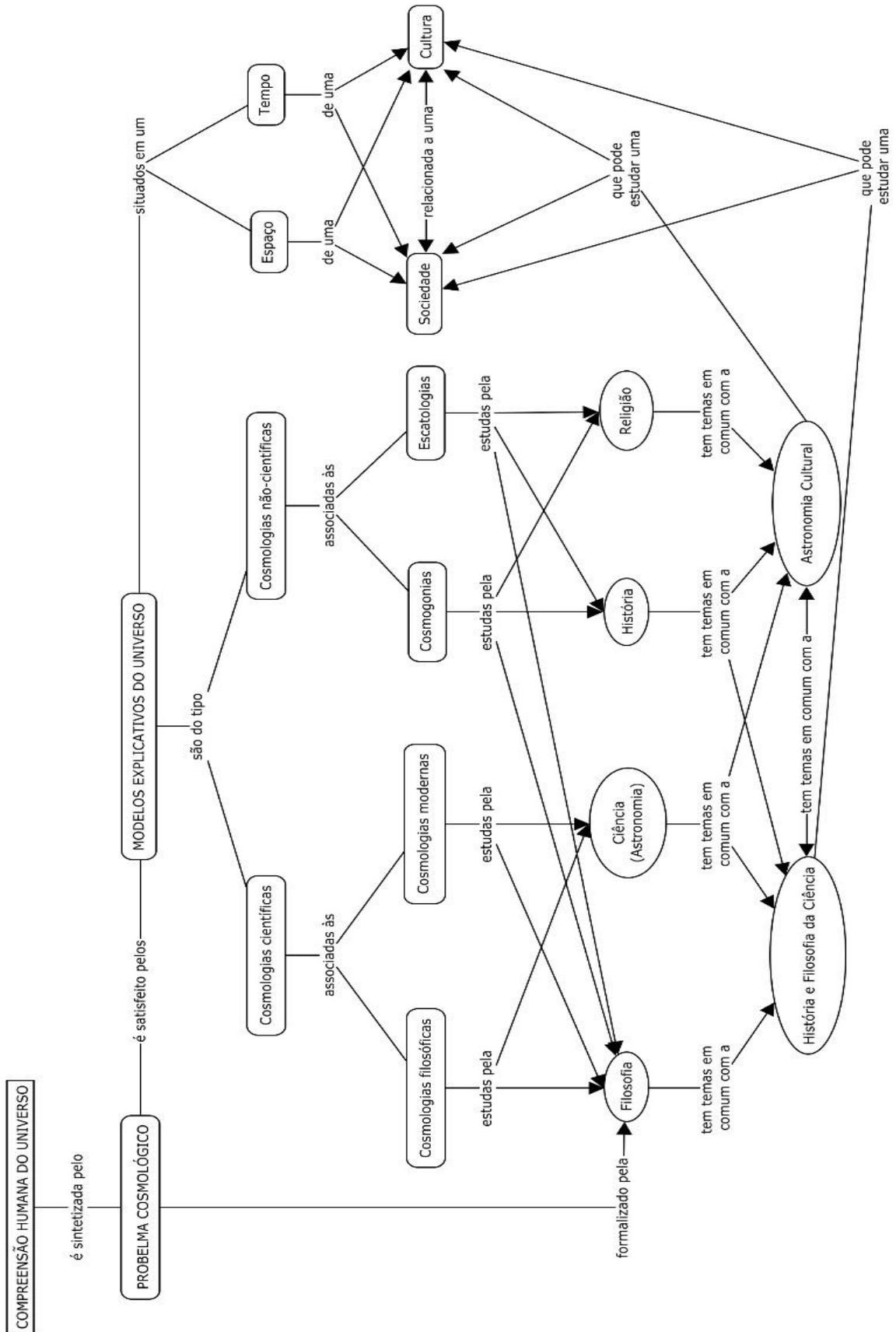
Figura 1 – Processo: Motor – Problema – Solução



Fonte: autor.

Quando se leva em consideração a história da humanidade, verifica-se que essas respostas (explicações) foram estruturadas (modeladas) segundo distintos sistemas de conhecimentos, em diferentes períodos históricos e em diferentes locais do globo. Assim, os conceitos de tempo e espaço, não só estão profundamente ligados às estruturas das cosmologias, como servem para situar essas explicações na história da humanidade. Tal afirmação, leva conseqüentemente a dizer que existiu/existe uma coletividade (sociedade) localizada nesse tempo e espaço que organiza esses conhecimentos. Coletividade que não só incorpora essas explicações em sua cultura, como institui áreas capazes de estudar como são essas explicações, quem as propôs e quando. Por estudarem o mesmo objeto (cosmos), torna-se possível estabelecer intersecções entre essas áreas. É a partir de uma dessas conexões (História e Filosofia da Ciência – Astronomia Cultural), que esta dissertação retorna transposto para o ambiente de ensino o desenvolvimento dos conceitos e concepções elaboradas sobre o assunto, no contexto da unidade temática Compreensão Humana do Universo.

Figura 2 – Mapa conceitual da concepção da dissertação



Fonte: autor.

O primeiro capítulo deste trabalho expõe um panorama geral com relação à presença da temática² escolhida nos trabalhos acadêmicos e pesquisas no âmbito da educação e ensino. Em seguida, é apresentado o surgimento da unidade temática Compreensão Humana do Universo, nos termos legais da esfera federal, por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais e seus complementos e, por fim, se encerra discutindo como a abordagem histórico-filosófica contribui para o desenvolvimento da proposta didática.

O segundo capítulo desenvolve os conceitos fundamentais presentes nos objetivos da unidade temática. Apresenta-se qual o conceito de modelos explicativos que é entendido pelos parâmetros, seguido das motivações (problema cosmológico) que levaram o ser humano a desenvolver esses modelos, para depois caracterizar os modelos escolhidos para se trabalhar. Este capítulo se encerra discutindo a área da Astronomia Cultural e como ela está associada aos objetivos da unidade e o seu desenvolvimento dentro da proposta.

O terceiro capítulo inicia-se contextualizando o ambiente de aplicação da proposta. Ele ainda fornece as bases da estratégia de ensino escolhida, a sequência didática (SD), e como esta foi planejada. Na continuidade, os resultados são apresentados e discutidos, tendo a abordagem qualitativa como condutora desse processo. Em específico, faz-se uso do estudo de caso como estrutura geral e da análise categorial para os dados.

Conclui-se o trabalho no quarto capítulo apresentando os resultados obtidos com a aplicação da sequência didática proposta. Além disso, indica-se a perspectiva futura para sala de aula da temática trabalhada e a perspectiva de continuidade do trabalho desta dissertação.

² A palavra “temática” utilizada sozinha se refere à unidade temática “Compreensão Humana do Universo”.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 BASES DA PROPOSTA DIDÁTICA

Quando lançado um olhar sobre os diversos povos e etnias do passado circundantes pelo globo não é difícil comprovar que vários delas utilizaram-se do(s) céu(s) para se guiarem (BORGES, 2012). De fato, a observação dos fenômenos celestes serviu à humanidade em alguns aspectos, tais como: marcação de tempo e localização, entre outras funções (IWANISZEWSKI, 2009). Muitos pensadores propuseram explicações, cientificamente corretas ou não, para uma estrutura e lógica de organização celeste. Até hoje, a curiosidade pelos fenômenos astronômicos ocorre em todas as idades e instiga muitas perguntas.

Essa atitude questionadora e reflexiva é inata ao ser humano e por meio dela ele foi capaz de levantar problemas e buscar soluções para tais. Desta forma, esse impulso curioso e questionador contribuiu para o ser humano desenvolver saberes e tecnologias capazes de alterar seu meio, transformando assim sua realidade. Uma das grandes questões levantadas pelo ser humano foi o problema cosmológico, que se propõe a perguntar fundamentalmente a origem do mundo/universo, seus elementos, sua duração e o seu fim. Este problema acompanhou o ser humano por distintas épocas e localidades e para ele diversas respostas foram propostas.

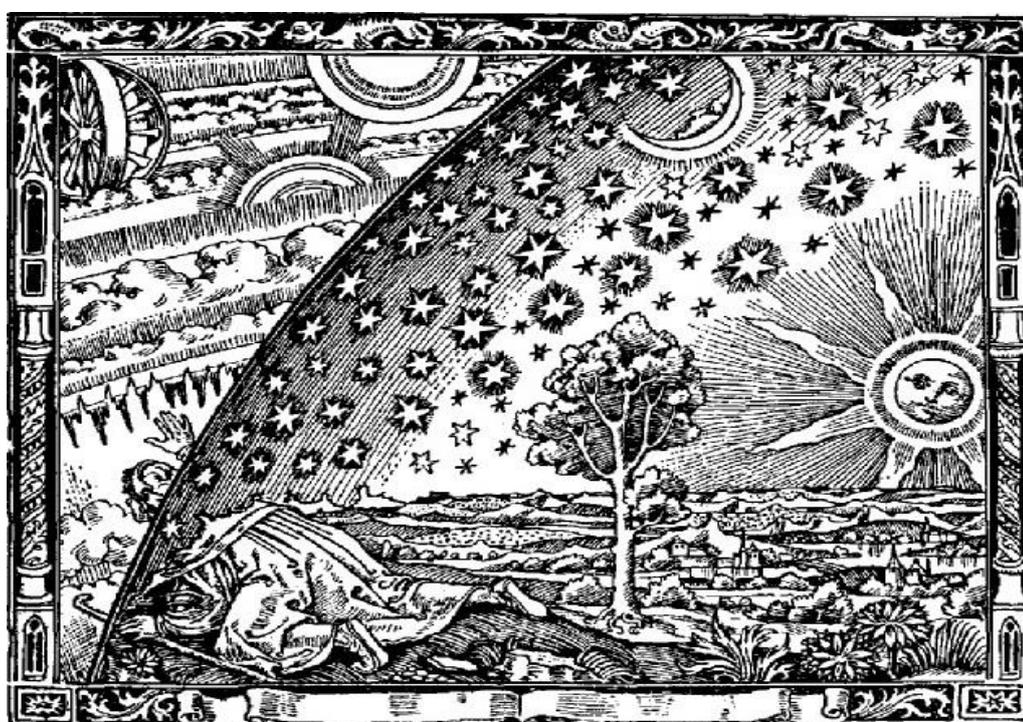
O(s) céu(s), o Cosmos e o Universo são apenas alguns dos vários conteúdos do inconsciente³ que despertaram nos antigos observadores, por meio de seus elementos e fenômenos, uma relação íntima, na qual estes lhe(s) atribuíram significados. Tais significados foram transmitidos pelo que hoje são consideradas fontes históricas materiais, iconográficas, escritas e orais. Desta forma, os povos antigos iam incorporando o mundo natural à sua volta, em seus costumes e tradições. Conseqüentemente, construindo parte ou a base de suas identidades, ao mesmo tempo em que sofriam as influências de seu meio ambiente local (IWANISZEWSKI, 2009), ou seja, uma relação recíproca natureza-sociedade.

Na grande maioria das sociedades contemporâneas, essa percepção do entorno ocorre com a incorporação dos cenários urbanos, cenários estes que provocam efeitos como a poluição luminosa, em maior ou menor intensidade. O céu, os elementos nele presente e os fenômenos que nele ocorrem, adquiriram uma nuance cotidiana. Parte dessa mudança se deve à elaboração do pensamento

³ Ver Jung, 1991.

filosófico-científico, que rompeu com a necessidade de forças sobrenaturais para explicação dos fenômenos e passou a buscar essa explicação com base no próprio mundo natural, *i.e.*, real (KANTOR, 2012, p. 77). A natureza nesse processo passa a ser racionalizada. Se por um lado o ser humano, devido à racionalização, foi afastado do modo holístico/orgânico de sentir o mundo natural, por outro lado, a racionalização levou o ser humano à níveis de conhecimentos e tecnológicos que permitiram superar a figura do missionário que contempla o que está além da borda da Terra (Figura 3).

Figura 3 – Missionário da Idade Média que encontrou o ponto onde o céu e a Terra se tocam



Fonte: L'atmosphère: météorologie populaire⁴.

1.1.1 Algumas carências no Ensino de Astronomia/Cosmologia

A tensão proporcionada por diferentes modos de conhecimento sobre como o ser humano compreende o universo, as visões de mundo, possui uma grande potencialidade na formação estudantil. Ainda mais devido ao fato de que os próprios estudantes são portadores dessas visões de mundo. Em especial, a Cosmologia suscita uma série de questões conceituais e filosóficas, o que permite naturalmente construir um diálogo entre o ensino de ciências (naturais) e o ensino de disciplinas

⁴ Ver Flammarion, 1888.

humanas e mais profundamente, discutir a natureza da ciência. Além desse ponto, a Cosmologia juntamente com a Astronomia são importantes macro temas de ensino, por permitirem que o educando desenvolva uma gama de habilidades como raciocínio lógico, construção de escalas, sistemas de localização, entre outras.

A fim de contribuir, no âmbito do ensino de Astronomia e Cosmologia, com uma discussão que trata, por um lado, dos aspectos antropológicos, culturais e simbólicos e, por outro, dos científicos, esta pesquisa tem como objetivo fornecer subsídios teóricos e metodológicos para o planejamento e implementação de aulas direcionadas para a unidade temática “Compreensão Humana do Universo”, a partir de uma abordagem histórica-filosófica e pela perspectiva antropológica da Astronomia Cultural⁵. É ainda do escopo deste trabalho, a elaboração de um produto didático (Apêndice B), o qual se dará na forma de uma sequência didática.

Segundo Jafelice (2002, p. 3), quando o assunto se abrange para além do caráter técnico e científico, a formação convencional dos professores/divulgadores em Astronomia não contempla elementos de humanidades e artes de forma efetiva. Por conseguinte, isso se reflete em sala de aula e em espaços não-formais ao tratar de temáticas relacionadas. Assim, para o educador que se propõe a abordar a temática em sala de aula e está tendo um contato inicial, as dificuldades encontradas para direcionar o conteúdo e possibilitar um ensino-aprendizagem satisfatório são maiores.

No ensino de Astronomia/Cosmologia no Brasil existe uma carência de trabalhos e pesquisas – principalmente aquelas que propõem práticas e metodologias para a sala de aula – voltadas para o tipo de discussão proposta nesta dissertação e os parâmetros que a conduzem.

Sobre essa carência, de acordo com o levantamento realizado por Castro, Pavani e Alves (2009) sobre as linhas de pesquisas dos trabalhos em Ensino de Astronomia apresentados no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e no encontro da Sociedade Brasileira de Astronomia (SAB) no período de 2001 a 2008, de 112 trabalhos identificados, 14 eram sobre “material didático” e 7 eram sobre “história da astronomia”. No âmbito acadêmico, contemplando teses e dissertações em Educação em Astronomia, Bretones e Ortelan (2012) identificaram 70 trabalhos no período de 1973 a 2010, sendo que, destes, 5 trabalhos eram sobre “história e objeto” e 12 eram sobre “Cosmologia”. Em um levantamento anterior para o mesmo

⁵ Essa perspectiva será aprofundada na seção “Astronomia Cultural”.

período, Bretones e Bazzeto (2011) indicaram que dos trabalhos sobre “Cosmologia”, 6 tratavam especificamente sobre “conteúdo e método” e 2 tratavam sobre “currículos e programas”. Já Teixeira, Greca e Freire Júnior (2012, p. 9-40) identificaram inicialmente 160 trabalhos relacionados diretamente a História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências publicados em revistas no período de 1980 a 2011. Entretanto, os autores, ao considerarem somente os trabalhos de pesquisa que investigaram intervenções didáticas orientadas por HFC em salas de aula de física esse número foi reduzido para 14 trabalhos.

Com relação aos aspectos culturais pretendidos para essa dissertação, utilizou-se a pesquisa realizada por Rodrigues (2015), que levantou mais de 6.000 artigos publicados em revistas e periódicos da área de Educação com palavras-chaves relacionadas a “educação”, “multiculturalismo” e “ciência”, no período entre 2000 e 2013. Dessa análise a autora identificou 8 artigos sobre “multiculturalismo e ciências”. Nesse mesmo trabalho, ampliando as fontes de busca para determinadas revistas/periódicos sul americanos, atas de eventos, dissertações e teses, totalizando cerca de 12.000 fontes identificadas, a autora encontrou 17 trabalhos sobre “Astronomia Cultural e ensino de ciências”.

Sob aspecto legais, as formas de condução desta proposta de trabalho foram embasadas em alguns artigos mais específicos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN). O artigo 3º, o qual pauta o ensino nacional fundamentado nos princípios de:

II – liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber;

IV – respeito à liberdade e apreço à tolerância;

XII – consideração com a diversidade étnico-racial. (BRASIL, 1996, p. 1)

E sobre a organização curricular, o artigo 36, o qual o currículo do ensino médio observa as seguintes diretrizes:

I – destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II – adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes; (BRASIL, 1996, p. 5)

Na esfera internacional, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) publicou em 2002 a Declaração Universal sobre a Diversidade Cultural, que confere à diversidade cultural um status de patrimônio comum da humanidade e parte dos direitos humanos. Para a promoção da diversidade cultural, o documento apresenta como um de seus planos de ação *“promover, por meio da educação, uma tomada de consciência do valor positivo da diversidade cultural e aperfeiçoar, com esse fim, tanto a formulação dos programas escolares como a formação dos docentes”* (UNESCO, 2002, p. 6).

Claramente, os princípios e as diretrizes mencionadas acima são de cunho genérico, mas, justamente por serem genéricos, que incluem todas as disciplinas escolares e norteiam sua condução em sala de aula.

1.1.2 A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” e sua origem

Ao final da década de 1990, surgiu para as várias etapas da Educação Básica, embasada nos princípios da LDBEN, a proposta governamental de caráter não obrigatório dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Essa foi uma medida para definir um novo perfil curricular, apoiado em competências e habilidades básicas para a inserção de jovens na vida adulta. Essas mudanças estariam em sintonia com as próprias mudanças sociais, tecnológicas e do conhecimento. Portanto, um novo ensino mais pleno, contextualizado e interdisciplinar, capaz de dar sentido ao ensino escolar precisava ser proposto (BRASIL, 2000a). Um dos objetivos dos PCNs é então guiar o professor, suas práticas e metodologias nessa mudança, considerando ainda que a construção do currículo é um processo contínuo e de aperfeiçoamento.

Mais especificamente, ao tratar da grande área de conhecimento denominada “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, os PCNs definem como sentido do aprendizado nesta área o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, aqueles correspondentes ao aprofundamento dos saberes disciplinares, com seus procedimentos científicos característicos; de forma combinada com o desenvolvimento de conhecimentos práticos, aqueles correspondentes ao entendimento de equipamentos e procedimentos técnicos. Assim, ao final, esse aprendizado:

deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social. Deve propiciar a construção de compreensão dinâmica da nossa vivência material, de convívio harmônico com o mundo da informação, de entendimento histórico da vida social e produtiva, de percepção evolutiva da vida, do planeta e do cosmos, enfim, um aprendizado com caráter prático e crítico e uma participação no romance da cultura científica, ingrediente essencial da aventura humana. (BRASIL, 2000b, p. 7)

No começo da década de 2000 surgiu como complemento aos PCNs as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs+) com o objetivo de facilitar a organização escolar para aplicação dos parâmetros. Para isso, estes documentos explicitam as competências e habilidades a serem desenvolvidas em cada área, como elas se articulam nos vários eixos e trazem exemplos de organização de currículos.

Fazendo-se um recorte oportuno, a Física e seus conteúdos de ensino dentro dos PCNs e PCNs+ pertencem essencialmente à área das Ciências da Natureza e Matemática. Contudo, buscando atingir a almejada interdisciplinaridade, as competências de uma determinada disciplina devem dialogar com as outras dimensões, que são: Linguagens e Códigos e Ciências Humanas. Assim sendo, existem eixos, a saber: Investigação e Compreensão, Representação e Comunicação, e Contextualização Sócio-cultural; que agrupam as competências pertinentes à Física e que a conectam com as outras áreas do conhecimento.

Como ação concreta, os PCNs+ propõem seis temas estruturadores para organizar o ensino de Física: Movimentos: variações e conservações; Calor, ambiente e usos de energia; Som, imagem e informação; Equipamentos elétricos e telecomunicações; Matéria e radiação; Universo, Terra e vida. Estes temas foram estabelecidos, entendendo-se que é preciso haver uma aproximação entre a realidade vivenciada por alunos e alunas e os conteúdos lecionados em sala de aula, fazendo-se assim com que os objetivos pretendidos pelas competências tenham sentido. Como reflexo dessa concepção, para uma percepção mais plena de seus objetos de estudos, os temas estruturadores não podem ser entendidos como um tema isolado, mas sim, inter-relacionados entre si e articulados pelos eixos com as outras áreas.

Dentro dos temas citados, torna-se relevante para o ensino de Astronomia e Cosmologia o tema estruturador Universo, Terra e vida, apresentado pelos PCNs+ no capítulo Física (PCNs+ Física) da seguinte maneira:

Finalmente, será indispensável uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar. (BRASIL, 2002, p. 70-71).

Com isso, o tema estruturador pretende que estudantes adquiram um conhecimento sobre os objetos espaciais – e.g., estrelas, o Sistema Solar e seus constituintes – como foi o processo da descoberta e conquista espacial, as tecnologias associadas a ela e os modelos que explicam a origem do universo. Para isso, Universo, Terra e vida é dividido em três unidades temáticas: Terra e Sistema Solar; O Universo e sua origem; e Compreensão humana do Universo.

O trabalho aqui apresentado intenta discutir especificamente a unidade temática Compreensão Humana do Universo (CHU) e os conceitos-chaves que a norteiam. A aludida unidade tem como objetivos, expostos em seu texto:

- Conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações.
- Compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual.
- Identificar diferentes formas pelas quais os modelos explicativos do Universo influenciaram a cultura e a vida humana ao longo da história da humanidade e vice-versa. (BRASIL, 2002, p. 79).

Como mostrado, a unidade em questão busca proporcionar por meio de seus objetivos uma ampla discussão sobre os modelos explicativos da origem do universo. Em outras palavras, como ao longo do tempo e em vários lugares, a humanidade concebeu a origem do universo e seu respectivo desenvolvimento, ao mesmo tempo que ela tentava compreender esse universo, que, enquanto era vivido, se modificava.

1.1.3 Contribuições da História e Filosofia da Ciência à proposta

A inclusão da História e Filosofia da Ciência no âmbito do ensino ocorreu a partir da elaboração de projetos, em um movimento internacional no final do século XX e início do século XXI, que incluíam temas dos campos independentes da História da Ciência e da Filosofia da Ciência. No Brasil, essa aderência à área de ensino coincidiu com a criação da Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBHC) em 1983 (KAPITANGO-A-SAMBA, 2011, p. 16-39). A HFC pode ser pensada tanto como um conteúdo em si quanto como estratégia didática que facilite a compreensão dos modelos, conceitos e teorias científicas.

O maior destaque do uso da HFC no ensino de ciências naturais é a de introduzir para o ensino uma visão crítica e contextualizadora da natureza da ciência e das tecnologias a ela associadas. Isto porque a HFC tem o poder de evidenciar a Ciência como uma construção histórica, viva, caracterizada por proposições feitas pelo ser humano, o qual foi influenciado tanto pelo contexto sócio-histórico-cultural em que era imerso quanto pelos paradigmas de sua formação (DE CARVALHO e SASSERON, 2010; MATTHEWS, 1995; PIETROCOLA, 2001, p. 151-170; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 32-33). Deste modo, a HFC ajuda a superar certos mitos propagados em sala de aula e na sociedade como um todo como apresentar a Ciência sendo algo neutro de influências, infalível e imutável, em outros termos, um produto acabado.

Ainda é possível citar uma série de contribuições específicas elencadas da literatura⁶ sobre essa abordagem, entretanto, para fins deste trabalho destacam-se alguns pontos em que a História da Ciência pode:

- Incrementar a cultura geral do aluno, admitindo-se, neste caso, que há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais que ocorreram na história do pensamento científico;
- Chamar a atenção para o papel de ideias metafísicas (e teológicas) no desenvolvimento de teorias científicas mais antigas;
- Contribuir para um entendimento das relações da ciência com a tecnologia, a cultura e a sociedade. (PIETROCOLA, 2001, p. 158)

Ao incorporar “cultura” dentro dos objetivos da CHU como elemento a ser abordado e discutido, os PCNs+ Física abrem um espaço integrador para a interdisciplinaridade entre áreas, em especial a das humanidades. É precisamente nos

⁶ Ver Kapitango-a-Samba, 2011, p 43-48.

conceitos de interdisciplinaridade e contextualização, que o uso didático da HFC tem suporte.

O conceito de interdisciplinaridade fica mais claro quando se considera o fato trivial de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos. (BRASIL, 2000a, p. 75).

Contextualizar o conteúdo que se quer aprendido significa, em primeiro lugar, assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. (BRASIL, 2000a, p. 78).

Diante do exposto, fica claro como as contribuições da HFC estão em concordância com os conceitos apresentados para a produção de um conhecimento que supere o ensino propedêutico. Em que, a sala de aula se torna um espaço de discussão que permita uma visão ampla da Ciência – como também da Matemática e da Tecnologia – sua delimitação e sua natureza, além de aproximar a Ciência de aspectos sociais, históricos e culturais. Além de contemplar alunos e alunas, o valor da HFC, também se aplica ao professor:

[a história, a filosofia e a sociologia da ciência] podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Dentro dos aspectos educativos, a área Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e a área Ciências Humanas e suas Tecnologias convergem para o objetivo formativo de “*compreender e utilizar a ciência, como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático*” (BRASIL, 2000b, p. 13). Afim de alcançar esse objetivo os PCNs+, em sua organização curricular, estabelecem uma interface de habilidades e competências comuns agrupadas sob o eixo integrador Contextualização Sócio-cultural (Quadro 1). Ao analisar os objetivos da CHU apresentados verifica-se como estes se enquadram dentro deste eixo. Ademais, diante das considerações traçadas para a abordagem histórica-filosófica fica claro também que é neste eixo que esta abordagem se adequa melhor.

Quadro 1 – Algumas competências do eixo Contextualização Sócio-cultural

Na área	Em Física
Ciência e tecnologia na história	
Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.	<ul style="list-style-type: none"> • Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. Muitas vezes, a tecnologia foi precedida pelo desenvolvimento da Física, como no caso da fabricação de lasers, ou, em outras, foi a tecnologia que antecedeu o conhecimento científico, como no caso das máquinas térmicas.
Ciência e tecnologia na cultura contemporânea	
Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana. • Compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir. Por exemplo, como a relatividade ou as idéias quânticas povoam o imaginário e a cultura contemporânea, conduzindo à extrapolação de seus conceitos para diversas áreas, como para a Economia ou Biologia.
Ciência e tecnologia na atualidade	
Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.	<ul style="list-style-type: none"> • Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo.
Ciência e tecnologia, ética e cidadania	
Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento, sentindo-se mobilizado para diferentes ações, seja na defesa da qualidade de vida, da qualidade das infra-estruturas coletivas, ou na defesa de seus direitos como consumidor. • Reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados quanto a um posicionamento responsável. Por exemplo, o uso de radiações ionizantes apresenta tanto benefícios quanto riscos para a vida humana.

Fonte: PCNs+ Física. (BRASIL, 2002, p. 67-68).

O que foi apresentado até aqui nesta subseção contribui para a visão de que, assim como outras áreas, a Astronomia e a Cosmologia – a Ciência, de uma maneira geral – é cultura ou está inserida na cultura, sendo influenciada por ela e a influenciando. Contudo, importa para este trabalho, o passo anterior a essa conclusão, isto é, entender o significado de cultura e de diversidade cultural. Estes conceitos serão então melhores discutidos posteriormente na seção “Astronomia Cultural”.

CAPÍTULO 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA A UNIDADE TEMÁTICA

2.1 MODELOS EXPLICATIVOS DO UNIVERSO

A partir da leitura dos objetivos apresentados na unidade temática Compreensão Humana do Universo, os PCNs+ Física, claramente introduzem os conceitos de modelo científico e, especificamente, de modelo explicativo. Uma vez que esses conceitos são fundamentais para temática escolhida, torna-se relevante para este trabalho dedicar algum espaço para discussão dos mesmos.

No ambiente de sala de aula, aqui considerado em específico o Ensino de Ciências, a apresentação de modelos é algo frequente – modelo atômico, planetário, de pêndulo, do gás ideal, etc. Não raro o uso e abuso na apresentação de modelos se dá de forma “espetacular”, criações isoladas dos gênios das ciências ou representações perfeitas da realidade (PIETROCOLA, 2001, p. 36), o que corrobora para a propagação, mesmo que não intencional, do cientificismo. Portanto, entender o que é um modelo e sua função colabora para que o aluno tenha uma compreensão verdadeira do que a atividade científica representa.

Um dos fins da Ciência é representar coerentemente o mundo natural, fornecendo uma forma particular de interpretar a realidade (KUHN, 1997, p. 43-55). Dentro desse particular, essa interpretação surge como produto dos métodos, técnicas e interesses próprios do pensar científico, o que torna científico o científico e o difere de outras formas de interpretação, ou em outras palavras, diferentes realidades como a artística, a religiosa, a mítica, entre outras. Assim, o conhecimento científico fornece uma peça do imenso (quicá intangível) quebra-cabeça que é a imagem da realidade.

Nesse sentido, esse conhecimento é produzido a partir de uma teoria que o precede. Uma teoria pode ser considerada como um corpo articulado de conceitos, leis e princípios que se relacionam por meio de operações formais. Por vezes, esse corpo é traduzido por um modelo. Transformar a realidade em algo capaz de ser moldado requer a habilidade de idealização, de transitar do abstrato para o particular. O que pode não ser tão preciso para estudantes, além de ausente de significado.

No seu estado puro, o conhecimento se reveste de um caráter conceitual e aparentemente sem vínculos com a realidade. Tomemos, por exemplo, o Princípio da Inércia [...]. É fácil perceber que ela não se aplica diretamente ao mundo das coisas. Os objetos em geral não se comportam seguindo a premissa de manterem seu movimento na ausência de resultante de forças agindo sobre eles. Porém, podemos imaginar estes objetos como pertencentes a uma realidade, no caso a

realidade física construída através das leis da mecânica newtoniana.
(PIETROCOLA, 2001, p. 30)

Deixar claro o que é um modelo e sua função é, por conseguinte, uma medida para integrar o conhecimento científico ministrado em sala de aula, por vezes, demasiado teórico e cheio de fórmulas, às situações do cotidiano do aluno. Além disso ajuda a promover o conhecimento científico como uma forma de construção da realidade, ainda que essa realidade seja parcial, de acordo com o que foi dito anteriormente.

O significado preciso do conceito de modelo⁷ tem caráter relativo, na qual sua significação depende do contexto em que está inserido e da finalidade com que é utilizado. Pode-se tomar como exemplo simples dessas divergências o modelo dos sólidos perfeitos, que intenta explicar, baseado em relações de harmonia e nos sólidos perfeitos de Platão, as órbitas planetárias conhecidas à época, em uma série de objetos circunscritos e inscritos. Esse modelo foi proposto pelo astrônomo alemão Johannes Kepler na sua obra *Mysterium Cosmographicum* de 1596. Tal modelo possui um correspondente: conceitual, tomando base apenas sua descrição por meio da linguagem escrita ou oral; icônico, tomando sua representação por meio de uma gravura; e físico, tomando sua apresentação através de uma maquete. Existindo, portanto, diferentes tipos de modelos para um mesmo modelo original.

O prestígio dos modelos nas ciências e nas pesquisas em diversos campos pode ser atribuído ao seu caráter simplificador e manipulável. Ao permitir um nível de controle da quantidade de variáveis vinculadas a um sistema, evitando assim a complexidade inerente à realidade, o modelo permite compreender melhor o objeto de interesse, bem como manipulá-lo em relação às variáveis escolhidas para se estudar. O que torna vantajoso o uso de modelos é ao mesmo tempo sua desvantagem, devido à perda de informação decorrente da simplificação imposta pela abstração ou ainda à necessidade da elaboração de vários modelos, começando do mais simples até se chegar a um mais complexo, por exemplo: o modelo inicial mais simples é considerar uma estrela como um corpo estático com simetria esférica. Ela seria regida por um conjunto de parâmetros e equações para esses parâmetros como distribuição de densidade, distribuição de temperatura, produção de energia e

⁷ Aqui não se pretende adentrar a teoria dos modelos e exaurir as definições possíveis do termo, mas sim, dar abertura à discussão das categorias a serem apresentadas neste capítulo. Deste modo, algumas definições encontradas na literatura especializada são apresentadas.

luminosidade. A introdução da rotação e do campo magnético presentes na estrela (real) não ocorre pela simples introdução desses fenômenos no modelo anterior, mas sim pela elaboração de novos modelos com um conjunto maior do corpo de parâmetros e equações. A modelagem de um sistema ou teoria possibilita o tratamento mais preciso do mesmo, tornando mais eficaz e econômico (não só em relação ao tempo, mas também aos gastos) operar com o modelo do que com a realidade. Tem-se como exemplo disso o estudo da aerodinâmica de aviões em túneis de vento pela construção de modelos físicos reduzidos. Em que, abre-se mão de variáveis como massa e dimensão, para se estudar o comportamento da forma (em escala), uma vez que o interesse é comportamento dinâmico do objeto como um todo, imerso em um fluido, o ar.

O exemplo oferecido acima releva outro aspecto que promoveu o sucesso dos modelos, sua possibilidade de verificação. Assim como uma teoria científica, um modelo passa a ser bem aceito (a ter um valor positivo) quando confrontado com dados e observações do fenômeno ou objeto real, o qual ele representa, e proporciona um grau de concordância com os mesmos. Assim, o modelo passa a ser preditivo, ele permite fazer inferências sobre o futuro, orientar como se manifestará ou ocorrerá um fenômeno ou objeto, nas condições proporcionadas em avaliação.

Para Asti Vera (1974), a relação entre modelo científico e teoria é de fundamental importância para definição do primeiro. Para o autor, a validade de um modelo, como tal, depende do tipo de correspondência entre os elementos presentes na estrutura dos sistemas/das teorias. Em suas palavras:

um modelo é o conjunto de sinais isomorfo a uma teoria, isto é, qualquer que seja a relação existente entre dois elementos do sistema ou teoria, deve existir uma relação correspondente entre os dois elementos respectivos do modelo. (VERA, 1974, p. 152).

A compreensão do papel dos modelos para ciência passa pelo crivo de duas abordagens tradicionais que a teoria pode realizar, a abordagem semântica e a abordagem axiomática.

Na abordagem semântica, entende-se a teoria sendo construída por um conjunto de modelos e tem sua teorização na relação teoria-modelo-dados. Por esta visão, o modelo é tido mais como uma simplificação da teoria que se vale de idealizações. Exemplos de modelos dessa abordagem são: a esfera armilar,

planetários, protótipos em escala; mapas de linha ferroviária; o modelo cosmológico Lambda-CDM; entre outros exemplos.

Na abordagem axiomática, o fator principal é a forma lógica com que os componentes de uma teoria se relacionam para explicar determinadas observações e experimentações. Por esta visão, o modelo é a estrutura que interpreta um conjunto de enunciados, que confere significados às sentenças e as satisfaz. Exemplos de modelos dessa abordagem são: grupos estudados em Matemática, em Física, e outras áreas, que são modelos do sistema de axiomas que define o que é um grupo, isto é, dado um conjunto não-vazio dotado de uma operação binária, devem ser obedecidos três axiomas: o da associatividade, o da existência do elemento neutro e o da existência do elemento inverso de cada elemento; o modelo da geometria euclidiana; o modelo populacional de Malthus; entre outros exemplos.

Em seu artigo, Dutra (2005) oferece uma noção alternativa às abordagens clássicas ao termo modelo, a qual ele chama de “modelo-réplica”, adotando a concepção do mesmo como classe de padrão de investigação. Ele parte da função pragmática e heurística que os modelos desempenham nas atividades científicas e diferencia sua proposta quanto a operacionalidade do mesmo. De acordo com o autor, modelo-réplica é um sistema físico ou uma situação possível segundo uma determinada teoria, em outras palavras, o modelo pode ser considerado como idealizações e abstrações. Para explicar sua concepção Dutra recorre à situação de um plano inclinado idealizado (sem atrito, resistência do ar, etc.):

O que ocorre é que o plano inclinado idealizado de que estivemos falando pode ser descrito por enunciados contrafactuais. Ou seja, segundo a teoria em questão, se o mundo fosse tal como os objetos se relacionam em um tal modelo, as leis da mecânica se aplicariam exatamente. O plano inclinado idealizado é, de fato, possível, segundo a mecânica clássica, mas, em contrapartida, ele não é considerado real porque não acreditamos, com base na mesma teoria (ou nessa teoria com o acréscimo de outras hipóteses sobre a natureza do mundo e a constituição da matéria), que seja provável que um plano inclinado com tais características possa ser construído. Portanto, nesse caso, o que é real, em oposição ao que seria meramente possível, é o que coincide com o que é provável de ser construído, de acordo com a teoria ou com uma imagem mais ampla da natureza, à qual tal teoria se enquadre. (DUTRA, 2005, p. 226).

Uma outra proposta foi a abordagem analógica, elaborada por Mary Hesse (2001). Nessa abordagem, a autora considera os modelos como conjecturas teóricas verdadeiras somente em certos níveis. Ao tenderem para os níveis das grandes

abstrações da teoria, eles praticamente se tornam falsos, mas ao se aproximarem do nível fenomenológico, garantem localmente sua validade, por poderem ser alvos de múltiplas fontes de evidências e testes. A partir desse contexto, é possível derivar analogias advindas dos modelos para elucidar essas aproximações. Assim, a teoria passa a configurar como uma modalidade de analogias, tanto formais, que guardam semelhança entre estruturas, quanto materiais, que apresentam semelhanças materiais. É a respeito a esses pontos que Hesse elabora sua proposta, adotando a analogia como sua principal unidade de operação, da qual ela indica:

"Analogia" será tomada aqui para se referir a uma relação de semelhança e/ou diferença entre um modelo e o mundo, ou (tomando uma questão menor) entre um modelo e alguma descrição teórica do mundo, ou entre um modelo e outro. Os modelos são correlatos das relações de analogia; isto é, um modelo é um análogo. (HESSE, 2001, p. 299, tradução nossa).

A relação de semelha e/ou diferença é encontrada em três casos distintos para as analogias materiais. Nos casos em que as propriedades de uma estrutura se assemelham às de outra estrutura, *i.e.*, a analogia é aplicável, existe uma analogia positiva, nos casos em que as propriedades de uma estrutura não se assemelham às de outra estrutura, *i.e.*, a analogia não é aplicável, existe uma analogia negativa e para os casos em que não se pode afirmar se determinadas características se assemelham ou não, existe uma analogia neutra. Sendo assim, a analogia pode ser tomada como um processo de ida e retorno entre duas estruturas. Exemplos de analogias são: o sistema massa-mola e o oscilador harmônico; o modelo planetário e modelo do átomo Bohr; o sistema das bolas de bilhar e o modelo dos gases; entre outros exemplos.

As definições expostas até aqui demonstram como a noção precisa do que seja um modelo está fortemente vinculada ao seu contexto de explicação, conseqüentemente, o termo adquire um caráter polissêmico, que, inclusive, dificulta a compreensão clara do mesmo.

Uma vez abordado o primeiro conceito, o de modelo, que é base para o próximo, pode-se especificar agora e abrir para discussão o conceito de modelo explicativo.

Recorrendo novamente a Vera (1974), ele traz o conceito de modelo explicativo a partir de uma das funções dos modelos, no plano epistemológico, que é a de explicar uma teoria, ou seja, os modelos são ferramentas capazes de tornar mais clara e precisa a análise de uma teoria. Com base nessa função, uma classificação

epistemológica aqui relevante dentre as que Vera divide os modelos é o modelo explicativo, que são “*estruturas concretas, específicas, isomorfas com relação a uma teoria ou a parte de uma teoria*” (1974, p. 153). Retornando à definição dada pelo mesmo autor, nota-se que um modelo explicativo nada mais é que um modelo, no sentido generalizado do termo, dotado da função específica de explicar, tornando a teoria mais precisa e clara. Por um lado, em um nível mais imediato e superficial, explicar é reformular o enunciado de uma teoria ou um sistema tornando-o mais claro, por outro lado, em um nível mais profundo, explicar é chegar às respostas de “porquê?” “como?” “quando?” um determinado fenômeno ocorreu.

Hesse (2001, p. 300) também irá concordar com esse significado elucidativo para o que seja um modelo explicativo, entretanto, ela irá aplicá-lo no contexto de sua abordagem analógica. Por conseguinte, modelos explicativos passam a servir para introduzir entidades e/ou processos não observáveis e/ou de compreensão difusa por meio de analogias com entidades e/ou processos observáveis familiares.

Uma análise mais detalhada dos textos do primeiro e do terceiro objetivo da unidade temática trabalhada permite perceber uma generalização no uso do termo modelo ao indicar a produção de modelos explicativos da origem do universo em diferentes culturas e em diferentes tempos. Essa generalização é evidenciada pelo tom abrangente (“*ao longo da história*”) e pelo teor polissêmico do termo cultura (“*segundo diferentes culturas*”) presentes no texto. Mais do que isso, essa generalização passa a incluir modelos⁸ que não estão no escopo dos modelos científicos, são advindos de outras esferas do conhecimento. Fica claro então que o significado dado aos conceitos de modelo e modelo explicativo se aproxima sobretudo de uma abordagem mais “livre” para o termo e que guarda alguma relação com a interpretação.

Diante do que foi apresentado até aqui para os conceitos de modelo e modelo explicativo, entende-se que os “modelos explicativos do universo” encontrados nos objetivos da CHU são as construções humanas cujo objeto que tentam explicar é o universo, ou seja, modelos que buscam fornecer as respostas de: O que é o universo? Como ele se formou? Quando ele se formou? Como ele evoluiu?

⁸ As explicações sobre a origem do universo advindas dos conhecimentos míticos e religiosos também são chamadas de modelos, de acordo com a terminologia empregada pelos PCNs+ Física, a qual será adotada neste trabalho.

2.2 O PROBLEMA COSMOLÓGICO E OS SEUS DESDOBRAMENTOS HISTÓRICOS

O problema cosmológico foi configurado como questão pela filosofia natural grega e foi um dos primeiros problemas estabelecidos por seu pensamento clássico. A origem desse problema está vinculada simultaneamente ao princípio da *arché* (MONDIN; RENARD, 1985, p. 47), *i.e.*, que existe um elemento de origem fundamental; e ao *kósmos*, o mundo ordenado – partindo da interpretação de *cosmos* como mundo ordenado, pode se extrair a equivalência de significados entre mundo e *cosmos*. Algumas perguntas básicas ou “questões fundamentais” que podem ser feitas sobre o problema cosmológico são: Qual a origem do mundo⁹? Quais seus elementos constituintes? Qual o seu fim? Como foi o processo evolutivo do universo? Essas perguntas são em essência as mesmas formuladas anteriormente pelos modelos explicativos do universo. Contudo, antes de ser formulado formalmente como questão filosófica, esse conjunto de questões passou pelo crivo de outro tipo de pensamento, o mítico-religioso.

Antes do pensamento filosófico passar a dominar o modo de saber europeu e separar o sobrenatural e o divino das causas naturais, o pensamento mítico-religioso predominou como modo de saber nas sociedades predecessoras¹⁰ à civilização grega. Dentre as funções do mito, a principal é precisamente fornecer explicação sobre a origem das coisas. Essa função não se afasta daquela fornecida pelas explicações da Ciência, herdeira da racionalização filosófica, como reforça Cassirer (1998a):

O problema da origem enquanto tal é comum à ciência e ao mito, mas o tipo e caráter, a modalidade de origem, varia enquanto passamos de um terreno ao outro, enquanto, em lugar de tomá-lo como potência mítica, manipulamos a origem como princípio e como tal aprendemos a entendê-lo. (CASSIRER, 1998a. p. 40, tradução nossa).

Dentre as civilizações que antecederam os gregos antigos está a babilônica. O mito babilônico narra a existência da extensão infinita de água, Apsu. O mundo era uma montanha flutuando nessa grande extensão de água, que o cercava em todas as

⁹ A pergunta poderia ser também “qual a origem do universo?” sem perda de sentido. Posteriormente, será adotada a utilização da palavra universo, que confere uma conotação mais ampla ao sistema em consideração.

¹⁰ Importam nesse trecho as sociedades pertencentes ao Crescente fértil, região localizada em torno dos rios Tigre, Eufrates e Nilo, no período da Idade Antiga.

direções. Existia um céu inferior abaixo das águas e um céu superior acima delas, onde moravam os deuses e onde o Sol fazia seu percurso (DREYER, 1953, p. 1-3). Para a civilização egípcia, como narrado em uma das versões mitológicas, do deus Nun, as águas primitivas, surgiu Atum, que trazia em si a soma de toda existência. Então, Atum criou os deuses e deusas, as criaturas vivas e todo o mundo em que habitam (KRAGH, 2007, p. 7). Sobre a estrutura desse mundo o autor explica:

Os antigos egípcios pensavam que o mundo consistia em três partes. A Terra plana, situada no meio, foi dividida pelo Nilo e cercada por um grande oceano; acima da Terra, onde a atmosfera terminou, o céu foi mantido em sua posição por quatro suportes, às vezes representados por polos ou montanhas. Debaixo da Terra estava o submundo, chamado Duat. Esta região escura continha todas as coisas que estavam ausentes do mundo visível, fossem pessoas falecidas, estrelas extintas ao amanhecer, ou o Sol depois de ter afundado abaixo do horizonte. Durante a noite, o Sol foi pensado para viajar através da região subterrânea, para reaparecer no Leste na manhã seguinte. (KRAGH, 2007, p. 7, tradução nossa).

Passando para a civilização grega antiga é possível perceber uma estrutura semelhante às narrações anteriores, na qual se tem uma Terra cercada por um oceano, com uma componente que se alterna em claro e escuro acima dela e uma componente de igual proporção abaixo dela, um submundo sombrio.

Sim bem primeiro nasceu Caos, depois também
Terra de amplo seio, de todos sede irresvalável sempre,
dos imortais que têm a cabeça do Olimpo nevado,
e Tártaro nevoento no fundo do chão de amplas vias,
e Eros: o mais belo entre Deuses imortais,
solta-membros dos Deuses todos e dos homens todos
ele doma no peito o espírito e a prudente vontade

Do Caos Êrebo e Noite negra nasceram.
Da noite aliás Éter e Dia nasceram,
gerou-os fecundada unida a Êrebo em amor.

Terra pariu igual a si mesma
Céu constelado, para cerca-la toda ao redor
e ser aos Deuses venturosos sede irresvalável sempre.
Pariu altas montanhas, belos abrigos das Deusas
ninfas que moram nas montanhas frondosas.
E pariu a infecunda planície impetuosa de ondas
o Mar, sem o desejoso amor. Depois pariu
do coito com Céu: Oceano de fundos remoinhos
e Coios e Crios e Hipérion e Jápeto
e Téia e Réia e Têmis e Memória
e Febe de áurea coroa e Tétis amorosa.
E após com ótimas armas Cronos de curvo pensar,
filho o mais terrível: detestou o florescente pai. (HESÍODO, 1992, p. 111-113)

Um fator apontado por Dreyer (1953, p. 1-8) para importância da água é localização geográfica dos grandes rios e mares com relação as sociedades que desenvolveram essas ideias como a babilônica, egípcia e grega, visto que a proximidade com uma extensa fonte de água permite um desenvolvimento maior da civilização. Essa primazia pela água é então indicada pelo autor como uma conexão entre as ideias primitivas para origem do mundo e as primeiras filosofias.

Em essência, a resposta para o problema cosmológico no conhecimento mítico-religioso é então atribuída ao sobrenatural ou ao sagrado, em que o cosmos (mundo e ordem) se inicia, sob a ação dessas forças, em um tempo e um espaço primordial, ambos fisicamente inacessíveis ao ser humano. A cosmogonia, origem do mundo, portanto, é ao mesmo tempo uma teogonia, origem dos deuses, em um grande número de narrações e não por acaso, pode fornecer a estrutura desse mundo, o cosmos, ainda que pareça precária. Além disso, no pensamento mítico-religioso, essas forças primordiais são a causa de todas as coisas e não possui causa primária, criando substâncias, formas e estruturas à sua vontade, em outras palavras uma criação a partir do nada, *creatio ex nihilo*.

O período que se segue a esse “paradigma mítico” na Grécia é marcado por uma outra forma de elaboração do conhecimento, na qual o mundo pode ser compreendido a partir da razão humana. Os deuses ainda estão presentes, mas os fenômenos que ocorrem no mundo passam a ser naturalizados, ou seja, a causa para esses fenômenos se encontra no próprio mundo e não nas ações divinas.

É em cima das causas¹¹ que Aristóteles fundamenta sua filosofia, uma ciência das causas e dos princípios. De acordo com ele, Tales de Mileto é o fundador da filosofia do princípio das coisas materiais, o princípio da *arché* (ARISTOTELES, p. 16). Tales elege a água como esse princípio, partindo da consideração que o alimento, bem como a semente, de todas as coisas é úmido, além do fato do calor ser gerado do úmido. Sendo a água, no pensamento de Tales, o princípio das coisas úmidas, logo, ela deve ser a substância fundamental (ARISTOTELES, p. 16-17). Tales retoma assim a ideia da água como origem (causa) das coisas.

Outros filósofos também propuseram a existência de diferentes elementos como princípio material, tais como Anaximandro, discípulo de Tales, que propôs o

¹¹ Aristóteles distingue as causas em quatro sentidos: a substância e a essência; a matéria e o substrato; o início do movimento; e o fim do movimento.

ápeiron, o ilimitado ou indeterminado; Anaxímenes de Mileto o ar; Heráclito de Éfeso o fogo; Empédocles de Agrigento os quatro elementos; pitagóricos os números; atomistas os átomos; e outros. Uma vez estabelecido que deveria existir um princípio do qual se deriva e para o qual se dissolve as coisas, seja de índole material (e.g. água, fogo, terra, ar) ou imaterial (e.g. *ápeiron*, inteligência) o que provocaria essa mudança entre o início e o fim? Qual a causa do movimento? E ainda, o que seria responsável por garantir uma ordem e uma estruturação para as coisas?

Advinda dessa situação tem-se o surgimento das primeiras cosmologias, fortemente marcadas por aspectos qualitativos e ainda com um viés metafísico motivador. Nomeado como “pai da cosmologia”, Anaximandro de Mileto propôs que:

[...] a Terra era cilíndrica ('como uma coluna de pedra'), com a altura do cilindro sendo um terço de sua largura. Os seres humanos e outros habitantes da Terra ocupariam uma das superfícies planas. Quanto ao tamanho do Sol e sua distância à Terra, 'Anaximandro diz que o Sol é igual à Terra, e o círculo ... sobre o qual é transportado é 27 vezes o tamanho da Terra'. Ele afirmou ainda que a Terra é o centro do universo, e deu uma espécie de argumento de simetria para o efeito que a Terra, portanto, tinha de ser imóvel. (KRAGH, 2007, p. 14, tradução nossa).

Assim como ocorreu com o princípio da *arché*, a essa cosmologia inicial se sucedeu uma miríade de explicações fornecidas pelas escolas gregas de filosofia. Cosmologias tais como a de Anaxágoras, que compartilhava a ideia de Tales, mas com a Terra sustentada pelo ar; Filolau de Crotona, que propôs a existência de um fogo central, Héstia, em torno do qual os objetos giravam e a existência de uma contra-Terra, que impossibilitava que o fogo central fosse visto da Terra, pois estava em sincronia (de translação) com a mesma; Demócrito de Abdera, que colocou em uma posição central a Terra, acompanhada da Lua, em seguida o Sol e os demais planetas, depois as estrelas fixas, e, por fim, para além das estrelas estaria o caos infinito de átomos movendo-se aleatoriamente; Aristóteles, adotou o sistema de esferas concêntricas de Pitágoras, colocando a Terra imóvel no centro, seguida das esferas dos planetas e por último a esfera das estrelas. As primeiras esferas até a Lua correspondiam aos quatro elementos, este era o mundo corruptível sublunar, as esferas posteriores à Lua se assentavam sobre o éter, este era o mundo perfeito supralunar.

Na fase filosófica o problema cosmológico se preocupa essencialmente em determinar as causas (principalmente de origem e de ordem) para o cosmos. Após

essa fase, o tentar compreender o cosmos passa parcialmente a uma fase científica. A essência das coisas deixa de ter um papel primário e o interesse passa aos fenômenos e as leis capazes de descrever e prever as observações. Nesta fase o cosmos se reduz fundamentalmente ao Sistema Solar (KRAGH, 2007, p. 19) e se inicia um processo em que o quantitativo começa a se sobrepôr ao qualitativo, a partir da determinação de relações trigonométricas da posição dos astros.

Um dos primeiros trabalhos que se destacou no início da ciência foi o realizado por Claudio Ptolomeu. Em sua obra, *Almagesto*, Ptolomeu defendeu a esfericidade da Terra, sua posição central no cosmos e que os planetas descreviam órbitas circulares perfeitas. Ele também argumentou que a Terra não se movia e que sua distância até a esfera das estrelas era incomensurável. Para descrever os movimentos dos astros, Ptolomeu fez uso de artifícios em um sistema de círculos: os planetas se deslocavam em pequenas trajetórias circulares, os epiciclos; os centros destes epiciclos se moviam em torno da Terra em outras trajetórias circulares, os deferentes. No sistema de Ptolomeu o centro do deferente não coincide com a Terra, tornando a órbita excêntrica, além disso ele introduz mais um ponto, o equante, que é um ponto ao lado do centro do deferente oposto em relação à Terra, em relação ao qual o centro do epiciclo se move a uma taxa uniforme. Desta forma, de acordo com a proposta de Ptolomeu, foi satisfeito o que se via nas observações.

Seguindo a linha do desenvolvimento da cosmologia na Europa e regiões próximas, o período histórico seguinte é a Idade Média. Este salto é historicamente aceito devido à longa predominância do pensamento aristotélico. No período medieval, a filosofia natural de Aristóteles serviu de base ao cristianismo, que havia ascendido como religião europeia, para explicação da estrutura das coisas materiais.

O cosmos medieval era finito e geocêntrico, com os sete planetas e a esfera estelar girando em torno da Terra imóvel; os corpos celestes se moviam com velocidade uniforme em círculos ou esferas; enquanto que a região terrestre era corruptível e constituída pelos quatro elementos, os céus constituíam um mundo imutável feito de um quinto elemento desconhecido na Terra; e, finalmente, as esferas cobriam umas às outras de forma contínua, excluindo todo espaço vazio ou vazio. (KRAGH, 2007, p. 32, tradução nossa).

Por meio dessa visão, a figura divina passou a ser novamente a causa primeira de todas as coisas, em uma criação atemporal e a partir do nada. No entanto, tudo o que aconteceu posteriormente à criação ocorria devido às próprias leis ou ordem inerente da natureza. Assim, os problemas cosmológicos e, portanto, a

cosmologia, adquiriram um caráter filosófico enquanto que a astronomia possuía um caráter mais instrumentalista e prático, de uma maneira geral, o de determinar a posição dos astros.

Esse novo paradigma cosmológico se manterá até a Renascença, no início da Idade Moderna, quando o interesse pelos valores naturalistas e humanistas são retomados. Destacaram-se nesse período os trabalhos realizados por Nicolau Copérnico, Thomas Digges, Giordano Bruno, Tycho Brahe, Johannes Kepler e Galileu Galilei.

Em suas obras *Commentariolus* e *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, Nicolau Copérnico propôs um modelo de organização do cosmos que diferia daquele estabelecido. Nesse modelo, o Sol é o centro do Sistema Solar, a Terra e os planetas descrevem órbitas circulares em torno do Sol, o dia e a noite são o resultado da rotação da Terra em torno do seu eixo e Mercúrio e Vênus estão mais próximos do Sol. O sistema copernicano tinha a vantagem de explicar de forma simples os movimentos retrógrados dos planetas e, igualmente, os alongamentos limitados de Mercúrio e Vênus como consequência direta da translação da Terra em torno do Sol.

O trabalho de Copérnico não teve um impacto imediato à sua publicação, mas gradualmente começou a chamar a atenção e ser alvo de críticas. Os trabalhos posteriores, em uma colaboração entre astronomia e cosmologia, lançaram sobre esse sistema uma grande quantidade de dados, desde as medidas de posições realizadas por Tycho¹² com seus instrumentos de grande precisão, passando pela formulação matemática dada por Kepler¹³ às órbitas dos planetas, até as observações¹⁴ (satélites de Júpiter, fases de Vênus, manchas solares) realizadas por Galileu e seu telescópio. Marcando uma fase em que a principal questão do problema cosmológico era: qual o lugar da Terra no cosmos? E, conseqüentemente, a ordem de distribuição dos astros no Sistema Solar.

A ciência desenvolvida por Galileu aprofundou a ruptura no interesse pela essência das coisas, pela qualidade, e a atenção se concentrou nos fenômenos e leis que as regulam, ou seja, nos números, aquilo que é quantitativo (MONDIN; RENARD, 1985, p. 50). Essa nova forma de ver a natureza ficou sendo conhecida como

¹² Tycho também propôs um modelo cosmológico, no qual a Terra é o centro do sistema com a Lua e o Sol orbitando em torno dela e os demais planetas em torno do Sol.

¹³ Kepler, modelo cosmológico dos sólidos perfeitos, apresentado na seção "Modelos explicativos do universo".

¹⁴ Galileu ainda especulou que as estrelas são objetos do mesmo tipo que o Sol.

“mecanicismo” e influenciou o pensamento moderno. Além disso, o advento do telescópio possibilitou outro acontecimento, a expansão das fronteiras do espaço, ou seja, o aumento do raio observável. Com isso o cosmos deixou de se “restringir” ao Sistema Solar e as questões sobre sua dimensão foram retomadas.

Ainda na Idade Moderna, influenciados por essa nova visão da natureza, foram desenvolvidos os trabalhos de René Descartes, que propôs um modelo não matemático para o universo sugerindo que ele consistia de “vórtices” de matéria cósmica; Isaac Newton, que interpretou fisicamente as leis de Kepler e elaborou leis para os movimentos e a lei da gravitação universal – os movimentos dos corpos não só estavam determinados como havia o efeito da ação de um sob o outro, permitindo compreender o cosmos em uma escala maior; e Immanuel Kant que propôs a existência de universos ilhas distribuídos pelo espaço.

Outro termo equivalente às palavras mundo e cosmos, no sentido de “o todo” é universo, a unidade que envolve o diverso. Mas o que é o Universo? Perguntar puramente o que é o Universo leva a questões pessoais e subjetivas, como comenta Harrison (1981) em seu capítulo inicial:

Parece que o Universo tem muitas faces e significa coisas diferentes para pessoas de visões diferentes. Para as pessoas religiosas, o Universo é o reino do espírito e é uma criação divina; para os artistas, poetas e cantores é um universo de formas requintadas permeadas por percepções sensíveis; para os filósofos, é um universo de estruturas analíticas e sintéticas regidas pela lógica; e para os cientistas é um Universo de estruturas complexas, elucidados pela teoria, a qual é regida pela observação e experimentação. Cada um vê uma imagem diferente do mundo, justamente como uma máscara sobre a face do universo desconhecido. (HARRISON, 1981, p. 10, tradução nossa).

Estas múltiplas facetas talvez sejam o resultado intrínseco daquilo que nos torna humano ao tentar compreender e absorver o que a entidade-conceito universo submete ao ser.

Em busca desse “universo de estruturas complexas”, que no início do século XX surgiu a Cosmologia moderna (MERLEAU-PONTY, 1971, p. 7), a cosmologia definida como ciência, amparada pelo desenvolvimento tecnológico de seus instrumentos de pesquisa, por uma física e uma matemática refinadas, em um universo que era agora um ente mecânico e determinado. Um marco aventado para origem dessa cosmologia são as soluções encontradas para as equações da Teoria da Relatividade Geral (TRG), que foi formulada pelo físico alemão Albert Einstein e

confere à gravitação uma natureza relativística. Tais equações descrevem como o campo gravitacional se comporta ao longo do espaço-tempo. Duas consequências das teorias da relatividade (restrita e geral) que afetam o problema cosmológico é próprio conceito de espaço-tempo e a possibilidade de dar uma forma geométrica a essa estrutura.

Por um lado, a concepção física clássica (newtoniana) concebia espaço e tempo como objetos absolutos distintos. O tempo era um contínuo e o espaço um substrato infinito, atuantes em um sistema de coordenadas, independentes da movimentação do observador inercial. Por outro lado, o espaço-tempo, trata o tempo e o espaço como uma unidade, na qual a descrição da posição de um objeto nesse novo substrato é dada em um sistema de quatro coordenadas, sendo três espaciais e uma temporal. Assim, o substrato sob o qual se assenta o conteúdo do universo passou a ter uma compreensão (física) e uma forma de ser manipulado (matematicamente).

Einstein generalizou sua teoria assumindo que para que seus princípios fossem amplamente válidos o espaço não poderia ter geometria plana, como até então se assumia, mas sim, que as ações da gravidade ocorreriam em um espaço curvo, para tanto ele se apoiou nas teorias não-euclidianas. Esse processo de geometrização da gravidade trouxe à tona a questão de que se o universo é espacialmente finito ou infinito, questão já discutida desde a fase filosófica, por outros meios. Contudo, agora ela estava associada aos aspectos geométricos, especificamente à constante de curvatura do espaço, k , que poderia possuir três possibilidades: positiva, nula e negativa. Sendo que na abordagem tradicional¹⁵ da cosmologia para os valores nulo e negativo o espaço é infinito e para o valor positivo o universo é finito.

Einstein encontrou suas próprias soluções para as equações de sua teoria, e seguido a elas, uma série de outras soluções foram propostas, apresentando características específicas, como as diferentes geometrias de universo elaboradas por Friedmann na década de vinte. Entre essas diferentes propostas emergiu uma tensão entre os modelos estáticos (Universo sem evolução, com o mesmo aspecto em qualquer lugar) e estacionários (Universo com criação espontânea de matéria e o mesmo aspecto em larga escala, a menos de aspectos locais) de um lado e os

¹⁵ Na abordagem tradicional são considerados os espaços simplesmente conexos, onde toda curva simples fechada pode ser continuamente deformada até colapsar a um ponto.

modelos dinâmicos (Universo com evolução) de outro. Jacques Merleau-Ponty (1971, p. 369), em sua tese, aponta que independentemente do exemplar de modelo discutido, a lógica interna de todas as soluções apresentadas até o momento terminava por si mesma no problema da origem. Por esse ponto de vista, a ciência retoma uma das questões primárias do problema cosmológico e lhe dá uma nova roupagem, agora baseada em teorias, modelos, leis e observações.

O problema cosmológico, ao ser explorado suscita novas questões¹⁶. O universo sempre foi o mesmo? Se ele se modifica, como é esse processo e o que o causou? Se o universo é dinâmico, como permite interpretar a lei de Hubble, como ele era antes? O universo teve uma origem? Qual será o seu fim? A coerência do panorama geral é sustentada pela coesão das soluções encontradas para cada nova pergunta. O problema cosmológico é um problema que auto se alimenta em seu exercício de buscar a verdade.

O conjunto de respostas, organizado segundo um determinado sistema de conhecimento, afim de oferecer uma resposta ao problema cosmológico, constitui um molde explicativo para a origem, estruturação, evolução, elementos constituintes e fim do universo, em outras palavras, os vários conjuntos existentes dessas respostas são modelos explicativos do universo. Assim, os modelos explicativos do universo elaborados pelas várias sociedades ao longo do tempo e inclusos em suas culturas são as soluções encontradas pelo ser humano para o problema cosmológico.

2.3 COSMOLOGIAS

Ao buscar um campo que pudesse tratar do problema cosmológico, o ser humano instituiu a área da Cosmologia, em uma definição ampla, o estudo do universo, sua origem, evolução e destino. É razoável assumir que o objeto de estudo da Cosmologia é um objeto mutável, tanto no plano das ideias quanto no plano da realidade, no sentido que o mesmo se modifica conforme a humanidade desenvolve seus saberes, técnicas, tecnologias, ideias e imaginação. Assim sendo, os modelos explicativos do Universo, conservando o significado atribuído a eles, se transmutam para modelos cosmológicos, ou somente, cosmologias (HARRISON, 2000, p. 11). Mesmo considerando os modos de percepção advindos de campos diferente, essa

¹⁶ Estas questões serão melhores exploradas na subseção “Cosmologias científicas”.

generalização sob um único termo não é tão absurda, sendo comumente utilizada em cursos, apostilas e livros didáticos sob os títulos genéricos de: cosmologias antigas, para o pensamento mítico e religioso; cosmologias iniciais, para o pensamento filosófico; e cosmologias modernas, para o pensamento científico moderno. Por isso, faz-se necessário caracterizar esses modelos no âmbito de seus sistemas de conhecimento subjacentes.

A fim de organizar os modelos estudados, este trabalho faz uso de duas categorias que classificam os modelos como “cosmologias não-científicas” e “cosmologias científicas”. Tal nomenclatura aplicada é essencial para destacar o tom da abordagem dada a esta proposta, que intenta discutir distintas formas de conhecimento sem hierarquizá-los, ou seja, essa proposta adota uma postura relativista. Sobre um nível dessa distinção Lévi-Strauss escreveu que:

O pensamento mágico não é uma estréia, um começo, um esboço, a parte de um todo ainda não realizado; ele forma um sistema bem articulado; independente, nesse ponto, desse outro sistema que constitui a ciência, salvo a analogia formal que os aproxima e que faz do primeiro uma espécie de expressão metafórica do segundo. Portanto, em lugar de opor magia e ciência, seria melhor colocá-las em paralelo, como dois modos de conhecimento desiguais quanto aos resultados teóricos e práticos [...], mas não devido à espécie de operações mentais que ambas supõem e que diferem menos na natureza que na função dos tipos de fenômeno aos quais são aplicadas. (LÉVI-STRAUSS, 2011, p. 29).

Uma outra forma de justificar essa classificação é quanto ao grau de autonomia inerente aos saberes míticos, religiosos, filosóficos e científicos. De acordo com Castoriadis¹⁷ (1992 apud LIMA et al, 2014), cada um desses conhecimentos é capaz de fornecer uma explicação, dentro de sua estrutura, para um determinado fenômeno. Contudo, o grau de autonomia que possuem, diferencia-os em dois grupos: o de menor grau de autonomia, do qual fazem parte o mítico (por fundamentar-se em tradições) e o religioso (por estar submetido a entidades divinas); e outro com maior grau de autonomia, no qual está incluído o filosófico e científico, que são capazes de racionalizar os fenômenos. O trabalho aqui realizado se delimitará em discutir as características das cosmologias míticas e científicas.

Dentro da realidade dos cursos de Cosmologia ainda existem aqueles que tradicionalmente iniciam seus conteúdos pelas cosmologias antigas e dão a

¹⁷ CASTORIADIS, C. **As encruzilhadas do labirinto**: O mundo fragmentado, v. 3. São Paulo: Paz e Terra, 1992.

conotação de que esse tipo de modelo e seu modo de pensar pertencem a um passado distante. Esta ideia constitui um equívoco por dois motivos: o primeiro é que os modelos mais antigos não foram deixados para trás no tempo, eles coexistem com os mais modernos, ainda que existam poucos grupos sociais que se utilizam desses modelos, como exemplificam os livros e artigos de antropologia e áreas correlatas (LIMA, 2011; FAULHABER, 2015; DE MELLO, 2015; GOMÉZ, 2015; ROE, 2005; WOODSIDE, 2005; TINDALE, 2005). É fato que exemplares das cosmologias não-científicas e das filosofias iniciais não estão mais em vigência no mundo contemporâneo e são acessíveis somente como fontes históricas, entretanto, o modo de conhecimento que esses modelos operam não o são; o segundo motivo é que houve uma predominância dos modelos científicos dentro da cultura ocidental e científica para explicação do cosmos. Um evento que teve marco inicial dentro do cenário grego antigo, no qual o pensamento filosófico rompeu com o pensamento mítico e passou a ser o modo de conhecimento vigente, e posteriormente, se expandiu pela Europa e dela, por mecanismos de difusão (comércio e guerras, por exemplo), passou a atingir outros locais do globo. Por tanto, não é possível fazer uma classificação estritamente cronológica entre as cosmologias não-científicas e as cosmologias científicas e relegar as primeiras somente ao passado.

2.3.1 Cosmologias não-científicas

Os modelos cosmológicos não-científicos, aqueles de caráter mítico e/ou religioso, tiveram sua predominância na Pré-história e na Idade Antiga. Esses primeiros modelos estavam imersos em um contexto mágico, sobrenatural e sagrado. O mundo era regido por uma força mágica, que podia ser entendida como possuidora de uma condição espiritual ou como possuidora de uma condição física. Esta força poderia ainda ser: ou semelhante em forma ao ser humano, mas infinitamente superior, diferente da natureza e controlando-a (visão antropomórfica); ou ser a personificação da natureza e/ou dos fenômenos naturais (visão antropomórfica); ou ser a própria natureza, que controlaria o ritmo do mundo (visão animista). Esta força afetava, sem distinção, tanto pessoas quanto objetos, tanto aquilo que era material quanto aquilo que era imaterial. Pode-se ter como exemplo dessa força o trovão, que ao se manifestar poderia suscitar um conjunto de sentimentos no indivíduo que o vivenciou. Aquela pessoa poderia expressar naquele momento um som decorrente de

sua vivência e associar o som expressado àquela força, externa, significativa e superior a ele. Este foi um caminho possível de estabelecer uma conexão entre sons/imagens e as palavras (CASSIRER, 2006, p. 52-53).

O mundo natural era então assimilado por meio das relações sensoriais e da intuição. A realidade das percepções e das coisas era a linguagem sensível dos signos manifestada de um espírito geral para o espírito do indivíduo. Decorre dessa relação entre objetivo e subjetivo que as primeiras manifestações do pensamento mítico não separavam claramente o conteúdo da coisa do conteúdo do signo, mais ainda, o mito não distinguia o conteúdo real do imaginário, daquilo que era vivido em sonho, por exemplo.

Para o pensamento mítico, a palavra não é um mero signo convencional e abstrato que está no lugar da coisa, mas, de certa forma, a palavra é a coisa ou ao menos a “alma” da coisa vive na palavra como uma ideia. Por isso, a palavra em si era dotada de um poder mágico, capaz de materializar ou reviver experiências extraordinárias, evocar fenômenos e eventos. Cassirer (2006) ao tratar da conexão entre linguagem e mito coloca:

Este vínculo originário entre a consciência linguística e mítico-religiosa expressa-se, sobretudo, no fato de que todas as formações verbais aparecem outrossim como entidades míticas, e de que a Palavra se converte numa espécie de arquipotência, onde radica todo ser e todo acontecer. Em todas as cosmogonias míticas, por mais longe que remontemos em sua história, sempre volvemos a deparar com esta posição suprema da Palavra. (CASSIRER, 2006, p. 64).

Esse poder da palavra tinha seu máximo com o nome. Pode-se tomar como exemplo o trecho da cosmogonia grega, apresentado anteriormente. Naquele trecho é possível perceber que o poder de um determinado deus é evocado pelo seu nome, e por intermédio desse deus, a potência (terra, céu, amor, tempo, fogo, agricultura, entre outras) a qual ele manipula¹⁸. Mais que qualquer outra palavra o nome deixa de ser um mero símbolo para ser parte da personalidade de seu portador. A exemplo do tabu de se pronunciar o nome de uma pessoa recém morta. Em muitos povos primitivos tal ação teria o poder de impedir o morto de seguir para o além vida, pois este seria chamado de volta (CASSIRER, 2006, p. 70).

¹⁸ Uma interpretação possível é a de que, nos mitos, os deuses são entendidos como personificações dos elementos naturais, assim, uma origem possível dos mitos era a partir da contemplação da natureza.

Nesse contexto, a partir dessa crença no poder físico-mágico e sagrado contido na palavra, a linguagem passa a ser desenvolvida não só como forma de comunicação, mas também como uma forma de dominar o mundo, pois é através dela que o mundo é desvelado. E é também por meio dela, nos ritos e cerimônias, que os fenômenos e as doenças são apaziguadas ou convocadas. “*É sabido como entre os povos primitivos se evitam e conjuram ameaças e catástrofes mediante cantos, barulhos e gritos. Mediante gritos e ruídos se tratam de exorcizar assim os eclipses solares e lunares, as grandes tormentas e tempestades*” (CASSIRER, 1998b, p. 65, tradução nossa).

No pensamento mítico as palavras são tratadas como instrumentos espirituais, dados como um dom superior. Esses instrumentos, por sua vez, acompanharam o desenvolvimento do ser. O conjunto de palavras organizadas com a finalidade de transmitir ensinamentos e/ou dar explicações foram as narrações míticas ou mitos, a princípio dominados pelos povos de tradições orais no período da Pré-história e posteriormente, pelos de tradições escritas no período da Idade Antiga. Quando o ser humano deixou de se conformar com a mera contemplação do divino e este passou existir e manifestar sua natureza no tempo, ou seja, a figura dos deuses foi incorporada nas narrações dos povos, que os mitos, em seu sentido estrito e específico surgiram em seu verdadeiro significado (CASSIRER, 1998b, p. 161). Para Mircea Eliade (1986) o mito tem a seguinte definição:

O mito conta uma história sagrada, relata um acontecimento que teve lugar no tempo primordial, o tempo fabuloso dos começos. Noutros termos, o mito conta, como graças aos feitos do Seres Sobrenaturais, uma realidade passou a existir, quer seja a realidade total, o Cosmos, quer apenas um fragmento: uma ilha, uma espécie vegetal, um comportamento humano, uma instituição. É sempre, portanto, a narração de uma << criação >>: descreve-se como uma coisa foi produzida, como começou a *existir*. (ELIADE, 1986, p. 12, ênfase do autor).

É nesse sentido de expressar a realidade, por meio do sagrado ou do sobrenatural que o mito é entendido como verdadeiro, pelo autor. O mito de algo é uma história verdadeira porque este algo está presente na realidade. Entender o mito dessa forma é, portanto, diferente de aceitá-lo somente como uma história fantasiosa (história falsa). É nas sociedades tribais ou arcaicas que o mito assim é entendido, nelas ele é o modelo exemplar para o comportamento, a organização e as ações humanas em geral, justificando e conferindo valor a esses aspectos. Assim sendo, o

mito não só é uma história verdadeira como é vivo e/ou vivido no cotidiano e ritualizado nas cerimônias.

Um dos âmbitos por onde se dá essa vivência é na relação com o espaço. É pela percepção que se inicia no mundo, por meio dos signos os indivíduos são introduzidos no espaço, contudo essa introdução só pode ocorrer se esse espaço for conhecido e os signos forem nele aprendidos.

A natureza apresenta-se em diferentes formas, elementos e fenômenos – rios, montanhas, plantas, animais, trovões, marés, entre outros – esses componentes e as diferenças entre eles servem para estabelecer relações simbólicas. É a partir dessa distinção em texturas, em posições, em magnitudes que as coisas no espaço deixam de serem percebidas como simples dados da sensação, mas sim, como um conjunto de dados sistematizados e relacionados entre si, em outros termos, as impressões ingênuas das coisas são organizadas em um processo de objetivação. Contudo, o pensamento mítico tem sua própria forma de estabelecer essas distinções. “*Basta para o pensamento mitológico qualquer semelhança na aparência sensível para agrupar em um só ‘gênero’ mitológico as entidades em que dita semelhança aparece*” (CASSIRER, 1998b, p. 97). O autor segue exemplificando como a fumaça que sai do cachimbo, não é um mero símbolo da nuvem, mas sim a própria nuvem e, portanto, portadora da chuva. Isto porque para o mito, uma semelha na aparência significa uma essência igual entre os objetos, logo, como essência, uma força real de identidade.

A partir de um princípio de ordenação é que a complexidade das impressões sensíveis que os objetos podem passar para um conjunto classificável, a exemplo do sistema totêmico estudado exaustivamente por Lévi-Strauss (2011). Esse princípio ordenador nos mitos vai além dos critérios de classificação dos objetos e fenômenos e se encontra também nas relações entre causa e efeito. Existe uma relação causal entre conteúdos que aparecem frequentemente juntos seja espacial ou temporalmente. É essa relação que justifica a associação de determinados animais aos períodos de chuva ou seca.

Tentar reduzir o processo causal leva, em último momento, ao problema da origem, que para intuição mítica já está vinculado a um ente concreto, uma força superior. O mito entende o processo causal como uma série de transformações que ocorrem devido à própria existência do conteúdo, ou seja, um processo inevitável.

Nesse vir a ser dos conteúdos, importa para o mito explicar e conhecer o começo e o fim¹⁹.

De acordo com Eliade (1986, p. 25), a Cosmogonia, sendo a narração responsável por contar a origem do mundo/universo, é o modelo exemplar por excelência para as demais criações, pois toda outra narração de origem prolonga e complementa a origem do mundo. As cosmogonias contam a origem do universo em um tempo antes de tudo, um tempo mítico, não vivido para quem as conta, no qual as entidades ou eventos conduziram a formação de todas as coisas até o tempo de sua narração, *i.e.*, ao tempo de quem conta. Um exemplo é a versão da cosmogonia loruba abaixo.

Òrìsànlá põe-se a caminho apoiado num grande cajado de estanho, seu òpá osoró ou paxorô, o cajado para fazer cerimônias. No momento de ultrapassar a porta do Além, encontrou Exu, que, entre as múltiplas obrigações, tinha a de fiscalizar as comunicações entre os dois mundos. Exu, descontente com a recusa do Grande Orixá em fazer as oferendas prescritas, vingou-se fazendo-o sentir uma sede intensa. Òrìsànlá, para matar a sua sede, não teve outro recurso senão o de furar, com o seu paxorô, a casca do tronco de um dendezeiro. Um líquido refrescante dele escorreu: era o vinho da palma. Ele bebeu-o ávida e abundantemente. Ficou bêbado, não sabia mais onde estava e caiu adormecido. Veio então Olófin-Odùduà criado por Olodumaré depois de Òrìsànlá e o maior rival deste. Vendo o Grande Orixá adormecido, roubou-lhe o “saco da criação”, dirigiu-se a presença de Olodumaré para mostra-lhe seu achado e lhe contar em estado se encontrava Òrìsànlá. Olosumaré exclamou: “Se ele está nesse estado, vá você, Odúduà! Vá criar o mundo!” Odúduà saiu assim do Além e se encontrou diante de uma extensão ilimitada de água. Deixou cair a substância marrom contida no “saco da criação”. Era terra. Formou-se, então, um montículo que ultrapassou a superfície das águas. Aí, ele colocou uma galinha cujos pés tinham cinco garras. Esta começou a arranhar e a espalhar a terra sobre a superfície das águas. Onde ciscava, cobria as águas, e a terra ia se alargando cada vez mais, o que em iorubá se diz *ilênfe*, expressão que deu origem ao nome da cidade Ilê Ifé. Odúduà aí se estabeleceu, seguido pelos outros orixás, e tornou-se assim o rei da terra. (LEITE, 2008, p. 132).

São principalmente nas cosmogonias que as cosmologias não-científicas estão incorporadas – aqui tratando somente das cosmologias míticas – ou seja, são nessas narrações que a estrutura do universo/mundo é ordenada. É importante lembrar neste ponto que cada sociedade tem uma extensão diferente do que é considerado como mundo e trata diferentemente sua origem. Assim, existem

¹⁹ Uma outra narração mitológica de igual importância à Cosmogonia é a Escatologia, que trata do fim do mundo (também com um sentido de renovação) de acordo com uma determinada sociedade.

exemplos que se “limitam” à Terra como com as cosmogonias do Crescente Fértil e grega, que foram apresentados inicialmente na seção “O Problema Cosmológico”, como exemplos nos quais a origem se dá a partir de uma morada divino, caso do mito loruba.

Na cosmologia aborígene (CLARKE, 2015), o mundo do céu contém os mesmos elementos que a superfície da terra – árvores, animais, objetos cerimoniais – além de ser também a morada de seus ancestrais. O céu é reflexo da terra, assim como, a terra é reflexo do céu. É sabido que a regularidade proveniente dos movimentos dos corpos celestes tornou-se um mecanismo seguro para as sociedades estabelecerem seus hábitos e estabelecerem seu lugar nessa ordem. Essa identificação do céu com a terra decorre do fato de que no pensamento mítico o todo é único e inseparável espacial e temporalmente. O todo explica a parte e as partes explicam o todo. Existe nas sociedades primitivas uma cosmovisão, uma visão estruturada do universo e integrada à vida.

O sistema mítico e as representações que proporcionam servem, então, para estabelecer relações de homologia entre as condições naturais e as condições sociais ou, mais exatamente, para definir uma lei de equivalência entre contrastes significativos situados em vários planos: geográfico, meteorológico, zoológico, botânico, técnico, econômico, social, ritual, religioso e filosófico. (LÉVI-STRAUSS, 2011, p. 111).

Assim como o espaço geográfico deriva ou reflete essa ordem, a orientação espacial também é oriunda da ordem cósmica. Krupp (2005), a partir dos exemplos dos sistemas tradicionais chinês, tibetano, bali, do antigo México e de algumas tribos indígenas norte-americanas apresenta como as cores e mais alguns elementos simbólicos (alimentos e objetos, por exemplo) se relacionam com os pontos cardeais e colaterais, provenientes da ordem cósmica.

Além do âmbito natural (físico e geográfico), as cosmogonias servem como princípio de ordem, na relação entre parte e todo, para o âmbito do corpo e o âmbito social. O corpo é entendido como um microcosmo. Na sociedade Tabwa existe uma frase que expressa essa forma de entender, ela é “*mwili yote ni bulongo*” e significa “o corpo inteiro é a Terra”. Em sua cosmogonia encontra-se um precioso exemplo dessa relação:

Há um quinto e último membro do conjunto [de símbolos para] *mulalambo* [termo genérico para a borda de trás do lago Tanganyika] que vale a pena mencionar aqui: o termo pode ser usado para se referir à linha média *linea nigra* do jargão médico ocidental. Ela pode

ser mais escura do que a pele ao redor e tornar-se evidente na puberdade. É especialmente óbvio sobre os ventres das mulheres grávidas africanas, quando através de alongamento e mudanças hormonais, uma trilha de melanina de alguns milímetros de largura leva do umbigo para a vagina. Também pode ser visto no escroto dos homens, e se chama *kishono*, "a bainha" (do *kushona*, "costurar"). *Kishono* [*mulalambo* genericamente] é lembrado do termo para a Via Láctea, *kipinda busiku*, "o dobramento, a bainha ou a mudança da noite". As mulheres pré-coloniais de Tabwa decoraram a linha com cicatrizes e isto parece ser uma característica proeminente de muitas figuras ancestrais esculpidas por Tabwa ou outros povos vizinhos a Tanganyika. (ROBERTS, 2005, tradução nossa).

Por ordem de excelência, como enfatizou Eliade, antes de uma sociedade desenvolver suas relações em comunidade, faz necessário que primeiro exista a sociedade. Assim, uma cosmogonia pode simultaneamente narrar a criação da Terra e do povo (evidentemente, daquele que narra o mito) que a habita, como encontrado em Holbrook (2015), que traz a narração de alguns povos africanos ao sul do Saara. A cosmogonia dos Ticuna, que habitam o alto do rio Solimões, narra como seu herói ancestral foi transformado em uma poção de peixes e estes foram transformados posteriormente no seu povo, os ticuna, (FAULHABER, 2015).

No âmbito social, fenômenos sociais e naturais são misturados. Alguns objetos ou fenômenos celestes adquirem a peculiaridade de representar e simbolizar as ideias sobre a vida social e cultural. Para as sociedades arcaicas o mito é difundido por meio de rituais, cerimônias e celebrações. Isto quer dizer que para chegar aos homens e mulheres os mitos precisam ser transmitidos por práticas sociais, que podem ser originadas da integração entre o social e o natural.

A cosmogonia é o modelo exemplar de toda espécie de <<fazer>>: não só porque o Cosmos é o arquétipo ideal – tanto de toda situação criadora como de toda a criação – mas também porque o Cosmos é uma obra divina, estando, portanto, santificado na sua própria estrutura. (ELIADE, 1986, p. 34)

A cosmogonia, portanto, não poderia ser narrada em qualquer ocasião ou por qualquer um. Existiam dentro dessas sociedades aquelas pessoas com função religiosa/espiritual portadoras da sabedoria ancestral que eram capazes de se conectar com o sobrenatural ou o divino e podiam manipular sua força.

Alguns desses momentos especiais eram: após o nascimento de uma criança, para que ela conheça sua origem para então “começar” a vida; em cerimônias fúnebres, pois como as cosmogonias podiam contar a origem de um povo, ao entoar

a criação ela poderia guiar o espírito do morto para que este encontrasse os ancestrais e seu mundo; em ocasiões de guerra, pois preparava os guerreiros para a “criação” de novos espaços (conquista de territórios); em ritos de cura, tanto para o corpo quanto para o espírito – Eliade (1986, p. 28-30) traz em seus livros alguns exemplos de sociedades que davam esse papel à cosmogonia, dentre eles os Na-Khi no Tibet. Para esse povo, o universo em seu primórdio estava dividido entre os Nâgas e a humanidade, contudo desavenças provocaram uma inimizade entre ambos. Após isso, os Nâgas espalharam no mundo doenças e flagelos. Somente quando o sacerdote-xamã, com a ajuda de Garuda, combateu os Nâgas é que as doenças e flagelos puderam ser curados. Assim, um xamã pode curar a partir do poder herdado do seu ancestral e por narrar a origem da cura, pois somente após narrar como a cura surgiu, é que a mesma terá efeito; em cerimônias vinculadas às estações ou início ou fim de ano, pois com a cosmogonia podia-se renovar o mundo para uma nova existência – como celebra os Hupa, da Califórnia, com a Dança da Camurça Branca, em seu ritual de “ano novo” (ELIADE, 1986, p. 42).

Ainda que as cosmogonias e cosmovisões fossem narrações advindas de um mundo mágico e sobrenatural ou divino, elas eram modos de observação e de reflexão do mundo sentido e vivido, portanto, mais que meras fábulas, como histórias “verdadeiras”, representavam elementos da realidade. O Cosmos não só regulava o mundo natural como também o próprio ser humano (corpo) e sua vida (sociedade e cultura). Os fenômenos e o conteúdo presente no céu, estabeleceram um vínculo profundo com o cotidiano, pois eram percebidos e vividos. Quem vive o pensamento mítico não se interessa apenas pelas explicações objetivas diretas da realidade, mas assimila toda experiência externa sensorial a acontecimentos do espírito, ou mais profundamente, *“o verdadeiro fenômeno que deve ser aprendido não é o conteúdo representativo mitológico enquanto tal, mas sim o significado que tem para a consciência humana e a influência espiritual que exerce sobre a mesma”* (CASSIRER, 1998b, p. 22).

2.3.2 Cosmologias científicas

Os modelos cosmológicos científicos, *i.e.*, os de origem filosófica e/ou científica, nas suas primeiras formulações buscavam explicar a organização do universo por meio da razão, a causa da ordem estabelecida residiria na própria

natureza dos objetos, responsável pela sua distribuição espacial e evolução temporal. Embora essas cosmologias iniciais (filosóficas) resultassem das especulações de seus criadores e defensores, elas, diferentemente das cosmogonias, poderiam ser logicamente argumentadas. Para que essa argumentação ocorresse foi necessário que a realidade fosse cada vez mais objetivada, isso quer dizer que, para que posteriormente o pensamento científico alcançasse a sua compreensão da realidade foi necessário que o mesmo aprendesse a abstrair, distanciando-se da realidade – conceito entendido por esse pensamento como o produto de processos conscientes, intencionais da mente, e não puramente da sensação. Essa é a mesma diferenciação do início do pensamento lógico – princípio do pensamento científico – que fez Cassirer (1998c, p. 242, tradução nossa): “[...] desde tempo imemorial a distinção característica entre pensamento e percepção consiste em que todo pensamento se move no âmbito do meramente mediato, enquanto que a percepção possui uma certeza e um realidade imediatas”.

Foi necessário então para que a Filosofia alcançasse sua maturidade romper com o pensar mitológico e começar a se opor a esse pensamento. Contudo, esse rompimento não implicou um abandono completo daquelas características que o pensamento mítico desenvolveu. O pensamento lógico ainda ia fazer uso dos signos e das relações simbólicas. Isto porque, mais do que instrumento de comunicação, o signo é o portador daquilo que representa a coisa, do seu conceito. A partir da intuição e da percepção daquilo que está no espaço e/ou daquilo que é sequencial no tempo, das noções de multiplicidade, de conjuntos de semelhantes e de sucessões é que se desenvolve o conceito de número. Esse conceito já havia sido desenvolvido no pensamento mítico, no qual o número tinha um poder de representação universal e que era estendido à totalidade do mundo. Mas, somente quando o número se afasta daquilo que é imediato, após deter as noções de ordem e de conjunto oriundas do pensamento mítico, para alcançar um status de universal, assim como ocorreu com a Filosofia, é que surge o conceito científico de número (CASSIRER, 1998c, p. 401).

É por meio das relações próprias da matemática (inicialmente aritmética e geometria) e do número que as formas, magnitudes e grandezas das coisas são transpostas para uma nova forma de pensamento, o pensamento lógico-matemático, e deste para o científico. Deste modo, o mundo das formas matemáticas não é um mundo das coisas em si, mas sim, um mundo das formas de ordenação. A matemática

ganha função nas representações da realidade e do cosmos físico em um lento processo histórico.

Dentro dos objetos da realidade a serem compreendidos, a Ciência dedicou-se exaustivamente aos fenômenos naturais, em busca de suas causas últimas. Como portadores de causas imutáveis, os fenômenos poderiam ser preditos e, portanto, deveria existir uma lei que os descrevessem.

Ela [a Matemática] fornece um conjunto de estruturas dedutivas, por meio das quais se expressam as leis empíricas ou princípios teóricos. Nesse contexto, ela é uma forma de linguagem e de ferramenta, por meio da qual são estruturadas as relações entre os elementos constituintes de uma teoria. (PIETROCOLA, 2001, p. 40)

Contudo, para fazer essa predição era necessário que o pensamento científico primeiro interpretasse a natureza. Para isso era necessário que ela criasse conceitos científicos (representações de objetos de conhecimento), princípios e leis, que por sua vez teriam maior validade se organizados em uma estrutura coerente que os unisse, a teoria (PIETROCOLA, 2001, p. 35). É somente após essa etapa de interpretação da natureza que o pensamento científico pode passar a descrevê-la. E neste ponto retoma-se o conceito de modelo – trabalhado na seção inicial desta parte deste trabalho – pois o modelo é construção mental manipulável que representa o fenômeno estudado e procura compreender a complexidade da realidade.

Não especialmente, o cosmos também é submetido a essa modelização e ao poder do número. Contudo, o fenômeno “universo” é único com relação aos outros fenômenos naturais e experimentos científicos, uma vez que suas variáveis como, por exemplo, densidade, pressão e energia, não podem ser isoladas nem controladas, além de que é um fenômeno que não pode ser replicado. É em busca de entender esse todo, de estudar os seus fenômenos em grande escala, que a Cosmologia moderna, a cosmologia entendida como ciência, tem seu objetivo e concentra seus esforços.

Como posto anteriormente, uma das características do pensamento científico é a busca daquilo que pode ser expresso universalmente. Isso implica que para as ciências, especialmente as exatas, pode existir uma preponderância de uma teoria ou um modelo sobre outros. Assumindo um viés realista para expor o argumento no caso da Cosmologia: como existe somente um Universo, entre os modelos científicos não existe espaço para mais de uma cosmologia ou cosmogonia (científica). Contrariamente ao que ocorria com as cosmogonias e cosmovisões mitológicas, das

quais cada sociedade possuía a sua. Ou melhor, entre os modelos científicos existe espaço para outras propostas nas falhas do primeiro. A partir da retomada histórica dos modelos cosmológicos, realizadas a seguir, é possível perceber como essas preponderâncias podem se estabelecer.

Um dos primeiros modelos cosmológicos a aparecer foi o modelo elaborado por Einstein em 1917. Seu modelo surge como resposta à sua TRG, sendo assim, seu modelo era um modelo cosmológico relativístico. De acordo com Merleau-Ponty (1971, p. 42-43), para Einstein a elaboração de um modelo cosmológico era a prolongação lógica da TRG, mais especificamente do princípio de Mach, no qual a massa inercial de qualquer corpo é devido à influência do universo como um todo. As equações que modelavam o seu universo partiam das hipóteses comumente aceitas pelos astrônomos de que o Universo era essencialmente estável, com uma distribuição homogênea de matéria e eterno (KRAGH, 2007, p. 125). Posteriormente, o chamado Princípio Cosmológico, princípio que assume que o universo é homogêneo e isotrópico em larga escala, será largamente adotado como condição a priori para os modelos cosmológicos.

O universo de Einstein era então um universo eterno (no tempo), sem criação e sem fim; estático (na aparência), que não se modificava no tempo; e infinito (no espaço). Seguindo sua ideia inicial Einstein se confrontou com um problema já conhecido por Newton, a questão da estabilidade do universo. Em um universo estático, com corpos (massas) e distâncias já determinadas, qualquer perturbação causaria um colapso.

A primeira parte da solução elaborada foi modificar a forma do universo de uma maneira que fosse compatível com suas equações de campo. Einstein, considerou que se *a priori* o universo fosse finito (espacialmente) não haveria necessidade de haver condições contorno. Ele acreditava que a curvatura do espaço, em função da distribuição de matéria, poderia ser aproximada para uma esfera. O que teria como resultado que o *continuum* espacial seria um espaço curvo fechado. Einstein passou a utilizar então a geometria não-euclidiana para equacionar a curvatura do espaço. Assim, ao final, o seu modelo cosmológico passou a ser finito (no espaço) e ilimitado (sem bordas) (MERLEAU-PONTY, 1971, p. 47; KRAGH, 2007, p. 131-132).

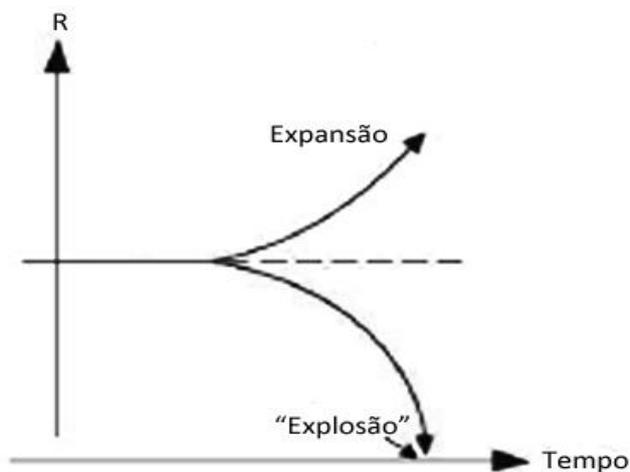
A segunda parte da solução foi a introdução de um termo de correção proporcional ao tensor métrico nas equações de campo, agora já simplificadas devido a

adoção de um espaço curvo. Esse termo foi a constante cosmológica, representada por Λ , cujo significado físico para um valor positivo equivale a um agente de oposição à força da gravidade. Assim, com a introdução desse termo o colapso gravitacional da matéria seria impedido e, juntamente, com a curvatura positiva do espaço teria garantido um universo estático no tempo. De acordo com Merleau-Ponty (1971):

É válida tal modificação porque não contradiz nenhum dos axiomas da teoria da Relatividade geral; especialmente, deixa intacta a equação de conservação e, de fato, dá às equações de campo a forma mais geral possível compatível com os axiomas da teoria [...]. (MERLEAU-PONTY, 1971, p. 49, tradução nossa).

O modelo de Einstein é estático em condição de equilíbrio, portanto, quando perturbado pode levar a um colapso ou a uma expansão. A imagem abaixo (Figura 4) descreve como o fator de escala²⁰ R varia com o tempo.

Figura 4 – Universo de Einstein.



Fonte: Adaptado de Harrison, 1981, p. 295.

É com a introdução da constante cosmológica que se estabelece uma conexão profunda do modelo relativístico de Einstein com o princípio de Mach, devido ao fato de que essa constante representava uma propriedade global, que por sua vez agia sobre uma propriedade local, a massa.

²⁰ Medida de quanto a distância entre objetos no passado se modificou com relação a distância atual para esses mesmos objetos. Para um universo homogêneo e isotrópico, o fator de escala é o mesmo em qualquer ponto, mas se altera com o tempo.

Apesar da constante cosmológica ter sido considerada pelo próprio Einstein como um artifício, os modelos seguintes continuaram a fazer uso dela. Logo após Einstein publicar seu modelo, no mesmo ano, o matemático e astrônomo Willem de Sitter submeteu à discussão o seu modelo cosmológico relativístico. De Sitter encontrou uma solução diferente daquela encontrada por Einstein ao incorporar Λ às equações de campo para um universo estático e finito. O ajuste de Λ realizado por de Sitter levou a um modelo de universo sem matéria. O qual recebeu severas críticas por não corresponder ao universo real, que, evidentemente, contém matéria e por violar o princípio de Mach (KRAG, 2007, p. 135). O modelo de de Sitter era, por conseguinte, considerado mais um modelo matemático do que um modelo físico.

Fazendo uso da característica manipulável dos modelos, de Sitter refez os seus cálculos agora acrescentando matéria a esse universo. Ao fazer isso, de Sitter obteve que as partículas testes, distantes de um ponto de origem, se afastavam aceleradamente. Efeito que ele atribuiu à própria métrica utilizada no modelo e que ficou conhecido como “efeito de Sitter”.

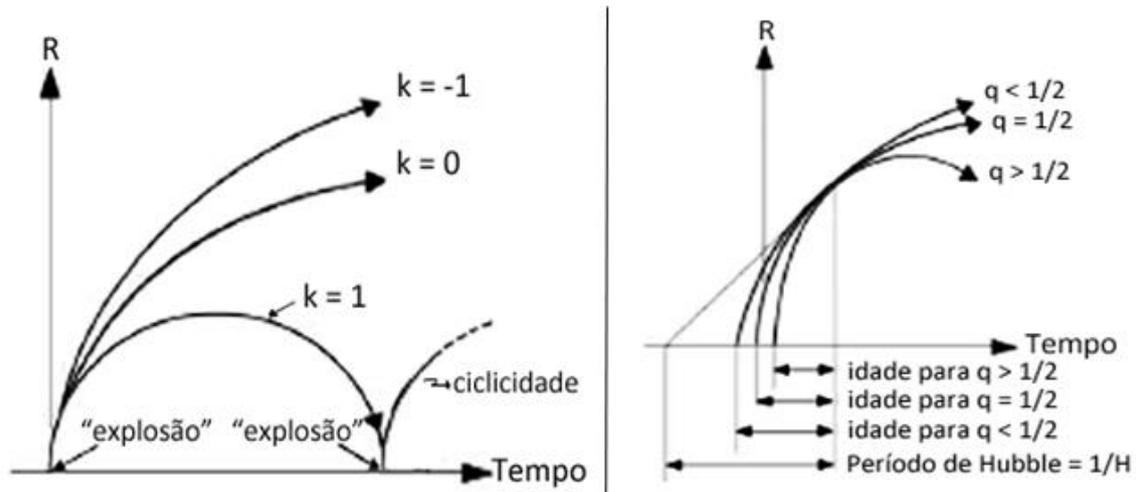
A próxima solução proposta para a TRG foi realizada pelo matemático Alexander Friedmann em trabalhos entre 1922 e 1924, portanto, antes da elaboração da lei de Hubble, e inaugurou a fase de modelos cosmológicos não-estáticos. As soluções encontradas por Friedmann, diferentemente das que foram elaboradas por seus antecessores, levavam a um universo que realizava movimento de expansão ou contração, ou seja, um universo dinâmico, cuja aparência se modificava com o tempo.

Os modelos de universo propostos por Friedmann consistiam muito mais de soluções matemáticas do que modelos físicos. Isto porque, à época, as discussões em torno dos modelos cosmológicos eram estritamente teóricas, não contavam com o suporte observacional, além do conhecimento astronômico que se tinha. Friedmann, em seus modelos não-estáticos, procurou provar a possibilidade de um universo cósmico de curvatura constante, *i.e.*, que não dependia das coordenadas espaciais, mas dependia do tempo (MERLEAU-PONTY, 1971, p. 79). Para isso, ele descreveu os seus universos em termos do fator de escala R . Ele também considerou que houve um momento em que o espaço estava concentrado em um ponto, $R(t) = 0$, o que equivaleu a assumir que o universo teve uma origem (KRAGH, 2007, p. 141).

Os três modelos elaborados por Friedmann, representados na Figura 5, possuíam diferentes geometrias, determinadas pela constante de curvatura k , e

assumiam que a constante cosmológica era nula. Como $\Lambda = 0$ o colapso do universo teria de ser determinado pela quantidade de matéria contida nele.

Figura 5 – Universos de Friedmann.



Esquerda: Classificação com relação à variação de k . **Direita:** Classificação com relação à variação de q , com H constante. Fonte: Adaptado de Harrison, 1981, p. 298.

O primeiro modelo, de curvatura positiva (fechado), $k = 1$, descrevia um universo no qual a densidade de matéria q era maior que o valor da densidade crítica²¹ q_0 . Neste caso, a ação da força gravitacional levaria o universo a se expandir até um máximo e depois se colapsar. Esse modelo também levava à possibilidade de um universo cíclico ou oscilante, no qual o universo repetia indefinidamente esse processo de origem e fim.

O segundo modelo, de curvatura nula (aberto), $k = 0$, descrevia um universo no qual a densidade de matéria era igual ao valor da densidade crítica. Neste caso, a quantidade de matéria seria suficiente para desacelerar o universo até ele atingir uma velocidade marginal, sem colapso.

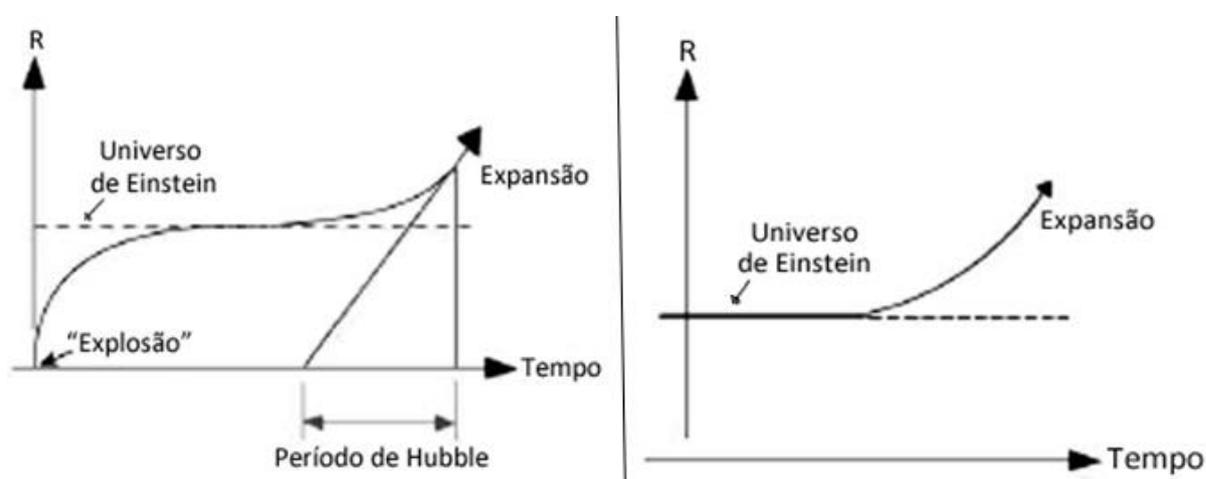
O terceiro modelo, de curvatura negativa (aberto), $k = -1$, descrevia um universo no qual a densidade de matéria era menor que o valor da densidade crítica. Neste caso, não existiria quantidade de matéria suficiente para causar um colapso e o universo se expandiria indefinidamente.

Apesar dos modelos de Friedmann, cronologicamente, terem inaugurado a nova fase de cosmologias não-estáticas, seus resultados não foram de imediatos

²¹ Densidade de massa necessária para tornar nulo o termo de curvatura na equação de Friedmann.

conhecidos, fato que também ocorreu com o astrofísico e cosmólogo Georges Lemaître e seu artigo de 1927. Foi somente em 1930 com o apoio do renomado astrônomo Arthur Eddington, que havia sido seu professor, que seu modelo ganhou repercussão (KRAGH, 2007, p. 143; MERLEAU-PONTY, 1971, p. 117). Em seu modelo original, Lemaître buscava conciliar o modelo de Einstein com o modelo de de Sitter. O modelo Lemaître-Eddington era um universo fechado expandindo a partir do universo de Einstein.

Figura 6 – Comparação entre os universos de Lemaître e Eddington.



Esquerda: Universo de Lemaître. **Direita:** Universo de Eddington. Fonte: Adaptado de Harrison, 1981, p. 302.

Enquanto Eddington se prendia em sua crença de um universo fechado e sem começo, Lemaître estava disposto a aceitar as consequências de um universo em expansão (Figura 6). Divergência ideológica que os levou a se separarem na década seguinte. Lemaître estava interessado em encontrar um modelo que concordasse com as observações dos dados de redshift das estrelas e das nebulosas espirais. Foi Vestu Slipher o primeiro a fazer uma coleta e análise sistemática desses dados desde o ano de 1912. Os quais, posteriormente, de Sitter indicou como provável consequência de sua cosmologia: *“As linhas no espectro de estrelas ou nebulosas muito distantes devem, portanto, ser sistematicamente deslocadas para o vermelho, dando origem a uma velocidade radial fictícia positiva”* (DE SITTER²², 1917, p. 26 *apud* KRAGH, 2007, p. 135).

²² DE SITTER, W. 'On Einstein's theory of gravitation, and its astronomical consequences. Third paper', *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 78, p. 3–28, 1917.

Em seu artigo de 1929, Edwin Hubble estabeleceu independentemente das predições dos modelos cosmológicos a relação que indicava que a velocidade de recessão das galáxias era proporcional às suas distâncias ao observador, relação que ficou conhecida como lei de Hubble. Os primeiros resultados de Hubble ainda estavam imprecisos, mas a relação estabelecida por ele indicava uma possível representação do efeito de Sitter, como ele próprio escreveu em seu artigo: “*O destaque é a possibilidade que a relação velocidade-distância possa representar o efeito de Sitter e, portanto, que os dados numéricos possam ser introduzidos na discussão da curvatura do espaço*” (HUBBLE, 1929, tradução nossa). Desde modo, Hubble indicava a introdução de dados observacionais nos modelos cosmológicos teóricos, mas não esperava que sua relação fosse utilizada para comprovar um ou outro modelo em específico. Contudo, foi o que fez Lemaître em seu artigo de 1931. Ele interpretou a velocidade de recessão das nebulosas extra-galácticas como um efeito cósmico da expansão do universo e lançou seu novo modelo, conhecido como modelo do “átomo primordial” – em analogia à teoria quântica e os decaimentos atômicos – que adotava a singularidade do fator de escala na origem do tempo de Hubble²³.

Na década seguinte ao trabalho de Hubble, os modelos expansionistas tinham uma melhor aceitação na comunidade, contudo se o universo teve ou não uma origem continuou a ser um ponto delicado. Isto leva a consideração que a questão da origem, até então adormecida nas considerações cosmológicas, estabelece novamente uma posição importante dentro do problema cosmológico.

Foi muito mais sobre a origem do que sobre a estrutura do universo que se preocupou Gamow (MERLEAU-PONTY, 1971, p. 442). No período que antecedeu esse modelo, durante a década de trinta, a comunidade científica tinha dado início a uma discussão mais profunda sobre a introdução de uma cosmologia física, isto é, a introdução de processos físicos no desenvolvimento dos modelos. O modelo cosmológico de George Gamow e Ralph Alpher divulgado em 1948 acrescentou à discussão cosmológica uma arqueologia do processo nuclear, isto é, vinculava à cosmogonia a origem dos elementos químicos. Gamow e colaboradores estavam interessados em explicar as atuais abundâncias dos elementos químicos a partir de um evento geral, para tanto eles teriam que explicar como ocorreu esse processo.

²³ Tempo determinado pelo inverso da taxa de expansão do universo H_0 , a constante de Hubble.

Se impõem a Gamow a ideia de um instante inicial não somente porque está contida nas equações da cosmologia relativista, mas também porque permite e, ele crê que é a única ideia que a faz, uma interpretação correta, com ajuda das leis conhecidas das reações nucleares, da curva das abundâncias cósmicas dos elementos. (MERLEAU-PONTY, 1971, p. 459, tradução nossa).

No modelo de Gamow, o universo partia de uma origem singular, no qual a substância que o preenchia, denominada por ele de *ylem*, o estado inicial da matéria-energia, estava submetido a uma grande densidade e temperatura. Com a expansão, essa matéria inicial, essencialmente formada de nêutrons e fótons, sofreria processos nucleares como colisões e decaimentos originando, por conseguinte, outras partículas e elementos. Posteriormente, com esfriamento do universo até um nível específico, essa matéria passaria por uma fase de aglutinação formando estruturas maiores, galáxias e estrelas, e por último o universo entraria na fase atual.

Fato é que a cosmologia-cosmogonia de Gamow, assim como outras cosmologias-cosmogonias ainda tinham problemas para resolver. Ainda que Gamow tenha conseguido com algum êxito explicar e vincular a abundância dos atuais elementos, o que foi feito somente para os elementos leves, a um evento geral, a origem do universo, persistia uma questão crucial para os modelos com cosmogonia, determinar a idade do universo.

Não somente em função do problema da idade do universo, mas por outras discordâncias, como a ideológica, no caso de Eddington, que existia um espaço bem mais aberto para outras teorias disputarem a explicação do universo. Contemporaneamente a Gamow outra linha de teórica relevante desenvolvia os chamados modelos do estado estacionário, que teve seu começo no modelo de Sitter.

O principal expoente dessa linha foi o modelo cosmológico elaborado pelos físicos Hermann Bondi, Thomas Gold e Fred Hoyle e divulgados em dois artigos no ano de 1948. A principal característica desse modelo que o diferenciava dos demais era que o universo era homogêneo tanto espacialmente quanto temporalmente, o que foi chamado de Princípio Cosmológico Perfeito. Como resultado, a homogeneidade no tempo indicava que o universo nunca alterou e nunca alteraria seu aspecto em larga escala, havendo somente alterações locais que não alteravam sua aparência como um todo, assim sendo, o universo não poderia ter uma origem. A postulação desse princípio solucionava automaticamente a questão da idade do universo, uma vez que ele seria eterno.

O modelo do estado estacionário admitia como possível a recessão das galáxias comprovada pela lei de Hubble. Isto a princípio poderia ser outro problema para esta cosmologia, pelo fato de que teria de haver uma causa para esse afastamento. Entretanto, como Bondi, Gold e Hoyle já consideraram essa questão, eles contornaram o problema através da introdução de um postulado, o da criação contínua de matéria, a uma taxa tal, que a densidade média de matéria no universo permaneceria constante. Sendo a taxa constante (matéria perdida igual a matéria criada), logo, o universo, em uma escala suficientemente grande, não seria alterado. Contudo, criou-se um novo problema. De onde surgia essa nova matéria criada? Não houve, à época, resposta para essa pergunta, mas os autores acreditavam que essa matéria corresponderia a nêutrons e prótons (KRAGH, 2007, p. 186).

Em uma breve recapitulação dos modelos tratados, até o momento, o universo estático foi abandonado, principalmente com a continuidade da pesquisa de Hubble e a melhora dos resultados sobre a velocidade de recessão das galáxias em função da tomada de um número maior e mais distante de exemplares. O que deixou na disputa por modelo cosmológico válido as explicações expansionistas com origem (as teorias de Big Bang²⁴) e as explicações estacionárias. Somente na metade da década de 1960 que a situação foi aplacada.

Em 1963, Arno Penzias e Robert Wilson, ambos trabalhando para a empresa de comunicação Bell Laboratories, identificaram um ruído na faixa das microondas ($\sim 4 K$) em uma das antenas. Era um ruído que a princípio não puderam explicar e nem se livrar, pois estava em todas as direções. Com auxílio dos físicos Robert Dicke e James Peebles, da universidade de Princeton, que estudavam radiação de fundo e modelos cosmológicos que eles puderam identificar a radiação serendípida encontrada como a radiação cósmica de fundo²⁵. O valor medido para essa radiação foi divulgado em 1965.

Essa descoberta ganha valor na discussão que vêm sendo elaborada na medida que ela indicava que, considerando os efeitos de expansão, o universo possuía uma temperatura elevada e um estado extremamente energético em sua origem. Essa radiação cósmica de fundo (RCF), de fato, foi prevista por Alpher e pelo

²⁴ Hoyle em uma palestra usou o termo big bang (grande explosão), para se referir e criticar a ideia da criação do universo no modelo rival de Gamow.

²⁵ Como a radiação era proveniente de todas as direções, isto indicava que possuía uma causa cósmica.

físico Robert Herman anos antes, após a publicação da cosmologia de Gamow e Alpher, como uma consequência da expansão do universo. A determinação mais precisa da RCF permitia chegar a melhores resultados tanto da idade do universo quanto da abundância de elementos em seu estágio inicial (KRAGH, 2007, p. 204). Assim, nos anos seguintes a 1965 a teoria do Big Bang ganhou mais força e se consolidou como modelo predominante.

Como apresentado acima, foi preciso superar o mundo de aparências da esfera celeste e mais ainda, de especulações do mundo supralunar e do cósmico, para expressar cientificamente o universo. O pensamento científico moldou o cosmos por meio de um conjunto de conceitos e princípios que buscavam interpretá-lo e equações e leis que buscavam predizê-lo. Relações que só puderam ser estabelecidas após cada fenômeno ser racionalizado e sistematizado. Ainda depois, cada modelo elaborado podia ser verificado e, então, ou modificado ou aceito ou refutado até o momento em que podia se eleger uma teoria e/ou modelo que fosse amplamente aceito pela comunidade científica.

2.3.3 Considerações sobre as distintas origens e estruturas do Universo

O objetivo dessa seção foi apresentar e descrever os modelos explicativos do universo caracterizando-os a partir de seus sistemas de conhecimento subjacentes. De acordo com Cassirer (1998b, p. 89), se compararmos as imagens de mundo formadas pelo mito e pela ciência, o que distingue elas não é a natureza ou a qualidade das categorias (espaço, tempo, número, objetos, causa) de cada pensamento, mas sim, a modalidade. Ainda para o autor, o modo como cada pensamento capta o heterogêneo e o transforma em algo ordenado é análogo, possui uma mesma “forma universal”. Contudo, a modalidade, ou seja, a forma simbólica, distingue como e com que finalidade essas imagens de mundo irão operar. Cada modalidade é independente entre si e suficiente para estabelecer uma relação e um limite entre o “eu” e o “real”, entre o subjetivo e o objetivo, por fim, entre o interior e o exterior (CASSIRER, 1998a, p. 197-198).

Ao adotar Cosmologia em seu significado amplo e lançar um olhar sobre os tipos aqui propostos, deve-se perceber que se torna incongruente tentar comparar ambos sob uma mesma perspectiva. Cada tipo contará com sua própria estrutura interna, coesa em seu ponto de vista. Os elementos que formam essas estruturas e a

linguagem em que as mesmas são expressas são modalidades distintas e essa distinção é fundamental para entendê-los e situá-los devidamente em seus espaços próprios. Como modelos de conhecimento, ambos os tipos olham para o mesmo objeto (universo) com o mesmo objetivo (explicar a origem, elementos, evolução e fim), mas o último não é a evolução do primeiro, de forma que este não é uma estrutura linguística narrativa mais elaborada em alguma medida, e nem o primeiro é uma versão científica rudimentar, da ciência entendida como ciência.

2.4 ASTRONOMIA CULTURAL

Os conceitos e os conteúdos – modelos, modelos explicativos, o problema cosmológico, cosmologias não-científicas e cosmologias científicas – até então trabalhados nas seções anteriores poderiam ser compreendidos, com uma certa medida de conforto, somente dentro da área da HFC. Entretanto, para enriquecer a discussão, principalmente ao tocante do aspecto cultural, pode-se fazer uso de outra área. Para entender a inserção dessa nova área é preciso retomar os objetivos da unidade temática CHU e lançar sobre eles um novo olhar.

- Conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, **segundo diferentes culturas**, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações.
- Identificar **diferentes formas** pelas quais os modelos explicativos do Universo **influenciaram a cultura e a vida humana ao longo da história da humanidade e vice-versa**. (BRASIL, 2002, p. 79, negrito nosso).

Os trechos destacados indicam que, por um lado (vice), parte dos objetivos desta unidade é discutir como a cultura e a vida humana (sociedade, política, economia, religião, entre outros fatores) influenciaram os modelos explicativos do universo. Alguns casos (limitando-se a história da astronomia ocidental) que podem ser levantadas sobre isso é o antropocentrismo dos primeiros modelos, as esferas celestes, a relação de harmonia nas órbitas planetárias, o universo infinito de Newton, a constante cosmológica e o universo estático de Einstein (DREYER, 1953; KRAGH, 2007) e outros exemplos que podem ser encontrados. Por outro lado (versa), outra parte dos objetivos desta unidade é discutir o impacto da astronomia na cultura. Isto é precisamente o cerne do campo aqui apresentado, a Astronomia Cultural. Cabe agora uma pergunta xeque: se existe uma área que estuda precisamente esse ponto,

por qual motivo não a usar? Evidentemente, cabe nesse uso todo o cuidado de transpor os conhecimentos desenvolvidos no contexto acadêmico para o ambiente da sala de aula.

Com um século completo desde os primeiros estudos quantitativos do campo da Astronomia Cultural (AC) ou Astronomia na Cultura, ainda se faz fundamental distinguir e explicitar as palavras que compõe o nome deste campo. Para alguém que lança um primeiro olhar sobre o nome do campo o confronto entre as palavras “astronomia” e “cultural/cultura” é inevitável. É possível apontar três questões envolvidas nessa relação (LIMA et al, 2014).

A primeira questão se concentra nas relações internas ao próprio campo da Astronomia, entende-se por isto a estrutura da Astronomia como ciência, seus objetos e suas pretensões. Estabelecida como uma disciplina da ciência natural, a Astronomia é tida como uma das mais antigas ciências já que observações periódicas ou no mínimo recorrentes, com algum nível de sistematização de objetos e fenômenos celestes eram realizadas por povos desde o período pré-histórico, a exemplo dos registros em ossos e varas de madeiras. Esses objetos e fenômenos correspondiam na fase inicial da Astronomia a aqueles presentes e/ou ocorridos na esfera celeste, como: planetas, estrelas e cometas; e em uma fase posterior, com o avanço científico e tecnológico: às galáxias, aglomerados estelares, buracos negros e à radiação cósmica de fundo. Assim, a atenção da Astronomia está voltada para a evolução, a física (estática e dinâmica), a química de objetos celestes, bem como a formação e o desenvolvimento do universo.

A segunda questão trata da distinção entre princípios e procedimentos dos campos da Astronomia e da Astronomia Cultural. Como ciência, a Astronomia apresenta em seu cerne uma miríade de métodos de investigação, que, a grosso modo, enfatizam o lógico e o quantitativo para, de uma maneira sistemática, identificar, classificar e analisar seus objetos de pesquisa, tratando-os como objetos em si mesmos e preocupando-se com medidas precisas para seus resultados. A AC irá utilizar uma “coleção de procedimentos” investigativos oriundos dos seus subcampos. Para entender melhor essa “coleção de procedimentos” cabe aqui um resgate da história de seu campo.

No final do século XIX e início do século XX, as pesquisas do arqueólogo Sir Flinders Petrie e do astrônomo Sir Norman Lockyer sobre possíveis orientações astronômicas em antigos monumentos deram início à discussão de uma metodologia

capaz de medir essas orientações. Essa metodologia envolvia o trabalho em campo (sítios arqueológicos), a associação dos alinhamentos dos monumentos megalíticos com os movimentos dos astros na esfera celeste e a estatística dessas ocorrências. Esses estudos foram a base da, até então, Astroarqueologia – termo cunhado pelo astrônomo Gerald Hawkins e difundido a partir de suas obras na década de 1960 – definida como o estudo dos princípios astronômicos empregados nas obras arquitetônicas. Em 1973, a Astroarqueologia sofreu um desenvolvimento conceitual em função da incorporação de considerações antropológicas, por conseguinte, a Astroarqueologia foi redefinida para Arqueoastronomia (astronomia antiga) (IWANISZEWSKI, 1994).

No decorrer do seu desenvolvimento a Arqueoastronomia passa a ter como preocupação, para além de alinhamentos e calendários, saber como a Astronomia afetou as sociedades pré-literárias e/ou de tradições orais e como elas observaram e registraram os fenômenos astronômicos. Essa preocupação leva ao desenvolvimento de um novo campo separado do primeiro, mas complementar, a Etnoastronomia.

Além das novas incorporações conceituais e de objetos de estudo nos temas, havia também uma discussão para determinar se a Arque e Etnoastronomia eram subdisciplinas de outros campos existentes, *e.g.* Arqueologia e Etnologia, ou se eram um novo campo interdisciplinar. Foi a partir das conferências e reuniões ocorridas nas décadas de 1980 e dos trabalhos de Aveni que os temas ganharam configuração de campo interdisciplinar (IWANISZEWSKI, 1994, p. 7; LIMA et al, 2014, p. 90).

Em um momento posterior, já com bases interdisciplinares consolidadas, a International Society for Archaeoastronomy and Astronomy in Culture (ISAAC) e a Société Européenne pour l’Astronomie dans la Culture (SEAC) utilizaram-se do termo “Astronomia na Cultura” para englobar ambos os campos, a partir de então, alguns pesquisadores também aderiram ao uso. No início da década de 1990, Clive Hugges e Stanislaw Iwaniszewski propuseram um novo termo, Astronomia Cultural.

Para Ruggles and Saunders²⁶ (1993, *apud* LIMA et al, 2014, p. 90) a Astronomia Cultural é definida como um campo de estudo que investiga as diferentes maneiras, nas quais culturas, tanto antigas quanto modernas, percebem os objetos celestes e integram eles em sua visão de mundo. Assim, o céu é visto como uma fonte

²⁶ RUGGLES, C. L. N.; SAUNDERS, N. J. Astronomies and Cultures. In: THIRD OXFORD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEOASTRONOMY, St. Andrews, UK, September 1990. **Papers...** Colorado: University Press of Colorado, 1993.

cultural de caráter mais cognitivo-simbólico. De acordo com Iwaniszewki, a Astronomia Cultural é definida como:

O estudo das relações entre o homem e os fenômenos astronômicos dentro do contexto cultural; se compõem de 4 subdisciplinas: a arqueoastronomia, a Etnoastronomia, a história da astronomia e a socioastronomia (IWANISZEWSKI, 1994, p. 19, tradução nossa.)

Desta forma, além da Arqueoastronomia e da Etnoastronomia também fazem parte do conjunto de disciplinas da AC e que completam o seu sentido a História da Astronomia e a Socioastronomia, esta última estuda os impactos dos fenômenos celestes e das descobertas astronômicas sobre o comportamento de uma coletividade. Outros autores como Anthony Aveni, Sharon Gibbs e Stephen McCluskey, em trabalhos anteriores, também consideravam a AC (em seus nomes anteriores) como parte da história da ciência e mais especificamente História da Astronomia (IWANISZEWSKI, 1994).

Lima et al (2014, p. 90-92) levanta alguns trabalhos nacionais, destacando o pioneirismo do artigo “Chuvas e Constelações – Calendário econômico dos Índios Desâna”, que tem sua importância ampliada por ter um índio Desâna como coautor. Seguido de vários trabalhos durante as décadas de 1990 e 2000. Posteriormente, a autora complementa que um dos primeiros relatos²⁷ relevantes sobre as etnias brasileiras foi o livro “Histoire de la mission des pères capucins en l’isle de Marignan et terres circonvoisines où est traicté des singularitez admirables & des moeurs merueilleuses des indiens habitans de ce pais” sobre os índios tupinambás, escrito pelo capuchinho Claude D’Abbeville, escrito em 1614.

Por fim, para finalizar a segunda questão, tem-se que até o momento não há um consenso formalmente estabelecido entre os pesquisadores sobre a fronteira da Astronomia Cultural. Enquanto alguns acadêmicos adotam uma denominação mais genérica, principalmente após a adoção da nomenclatura pelas instituições oficiais²⁸, e enquadram as subdisciplinas em um só campo, outros criticam esse amálgama e o classificam como inviável.

²⁷ Os relatos de viajantes (mesmo daqueles que não viajaram com esta função) foram uma das primeiras formas de se obter descrições e informações sobre sociedades primitivas. Evidentemente, esses relatos possuíam informações distorcidas, o que tornavam os relatos dos costumes da sociedade estudada mais exagerados ou fantasiosos.

²⁸ A IAU adotou o termo Astronomia Cultural em 2009.

Como exposto acima, o conjunto de subdisciplinas englobadas geram uma diversidade metodológica. Disto resulta, que para um determinado objeto a ser analisado como: monumentos, artefatos, sociedade, relatos, entre outros; uma ferramenta de investigação oriunda do subcampo relevante como Arqueologia, Etnologia, Sociologia, Linguística é requerida para tratar do problema. Por conseguinte, o trabalho específico de pesquisadores originários de múltiplas formações é necessário. Esse, ao menos, é um bom consenso para prática em torno da questão metodológica da AC.

A terceira questão, a qual este trabalho propõe que se faça uma reflexão aprofundada, trata da distinção dos modos de observar e compreender o mundo proporcionada por um lado pelas disciplinas acadêmicas e científicas e por outro, pelos saberes locais – aqueles produzidos por uma comunidade – e pelas visões de mundo – sistemas de conhecimento coletivo organizados culturalmente que orientam as relações e regras entre as pessoas e destas com o meio ambiente. Um equívoco que pode ocorrer sobre este ponto é entender a Astronomia Cultural como o próprio corpo de conhecimentos locais. A AC é uma área acadêmica, portanto, estruturada em procedimentos teóricos e metodológicos de caráter científico, que busca entender o saber elaborado e sistematizado por populações nativas a partir daquelas relações céu-terra que lhes são específicas. Isto significa que a AC não deve ser entendida como o corpo de conhecimentos locais sobre esses conteúdos, mas sim, o campo que trata academicamente de sua construção e desenvolvimento.

O parágrafo anterior declara a existência de dois sistemas de conhecimentos distintos, o científico (acadêmico) e o local. Na seção “Cosmologias” deste trabalho foi discutido o conhecimento mítico²⁹ e científico a partir de seus respectivos “modelos” provenientes. Contudo, é importante para entender a terceira questão posta acima desenvolver mais especificamente um pouco sobre essa distinção.

Segundo Lévi-Strauss (2011), as operações lógicas que sustentam o conhecimento científico e o conhecimento tradicional são iguais, isto ocorre porque ambos tratam da mesma unidade, como entender e agir sobre o mundo. Ainda de acordo com Lévi-Strauss o conhecimento tradicional opera com unidade perceptuais, no nível da sensação, enquanto que o conhecimento científico opera com unidades conceituais. Portanto, de acordo com esse autor, é o modo de operação destinado a

²⁹ O conhecimento mítico é em alguma medida integrado ao conhecimento tradicional.

distintas estratégias de aplicação que irá diferenciar esses dois saberes. Outra distinção entre o conhecimento científico e o conhecimento tradicional é quanto a abrangência de sua aplicação. Enquanto o primeiro pretende ser universal, *i.e.*, existe um paradigma vigente até que outro venha sobrepujá-lo, adotando uma visão kuhniana³⁰, o segundo, tem pretensão de ser local, sua validade é delimitada pela estrutura social e cultural vigente.

Quando considerado simultaneamente os múltiplos “locais”, um viés possível para manter a coerência é aproximar-se do relativismo cultural, ou seja, deve-se considerar que não há uma cultura ou sociedade privilegiada, o que leva, por conseguinte, a ausência de hierarquizações entre culturas e sociedades. Isto leva a reconhecer que a riqueza se apresenta justamente na variedade da cultura humana. Contudo, o relativismo não pode ocorrer de forma ingênua, afim de “normalizar a diferença” sem ser crítico, é preciso reconhecer o limite entre a diferença (diversidade) e desigualdade³¹.

Entendendo a produção do conhecimento como uma manifestação da cultura, no sistema cultural ocidental há ocorrências de uma hierarquização do valor teórico do conhecimento científico como superior às outras formas de conhecimento³². Esta é uma característica do cientificismo, uma posição extrema, que distorce a natureza da ciência e turva a compreensão da construção do saber de outras culturas. Um etnocentrismo exacerbado que não permite reconhecer o valor do outro.

É necessário, então, superar esse tipo de etnocentrismo, como condição para ter melhor compreensão de como, em outras culturas, estabelecem-se relações das pessoas umas com as outras, ou com outros povos, ou, ainda, com a realidade que as cerca. Desta perspectiva, portanto, não tem sentido analisar como outras culturas veem o céu, se restringirmos a ‘céu’ nossa própria concepção e construção astronômica. (LIMA, 2014, p. 93.)

A partir deste ponto é possível entrar em outra reflexão que é consequente desse problema. A classificação de sistemas culturais dos povos antigos como sendo “primitivos” ou “pré-científicos”, em sentido de estágio inferior. Em seu artigo, Iwaniszewski (2009) analisa uma sequência de sistemas taxonômicos que pretendem classificar o estágio do conhecimento astronômico de uma sociedade de acordo seu

³⁰ Ver Kuhn, 1997.

³¹ Ver Geertz, 1999.

³² É preciso tratar com cuidado a questão do valor teórico do conhecimento científico. Para se chegar a uma posição ponderada deve-se refletir sobre pontos como explicação científica, método (sistematização) e finalidade da ciência. Pontos que a Filosofia da Ciência ajuda a compreender.

nível de desenvolvimento. Dentre eles, o autor trata do sistema de Asger Aaboe, o qual será usado aqui para elucidar a questão. Aaboe diferencia dois níveis:

1. Astronomia pré-científica:
 - a) Nível menos avançado (“ a astronomia do agricultor e do pastor”) que consiste em nomear os objetos celestes proeminentes, distinguir entre estrelas fixas e errantes (planetas), a consciência de que a Estrela da manhã e da Tarde são o mesmo objeto, o descobrimento dos amanheceres helíacos e que os planetas, o Sol e a Lua não nascem e nem se põem no mesmo lugar do horizonte durante todo o ano, enquanto que as estrelas fixas mantem a estabilidade de seus pontos de nascer e pôr.
 - b) Nível mais avançado que consta do conhecimento dos ciclos combinados do Sol, da Lua e dos planetas; por exemplo, o ciclo de eclipses ou ciclo venusiano de 8 anos solares.
2. Astronomia científica. É o nível da descrição matemática de fenômenos celestes que é capaz de oferecer previsões com observações empíricas. A astronomia científica é a que oferece ao observador do céu o controle sobre as irregularidades que existem dentro de cada período celeste, de modo que um astrônomo não tem que sair e verificar seu cálculo por meio das observações (Aaboe³³, 1974, p. 21-23 *apud* Iwaniszewski, 2009, p. 29).

Iwaniszewski conclui sobre as taxonomias analisadas que “*são estáticas e não explicam os processos que conduzem de uma etapa a outra*” (2009, p. 29). Além disso, elas “*analisam somente o aspecto cognitivo sem explicar as causas que deram origem a tal ou qual desenvolvimento*” (2009, p. 29). A relação proposta tanto por Aaboe e pelos outros autores que o autor analisa é consequência de uma interpretação evolutiva³⁴, onde se considera as funções pragmáticas, desassociadas de valores simbólicos e culturais também ligados à dimensão espiritual.

2.4.1 Uma breve reflexão sobre Cultura

Assim como foi dito brevemente no início desta seção de umas das componentes do nome Astronomia Cultural, “astronomia”, na primeira questão, cabe agora, para finalizar o assunto, tratar brevemente da outra componente, “cultura/cultural”. Conceito que vem sendo tratado de forma indireta e como pano de fundo do que tem sido apresentado.

³³ AABOE, A. Scientific astronomy in antiquity. The Place of Astronomy in the Ancient World. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A, v. 276, p. 21-42, 1974.

³⁴ Escola evolucionista da Antropologia.

Como ocorre com outros conceitos muito amplos, por exemplo, energia e vida, o termo cultura não possui uma definição precisa, havendo mais um entendimento intuitivo de seu significado. Laraia (1999) em seu trabalho aponta várias definições de cultura realizadas por autores clássicos da Antropologia. Uma dessas definições foi a proposta por Edward Taylor³⁵, considerada a primeira definição formal, na qual cultura é tida como sendo o “*complexo que inclui conhecimentos, crenças, arte, moral, leis, costumes ou qualquer outra capacidade ou hábitos adquiridos pelo homem como membro de uma sociedade*” (1871, apud LARAIA, p. 14, 1999). Posteriormente, Laraia (1999, p. 20-24) faz sua própria definição, indicando a cultura como fator responsável pela distinção entre o ser humano e demais animais, em que a adaptação ao ambiente primitivo dependeria mais de processos de aprendizado do que instintivos, em outras palavras, sua capacidade de modificar a natureza e por esta ter seus costumes transformados.

Uma dificuldade que surge no estudo da cultura é falta de vestígios materiais de aspectos importantes dela como linguagem, organização social, religião, entre outros, devido às mudanças geracionais, por exemplo. É em cima dessas características que se apresenta a diversidade cultural. Um todo complexo inter-relacionado e integrado. Por isso, deve-se entender que o significado cultural do cosmos e dos corpos celestes se apresenta diferente para a cultura científica e para a cultura primitiva.

Refletir sobre a construção, a estrutura do conhecimento de uma sociedade e o modo como essa sociedade observa seu entorno e o mundo a partir da visão da cultura em específico é um exercício que se faz necessário para evitar (des)caracterizações e julgamento de valores provenientes da cultura na qual se vive, um etnocentrismo “negativo”.

Centralizando a ideia que vem sendo apresentada até aqui, tratar de diferentes sistemas de conhecimentos, em diferentes sociedades, quando estes deixam de ser ações restritas à mente e passam a atuar no social é tratar com a diversidade cultural. É dizer que além de “nós” existe o “outro” e este “outro” é diferente no modo de pensar, de se organizar, de se vestir, de se comportar, de fazer as coisas e não por isso é menos valioso. É em busca de conhecer o ser humano, nos seus vários aspectos, que está o cerne da Antropologia.

³⁵ TYLOR, E. **Primitive Culture**. Londres: John Mursay & Co., 1871.

Por fim, o que neste trabalho é chamado de “perspectiva antropológica da Astronomia Cultural” não é outra coisa, se não, em primeiro lugar, entender que o significado antropológico do termo cosmologia difere daquele entendido pela ciência exata, por isso a necessidade de se trabalhar com outros termos como cosmovisão, uma visão integradora entre o ser humano, em todas as suas esferas (física, mental, social, cultural, etc.), e o ambiente. Em segundo lugar, essa perspectiva é o deslocamento para o lugar do “outro” que a Antropologia realiza ao tentar entender como o “outro” vive, no papel que cabe à Antropologia dentro da Astronomia Cultural ao discutir a relação terra-céu. De acordo com Jafelice³⁶ (2010) esse exercício tem duas consequências fundamentais:

Por um lado, favorece o desenvolvimento de sentimentos de solidariedade, na medida em que o “outro” começa a ser visto como se fosse você mesma(o), um ser humano, e assim aumentam as possibilidades de empatia e de compreensão dos problemas e das soluções dos outros. Por outro lado, esse tipo de exercício faz com que, por contraste com outras formas de se ver o mundo e nele se estar, o sujeito comece a se conscientizar da própria forma de ver as coisas que sua cultura lhe imprimiu e das peculiaridades, limitações e possibilidades da mesma. (JAFELICE, 2010, p. 245).

No que se refere à unidade temática Compreensão Humana do Universo, as consequências apresentadas acima não diferem em essência daquilo esperado para esta proposta. Esse “deslocamento” é o exercício reflexivo que conduz, primeiramente, ao princípio de apreço à tolerância³⁷, no qual é fundamentado o ensino nacional, e, por último, ao conteúdo atitudinal da proposta didática deste trabalho. Portanto, um aspecto desse trabalho é apresentar como a diversidade cultural pode ser discutida por meio das bases curriculares educacionais (PCNs) a partir da Astronomia Cultural.

³⁶ Jafelice propõe uma educação denominada por ele de “abordagem antropológica”, que se fundamenta em uma epistemologia pluralista, seguindo um viés holístico, intercultural e transdisciplinar para educação, principalmente atuando na educação ambiental.

³⁷ Esse trecho se refere ao inciso IV do artigo 3º da LDBEN, exposto na subseção “Algumas carências no Ensino de Astronomia/Cosmologia”, no Capítulo 1, desta dissertação.

CAPÍTULO 3 – TRABALHO EM CAMPO E RESULTADOS

3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

O trabalho realizado tem como proposta a verificação da aprendizagem da temática CHU, desenvolvida de acordo com parâmetros específicos, por meio da aplicação de uma sequência didática em sala de aula e a validação da sequência em si. Assim, importa para esta pesquisa tanto o processo quanto o produto, no qual este ganha significância à medida que aquele se desenvolve. A sala de aula e os eventos nela ocorridos passam, portanto, a ser a fonte de dados para esta pesquisa. Tomando como base esse contexto e as características por ele proporcionado a abordagem qualitativa se torna o fio condutor desta pesquisa.

Dentre as metodologias possibilitadas pela abordagem qualitativa, foi escolhido o estudo de caso para estruturar a pesquisa realizada. De acordo com Lüdke e André (2012, p. 17) o estudo de caso é “*sempre bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo. O caso pode ser similar a outros, mas é ao mesmo tempo distinto, pois tem um interesse próprio, singular*”. Esta pesquisa tem como situação particular a aplicação de uma sequência didática específica, no contexto proporcionado por uma classe de nível médio do ensino básico de uma escola estadual.

Partindo da natureza dos dados, esta pesquisa se apresenta como documental e descritiva. A própria sequência didática é tomada como documento e as atividades produzidas pelos alunos a partir da aplicação dela constituem produções originais, portanto, fontes primárias de dados. Essa análise documental é assessorada pelas observações realizadas pelo pesquisador³⁸ – situado como “participante como observador” dentro do *continuum* do grau de revelação de seu trabalho, segundo Junker³⁹ (1971 apud LÜDKE; ANDRÉ, 2012, p. 29) – notas tomadas em diário de aula e transcrições das aulas filmadas. Tendo como critério a discussão proposta nesta pesquisa, as transcrições sofreram um recorte, no qual é evidenciado as falas dos(as) alunos(as) sobre as atividades e os conteúdos da SD. As transcrições seguiram as recomendações sugeridas em Preti (1999) e foram modificadas na etapa final a fim de seguir as normas brasileiras de escrita, para apresentação pública.

³⁸ O tipo de observação realizada nesta pesquisa não deve ser confundido com a técnica de observação participante, levando em consideração o grau de envolvimento e pretensões do pesquisador.

³⁹ JUNKER, B. H. **A importância do Trabalho de Campo**. Rio de Janeiro: Ed. Lidor, 1971.

Para análise dos dados foi utilizada a análise categorial trabalhada por Bardin (1995) em sua análise de conteúdo. Para realização desse tipo de análise faz-se necessário a divisão do trabalho em três fases cronológicas⁴⁰: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados.

3.1.1 O contexto da aplicação

A determinação da turma sobre a qual ocorreu a aplicação da SD começou a partir da escolha do professor, selecionado do grupo de professores participantes do curso de extensão universitária “Astronomia: uma visão geral”, oferecido pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Isto se torna relevante devido ao fato de que a turma a qual foi submetida a SD já tinha um contato prévio com a Astronomia, devido ao interesse e trabalho desenvolvido na área, pelo professor responsável. As aulas da SD foram ministradas pelo pesquisador com a presença do professor responsável durante a aplicação, em horário normal de aula.

A aplicação ocorreu na E. E. José Lins do Rego, situado no distrito de Jardim Ângela, Zona Sul, periferia da cidade de São Paulo. A escola conta com boa infraestrutura, possuindo acesso a sala de informática, quadra poliesportiva e merenda escolar. Além disso possui acesso a equipamentos audiovisuais, de informática, xerox e impressão.

Por indicação do professor responsável, a aplicação ocorreu em uma turma de primeiro ano do ensino médio, que, segundo o professor, estaria mais disposta a desenvolver a proposta da aplicação. A turma possuía 42 alunos com idade média de 15 anos. Seguindo o cronograma da aplicação, as atividades foram desenvolvidas em seis aulas, com duas aulas seguidas, por semana, durante o final de outubro e início de novembro de 2016.

⁴⁰ Mais detalhes da análise serão fornecidos na seção “Apresentação e análise dos dados”.

3.1.2 Bases para uso da Sequência Didática

A organização das atividades – escolha dos conteúdos, estratégias de ensino, instrumentos de avaliação – é uma das características principais da prática educativa. Para o ensino da unidade temática CHU e seus objetivos de aprendizagem foi escolhida a sequência didática como estratégia organizacional para o ensino. As sequências didáticas são “ [...] *um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos*” (ZABALA, 1998, p. 18). Baseado nesse caráter adaptável, com etapas passíveis de intervenção à medida que o mediador percebe o quão significativa uma atividade está sendo sob os educandos, e também pelo fato de que na SD o professor deve focar no processo de aprendizagem, o que está em harmonia com uma abordagem qualitativa, que essa estratégia de ensino foi escolhida.

Para validar a SD como estratégia de ensino e instrumento de pesquisa foi adotado o processo EAR (Elaboração – Aplicação – Reelaboração), que por meio de análise sistematizada e avaliações consecutivas de cada um dos elementos que constitui a SD, de seu contexto de aplicação e de seus resultados busca tornar válida sua elaboração tanto para promoção do professor quanto do processo de ensino-aprendizagem (GUIMARÃES; GIORDAN, 2013).

Ainda de acordo com os autores (2012, 2013) o processo de validação ocorre em três fases, cada uma possuindo elementos próprios. Na Elaboração ocorre o planejamento da SD, onde são definidos o conteúdo e a metodologia de ensino, a partir dos elementos: Título; Público Alvo; Problematização; Objetivo Geral; Objetivo Específico; Conteúdo; Dinâmica; Avaliação; Referência Bibliográfica e Bibliografia Utilizada. Na Aplicação ocorre a validação da SD por pesquisadores e ou por outros professores da escola, pela Coordenação, e também é quando acontece a intervenção na sala de aula. Na Reelaboração ocorre a investigação do processo de ensino realizado e a reestruturação da SD.

3.1.3 Elaboração da Sequência

A sequência didática aqui proposta, intitulada “Em um tempo, em um espaço”, segue o tema estruturador “Universo, Terra e Vida” e a unidade temática “Compreensão Humana do Universo” propostos pelos PCNs+ Física, tendo como público alvo estudantes cursando o ensino médio. A escolha dessa temática partiu das carências e potencialidades que a mesma oferece, ambas discutidas na introdução desta dissertação.

A elaboração dessa SD baseou-se nas orientações contidas em Zabala (2010), passando pelas etapas de definição do tema (origem do universo), do objeto a ser estudado (modelos explicativos do universo) e de como esse objeto pode ser aprendido (atividades da sequência). Para a realização desta última etapa, as aulas foram articuladas de modo a guiar o estudante por um processo de aprendizagem em que ele superasse obstáculos graduais a fim de estimular o ganho de competências.

A problematização partiu do problema cosmológico, apresentado historicamente na seção “O problema cosmológico”. Para que um problema seja capaz de promover novos conhecimentos para os(as) alunos(as), o professor deve se apropriar das concepções alternativas dos(as) alunos(as) para que ele as confronte ao longo da problematização e assim o problema ganha significação para os(as) alunos(as) (PIETROCOLA, 2001, p. 125-150).

O autor indica que mesmo que um determinado fenômeno, seu problema e solução seja conhecido tanto pelo professor quanto pelo(a) aluno(a), falta ao aluno(a) o conhecimento do contexto da articulação entre esses pontos dentro da teoria. Desta forma, a problematização se articula à HFC.

Podemos inferir, portanto, que uma das possibilidades de se considerar essa perspectiva de *problematização* está articulada ao uso da História e Filosofia da Ciência no ensino de física. Dessa forma seria propiciada a contextualização da origem, formulação e solução dos problemas mais relevantes que culminaram com a produção dos modelos e teorias, o que teria o potencial de explicitar e explorar o significado histórico dos problemas junto aos estudantes e, talvez por isso, permitir-lhes a apreensão das soluções dadas e o respectivo conhecimento produzido. (PIETROCOLA, 2001, p. 133-134, *italico do autor*).

Para transformar a problematização em prática, tendo em vista os objetivos pretendidos (geral e específicos), a SD contou com atividades que favoreceram o trabalho em grupo, a reflexão individual, a pesquisa, saber definir conceitos, entre

outros aspectos. Segunda Zabala (2010, p. 71-95) o ensino por competências para ganhar significação no processo de ensino-aprendizagem deve primeiramente partir das dimensões (social, interpessoal, pessoal e profissional) ligadas à realidade do(a) aluno(a). Para então, dessas dimensões, se extrair as competências gerais (saber, saber fazer e ser) até chegar em competências específicas, passando pelos conteúdos (conceitual, procedimental e atitudinal) relacionados a cada competência.

Buscando contemplar e valorizar a identidade nacional e a diversidade cultural nela encontrada que a escolha das narrações mitológicas contidas na atividade textual (Apêndice B: Apêndice B.2 – Tarefas para casa realizadas pelos(as) alunos(as) como “tarefa para casa” foi inspirada pela declaração da UNESCO (2002) e teve como base a lei nº 11.645, que altera a LDBEN para incluir no currículo oficial da rede de ensino a obrigatoriedade da temática “História e Cultura Afro-Brasileira e Indígena”, nos seguintes termos:

Art. 26-A. Nos estabelecimentos de ensino fundamental e de ensino médio, públicos e privados, torna-se obrigatório o estudo da história e cultura afro-brasileira e indígena.

§ 1º O conteúdo programático a que se refere este artigo incluirá diversos aspectos da história e da cultura que caracterizam a formação da população brasileira, a partir desses dois grupos étnicos, tais como o estudo da história da África e dos africanos, a luta dos negros e dos povos indígenas no Brasil, a cultura negra e indígena brasileira e o negro e o índio na formação da sociedade nacional, resgatando as suas contribuições nas áreas social, econômica e política, pertinentes à história do Brasil.

§ 2º Os conteúdos referentes à história e cultura afro-brasileira e dos povos indígenas brasileiros serão ministrados no âmbito de todo o currículo escolar, em especial nas áreas de educação artística e de literatura e história brasileiras. (BRASIL, 2008, p. 1)

Para fins de organização, a sequência contém dois núcleos: o núcleo não-científico e o núcleo científico. Ambos contemplam os saberes trabalhados, as categorias dos modelos estudados e englobam os conteúdos e as atividades desenvolvidas. Contudo, os conteúdos e as atividades realizadas em uma aula não pertencem exclusivamente ao núcleo onde se localiza essa aula, sendo os mesmos articulados e retomados a medida que a SD é aplicada.

O Quadro 2 abaixo, apresenta o planejamento das atividades pretendidas para cada aula, tarefas e avaliações.

Quadro 2 – Plano geral da sequência didática

Em um tempo, em um espaço				
	Aula	Descrição da atividade	Tarefa para casa	Avaliação
	01	Apresentação da SD. Representação do universo.		Participação nas atividades realizadas em sala de aula.
Núcleo não-científico.	02	Aula expositiva: Mito e Mitologia.	Análise de narrativas mitológicas.	Participação nas atividades realizadas em sala de aula.
	03	Aula dialogada: Cosmogonias, tempo e espaço. Astronomia Cultural.		Realização da atividade passada para casa. Participação nas atividades realizadas em sala de aula.
Núcleo científico.	04	Aula expositiva: Cosmologia.	Análise de artigo.	Participação nas atividades realizadas em sala de aula.
	05	Aula dialogada: Cosmologia, tempo e espaço. Discussão sobre cultura científica.		Realização da atividade passada para casa. Participação nas atividades realizadas em sala de aula.
	06	Debate sobre modelos. Delimitação da Ciência.	Síntese dos modelos apresentados.	Participação nas atividades realizadas em sala de aula.

Fonte: autor.

Finalmente, a SD tem como objetivo geral que o(a) aluno(a) possa, ao final de sua aplicação, dialogar sobre a origem e evolução do universo sob diferentes perspectivas, mítica e científica, respeitando as diferentes visões existentes. Além de saber analisar os modelos explicativos que tratam da problemática. O Quadro 3 apresenta os objetivos específicos para cada aula.

Quadro 3 – Objetivos específicos das aulas

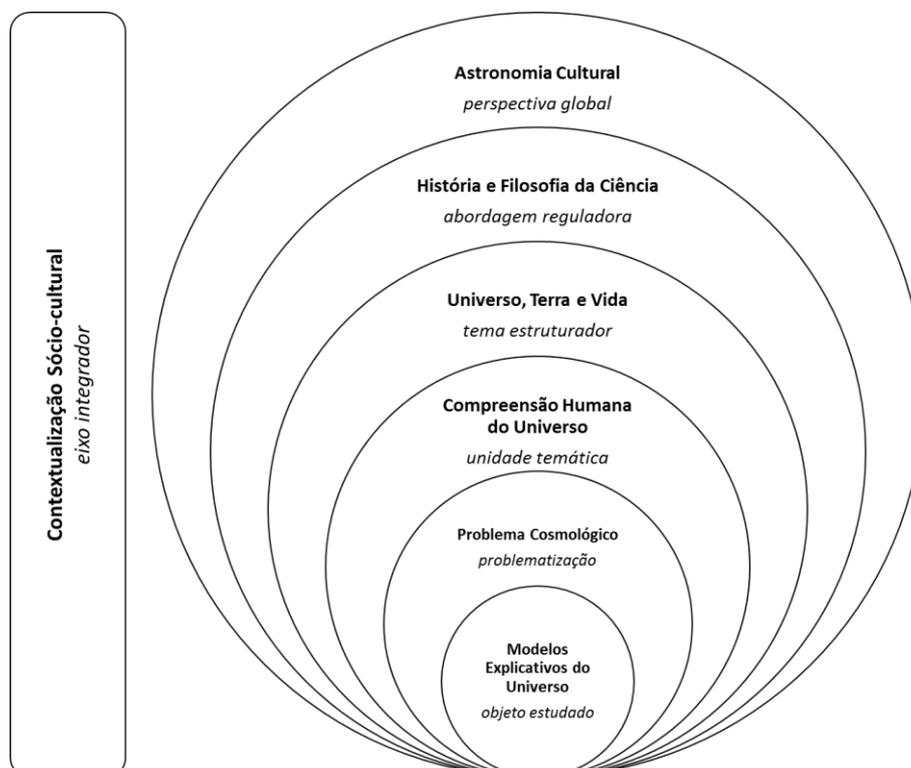
Aula 01	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a SD e seu cronograma; • Identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o problema cosmológico.
Aula 02	<ul style="list-style-type: none"> • Conceituar mito e mitologia; • Apresentar as características gerais dos mitos.

Aula 03	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir os impactos das narrações míticas nas sociedades e em suas culturas; • Mostrar a visão da Astronomia Cultural sob elementos históricos da Astronomia; • Apresentar a compreensão de tempo e espaço segundo a mitologia.
Aula 04	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar as características gerais da Cosmologia moderna e seu conceito.
Aula 05	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar as características gerais da Cosmologia moderna e seu conceito; • Discutir a compreensão de tempo e espaço segundo a ciência.
Aula 06	<ul style="list-style-type: none"> • Debater o problema cosmológico em diferentes modelos explicativos evidenciando as principais características e diferenças; • Delimitar a Ciência e seu campo.

Fonte: autor.

Após apresentar as bases da construção da sequência, que foram fundamentadas dentro dos PCNs+ Física, é importante revestir essa estrutura a partir do referencial teórico discutido anteriormente nas primeiras partes deste trabalho. Deste modo, a sequência didática “Em um tempo, em um espaço” ao seu final passa a ter sua organização orientada de acordo com a Figura 7:

Figura 7 – Organização dos elementos e do referencial teórico da sequência didática



Fonte: autor.

Em que os círculos internos são domínios pertencentes aos exteriores, o que neste contexto significa que são elementos estruturais (objeto, tema, abordagem e demais) precedidos pelo referencial adotado além de serem interconectados pelo eixo propício, como argumentado na subseção “Contribuições da História e Filosofia da Ciência à proposta”.

3.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Seguindo a proposta de análise de dados de Bardin (1995), na etapa de pré-análise foi realizada uma leitura geral dos dados coletados afim de estabelecer os possíveis caminhos de análise. Além disso, com o fim de validar a SD proposta nesse trabalho, foi escolhido como documentos a serem analisados as atividades (desenhos e questionários) produzidas pelos alunos. Na etapa de exploração do material, foram elaboradas as categorias de análise do material e realizada uma codificação aleatória para a classe⁴¹. Essa identificação e codificação para cada aluno e aluna permitiu acompanhar o desenvolvimento individual das atividades ao longo da análise.

3.2.1 Desenhos

A atividade de desenho⁴² realizada foi adaptada da atividade “Representações do universo” elaborada e trabalhada por Jefelice (2010, p. 109-114, p. 404-406). Ela tem por finalidade verificar os conhecimentos prévios por meio de uma expressão mais livre, o desenho, o que o aluno e a aluna compreendem por universo. Como o autor sugeriu, o(a) professor(a) não deve induzir como os alunos devem se expressar, apenas explicar o que eles devem fazer, deste modo, os desenhos se manifestariam como expressões mais diretas dos estudantes. Uma diferença importante na adaptação dessa atividade é em sua fase final, a narração da

⁴¹ Foi tomada como referência a lista de chamada da turma, em que cada aluno(a) recebeu uma codificação única. Esta codificação não corresponde a codificação realizada na transcrição da aula, uma vez que o pesquisador não conhecia a turma e era difícil identificar a quem pertencia uma voz. A codificação realizada na transcrição segue a ordem em que as vozes surgem, sendo realizada uma nova codificação para cada novo dia de aula.

⁴² Realizaram esta atividade 30 alunos(as).

estória, em que a própria construção da narração serve de subsídio para inserção do assunto da aula posterior, o mito.

As categorias estabelecidas para os desenhos foram pensadas quanto a ausência e presença de elementos imagéticos que estivessem claramente definidos quanto ao seu significado. Desta forma, os elementos que não puderam ter seu significado claramente compreendido foram classificados como “indefinido”. A seguir, o Quadro 4 apresenta as categorias elaboradas para os desenhos:

Quadro 4 – Categorias dos desenhos

	Elementos		Presença	Ausência	Indefinido
Corpos espaciais	o Sol		27	3	
	a Lua	Orbitando	5	20	1
		fora de posição	4		
	a Terra		4	26	
	Planetas		26	4	
	Espiraís		7	23	
	Cinturão		3	26	1
	Asteroides		3	27	
	Cometas		4	26	
	Satélites naturais		1	27	2
Buraco negro		2	28		
Estrutura espacial	Fundo de estrelas		21	3	6
	Planetas ordenados	sem linhas de órbitas	9	13	4
		com linhas de órbitas	4		
Características físicas do espaço		1	29		
Ação humana	Missão espacial		2	26	2
	Uso da Ciência		1	29	

Fonte: autor.

Jafelice (2010, p. 405), tendo como bases suas várias práticas com essa atividade, já indicava que os resultados dela apontariam para uma tendência de aparecerem elementos de um contexto científico astronômico com pouca presença de elementos espirituais e subjetivos. Isso aconteceria, segundo o autor, como um efeito da sociedade ocidental contemporânea, capaz de remover o elemento “ser humano”

da concepção de universo. Contudo, a aplicação dessa atividade em uma aula de ciência, no nível fundamental, ou das ciências disciplinares, no nível médio, pode ser contexto suficientemente capaz de induzir os(as) alunos(as) a expressarem suas crenças em termos científicos, portanto, inibindo expressões mais livres.

As figuras (Figura 8 e Figura 9) abaixo são exemplos de desenhos com poucos elementos e muitos elementos, respectivamente.

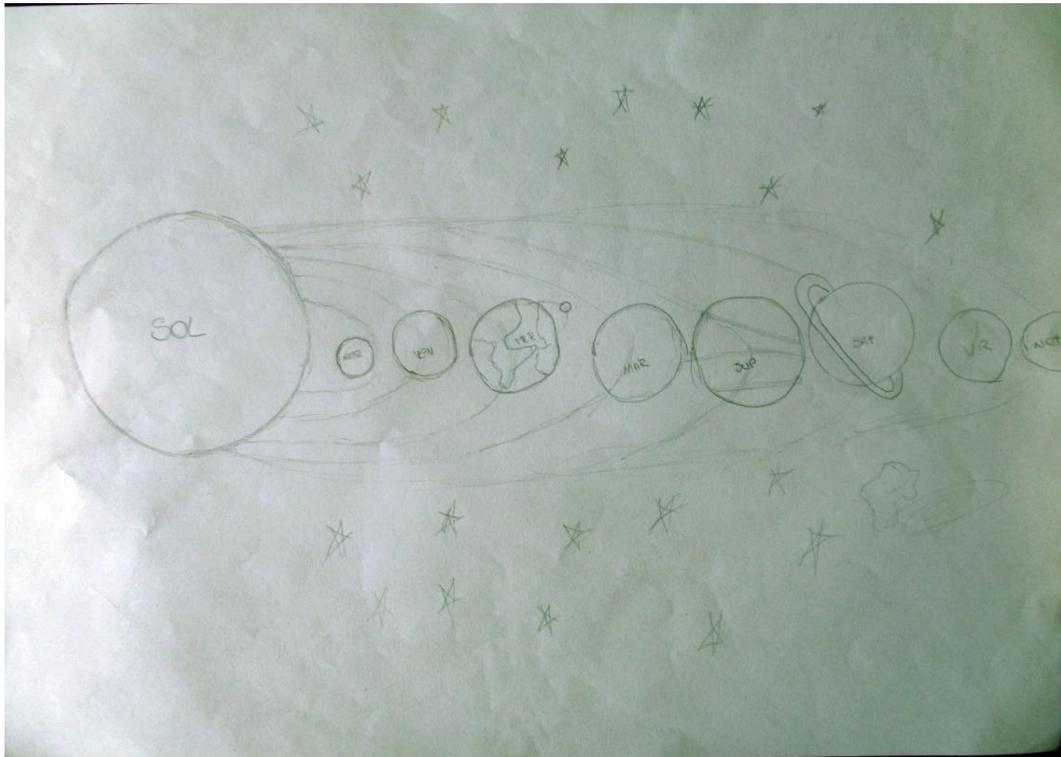
Figura 8 – Exemplo de desenho com poucos elementos⁴³



Fonte: Estudante A31.

⁴³ Desenho com os elementos: o Sol; a Terra; e fundo de estrelas.

Figura 9 – Exemplo de desenho com muitos elementos⁴⁴

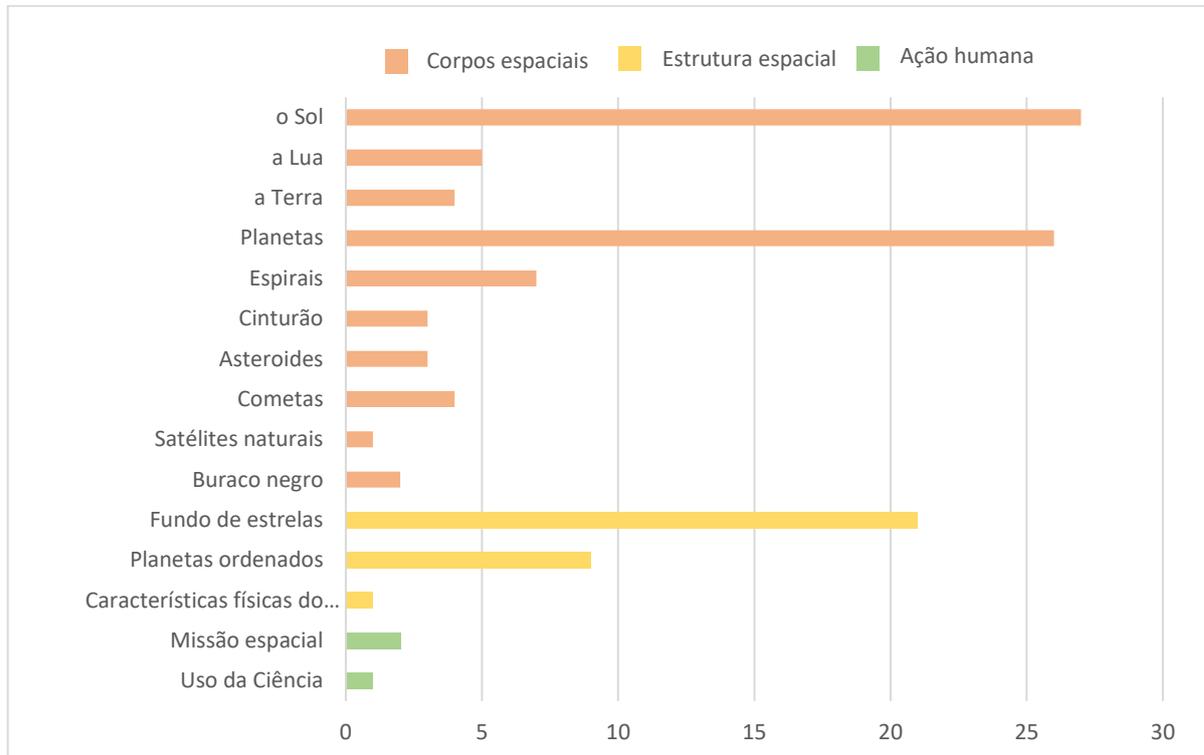


Fonte: Estudante A16.

Uma forma mais sucinta de apresentar os números do Quadro 4 é por meio do Gráfico 1, montado baseado somente na frequência dos elementos presentes.

⁴⁴ Desenho com os elementos: o Sol; a Lua; planetas; asteroide; espiral; fundo de estrelas; e planetas ordenados.

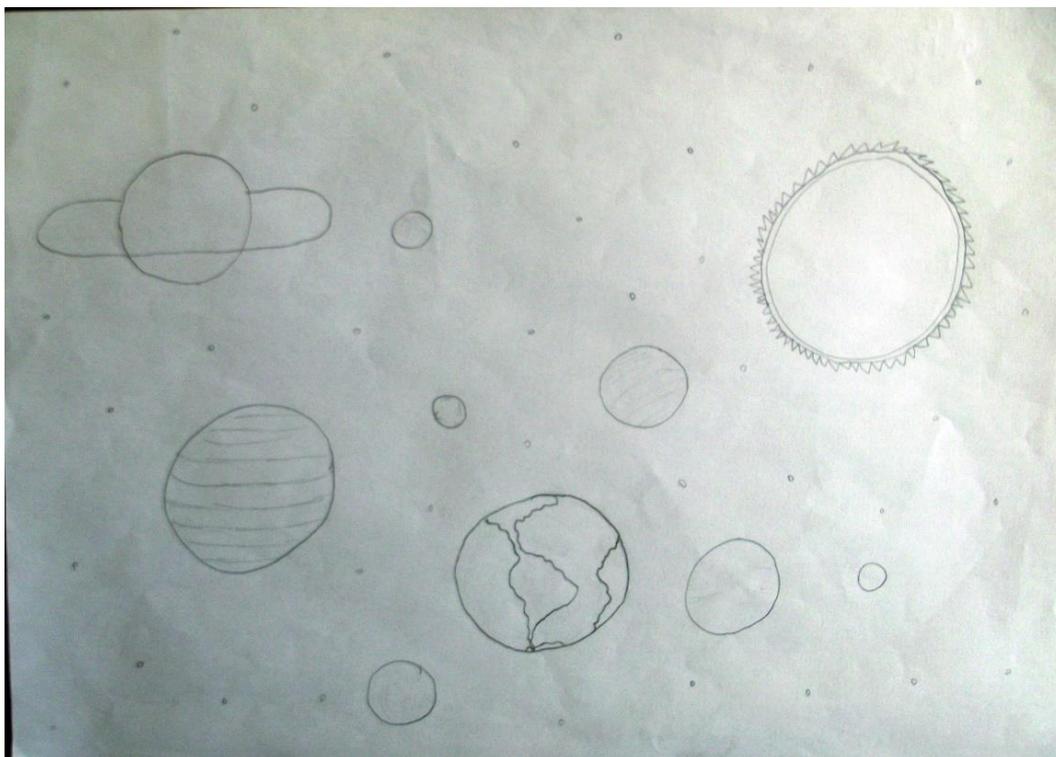
Gráfico 1 – Frequência dos elementos presentes



Fonte: autor.

O gráfico acima revela de forma mais clara a presença dos elementos mais frequentes nas expressões dos(as) alunos(as) dessa turma em suas representações do universo. Esses elementos são: o Sol, os planetas e um fundo de estrelas; que formam um panorama geral da concepção típica da turma, representado na Figura 10.

Figura 10 – Exemplo de representação com os elementos mais frequentes⁴⁵



Fonte: Estudante A36.

Esse panorama geral da representação de universo da turma se aproxima bastante do modelo cosmológico do Sistema Solar fundamentado ao longo da história da Astronomia, em que os elementos presentes na representação da turma se restringem a aqueles do Sistema Solar próximo (com um limite na órbita dos planetas mais externos). Sendo esta imagem, correspondente àquela imagem do modelo heliocêntrico⁴⁶, recorrentemente apresentada tanto pelo meio impresso voltado para o ensino, *e.g.* livros didáticos, quanto pelas mídias. Além disso, também é possível concluir que há um conhecimento limitado da estrutura do universo em larga escala, pois essa representação não vai além do Sistema Solar próximo e não inclui outras estruturas e objetos mais distantes.

⁴⁵ Desenho com os elementos: o Sol; planetas; fundo de estrelas; e planetas não ordenados.

⁴⁶ No ensino, a discussão sobre modelos de representação do Sistema Solar, geralmente, recai em uma comparação entre o modelo geocêntrico e o modelo heliocêntrico, destacando as diferenças e evolução do primeiro para o segundo. Contudo, mesmo em níveis superiores da educação básica, há uma permanência da representação simplificada do Sistema Solar, desconsiderando fatores como o centro de massa do sistema (que não coincide com o centro do Sol) ou até mesmo o sistema como caótico (quando possível discutir essa característica em sala de aula). Isto pode colaborar para uma visão simplista do Sistema Solar ou até mesmo o desenvolvimento de concepções alternativas sobre o assunto.

É possível constatar a inferência da formação desse panorama típico da turma por meio do trecho da transcrição abaixo, que representa um momento da aula (Apêndice A: Aula 03 e 04) que tratou sobre o modelo geocêntrico e o modelo heliocêntrico.

[01:05:38.02]	<p>P.P.: então... aqui tem dois modelos, modelo geocêntrico e o modelo heliocêntrico. Esse daqui, de certa forma... para vocês é um modelo cosmológico ou não? (...) É um modelo cosmológico? Não, sim. Por quê?</p> <p>Turma: ((sem respostas))</p> <p>A3: não entendi professor.</p> <p>P.P.: isso é um modelo cosmológico? Isso representa a estrutura do universo? Sim, não. Por quê?</p> <p>A3: aquele de lá não ((apontando para o geocêntrico))</p> <p>P.P.: esse não. Nenhum?... os dois. [Sim? Não?</p> <p>A5: [do universo não, do universo não.</p> <p>P.P.: como é que eram os desenhos feitos por vocês? Eram parecidos com isso? Sim ou não?</p> <p>Turma: [não.</p> <p>Turma: [sim.</p> <p>A5: eram sim.</p> <p>A4: era um pouco.</p> <p>P.P.: não necessariamente o círculo certinho ((as órbitas)), eu falo dos elementos presentes no desenho.</p> <p>A5: ahhh.</p> <p>Turma: sim.</p> <p>P.R.: para mim é.</p> <p>P.P.: sim?</p> <p>P.P.: o restante do lado da turma que ficou quieta, sim também? Não?</p> <p>A9: sim.</p>
---------------	---

3.2.2 Questionários

O questionário (Apêndice B: Apêndice B.3 – Questionários) foi aplicado em dois momentos: no início da SD (questionário inicial⁴⁷) – após a atividade de desenho a fim de evitar possíveis induções – para verificação de conhecimentos prévios; e ao término da SD (questionário final⁴⁸) para verificar possíveis mudanças ocasionadas pelo desenvolvimento dessa proposta de abordagem de conteúdo.

O questionário continha 9 questões abertas. A preferência por perguntas abertas é devido ao fato de que esse tipo de pergunta permite que o(a) aluno(a) expresse com suas próprias palavras as respostas. Assim, o nível de informação do(a)

⁴⁷ Estavam presentes 34 alunos(as).

⁴⁸ Estavam presentes 34 alunos(as).

aluno(a) é revelado, bem como podem surgir aspectos desconhecidos⁴⁹ para uma determinada pergunta. Uma desvantagem nesse tipo de pergunta é aparecimento de respostas vagas ou nulas.

Outra escolha feita com relação à elaboração das questões foi a opção por dividir os enunciados em mais de uma pergunta, evitando assim que os mesmos se tornassem longos e desestimulantes, além de possibilitar a análise separada do conteúdo do enunciado.

Certamente a temática proposta nesse trabalho não suscita perguntas simples de serem respondidas, exigindo habilidades⁵⁰ como reflexão, abstração, comparação, entre outras. Contudo, essas são habilidades esperadas para o nível de ensino médio e que o(a) aluno(a) as demonstrem em uma certa medida. Para facilitar a utilização dessas habilidades as perguntas são apresentadas de um grau maior de liberdade de resposta até um grau que exige repostas mais específicas.

As quatro primeiras perguntas tiveram um viés mais pessoal e buscaram levantar as opiniões dos(as) alunos(as) sobre o universo e sua criação, ou seja, tentaram perceber a “cosmovisão” da turma. As últimas cinco perguntas buscaram verificar o conhecimento dos(as) alunos(as) sobre as características dos modelos míticos e científicos, correspondendo aos objetivos mais específicos da SD. No questionário diagnóstico final foi acrescentada uma pergunta de auto-avaliação dos alunos sobre a SD.

Por meio da codificação da turma foi possível analisar as não-respostas (definidas, nesta pesquisa, nas categorias “não sei”, “em branco” e “inadequada”), identificando quais alunos e quantos se mantiveram nessas categorias na aplicação do questionário diagnóstico inicial e final. As categorias para cada questão surgiram durante o processo de pré-análise do material e foram estabelecidas na fase de exploração do material.

⁴⁹ Esses aspectos desconhecidos podem se revelar pontos-chaves a partir da interpretação qualitativa e a elaboração de categorias.

⁵⁰ Habilidades e competências para essa SD expostas na subseção “Contribuições da História e Filosofia da Ciência à proposta” e na seção “Metodologia de pesquisa”.

Questão 1 – O que é o universo para você?

Esta pergunta buscou verificar a concepção de universo do(a) aluno(a), podendo ter havido identificação tanto com elementos espirituais e de caráter subjetivo (elementos internos de caráter simbólico) quanto com elementos físicos e de caráter objetivo (elementos externos de caráter pragmático). Além disso, essa questão permitiu que o(a) aluno(a) expressasse em palavras sua concepção de universo, o que complementou a atividade anterior do desenho.

Quadro 5 – Inicial: Questão 1

			Quantidade
Identificação objetiva (física)	Lugar	dos corpos celestes	12
		Infinito	4
		Escuro	3
		Parte da galáxia	2
	Objeto	Conjunto de corpos celestes	4
		Planeta	2
Processo	Expansão	1	
Identificação subjetiva	Adjetivo	Inexplicável	4
	Pronome	Tudo	2

Fonte: autor.

Quadro 6 – Final: Questão 1

			Quantidade
Identificação objetiva (física)	Lugar	dos corpos celestes	12
		Infinito	5
		Escuro	2
		espaço e tempo	2
	Objeto	Conjunto de corpos celestes	5
Sistema Solar com galáxias		1	
Identificação subjetiva	Adjetivo	Inexplicável	4
	Pronome	Tudo	2
	Substantivo	Conjunto de coisas	1

Fonte: autor.

As categorias fornecidas pelos quadros revelam a continuidade da tendência da identificação objetiva do universo, em que se destaca o universo como uma estrutura espacial, o “lugar dos corpos celestes”. Contudo, aparecem agora elementos que indicam uma identificação subjetiva do universo, principalmente com a subcategoria “inexplicável”.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. A primeira resposta exprime essa identificação subjetiva e a segunda indica uma melhor formulação após a realização da SD.

A33 (inicial) – Pra mim o universo é algo misterioso, algo que não tem como não ficar curioso de saber como esteve ali, até onde ele vai eu realmente penso num lugar misterioso que não guarda só os planetas e as estrelas guarda algo mais profundo. Eu imagino que existe dimensões e outras coisas.

Eu adoraria vasculhar cada lugarzinho de lá descobrir mundos diferentes.

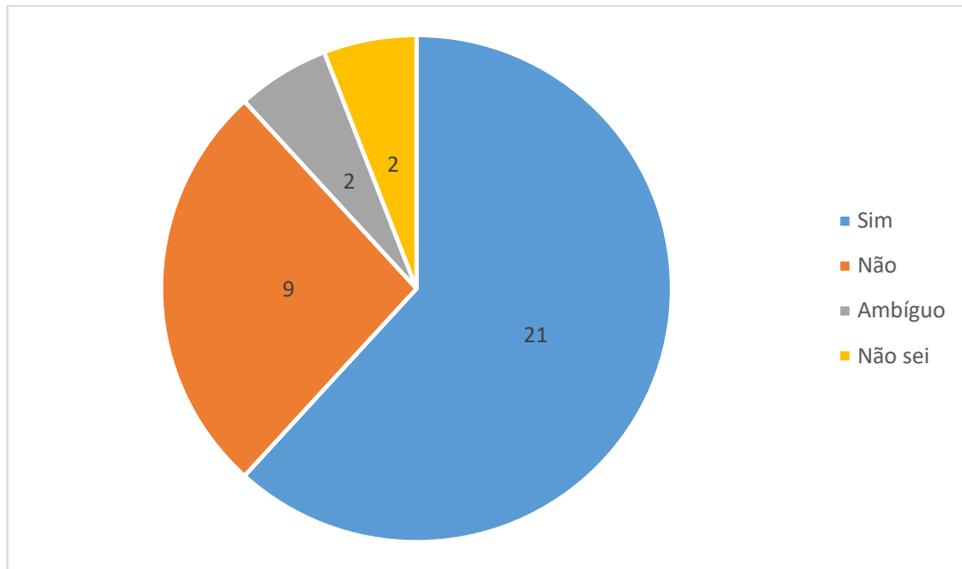
A25 (inicial) – É uma enorme expansão de estrelas, planetas, galáxias e cosmos. Para mim o universo é infinito.

A25 (final) – Um enorme espaço que vai se expandindo ao decorrer do tempo, e nele existem estrelas galáxias, vários tipos de massas, como a massa escura e energia escura.

Questão 2 – Podem existir vários universos?

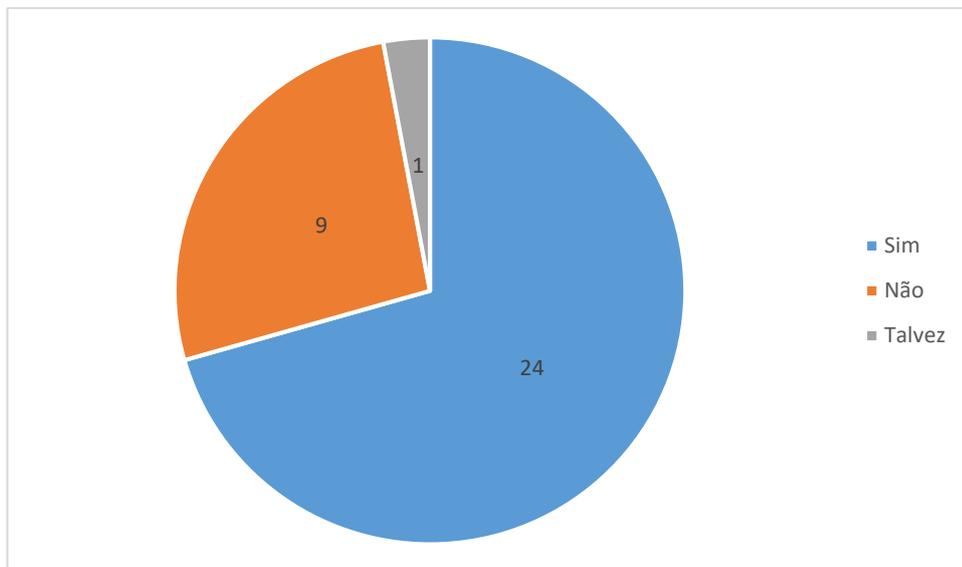
Esta pergunta complementa a anterior, verificando possíveis contradições e/ou uma confusão entre universo e realidade.

Gráfico 2 – Inicial: Questão 2



Fonte: autor.

Gráfico 3 – Final: Questão 2.



Fonte: autor.

Contrariando a expectativa original de maiores possibilidades de respostas e ideias expostas, essa pergunta acabou se tornando dicotômica.

Como observado nos gráficos, a maioria da turma acredita que possa existir vários universos. Uma vez que não houve uma melhor elaboração das respostas, não é possível atribuir a causa dessa opinião, mas é possível se ter algumas indicações a partir das próprias respostas dos estudantes.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. O resultado desta questão também aponta para uma deficiência na compreensão do universo em larga escala. A primeira resposta concorda com uma noção de totalidade do universo, as duas posteriores podem indicar as hipóteses de multiverso e múltiplos big bangs. Hipóteses que circulam no meio científico e são divulgadas pelas mídias.

A25 (inicial) – Na minha opinião, não. Pois o universo é enorme e infinito não teria como haver mais de um universo.

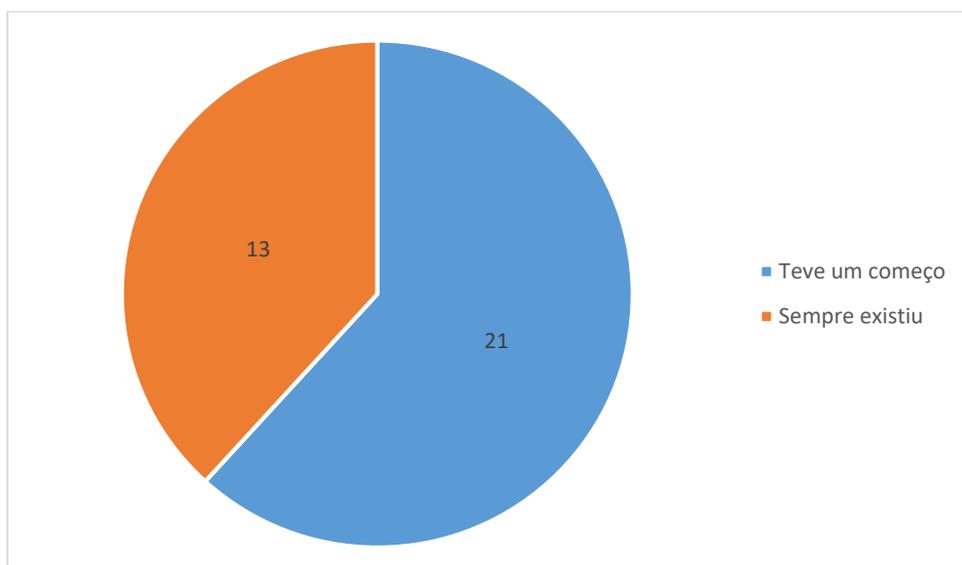
A1 (inicial) – Em algumas reportagens cientistas afirmam que de fato existem outros universos além do que conhecemos.

A16 (final) – Acredito que sim. Se viemos da expansão de uma partícula, porque não existiriam outras.

Questão 3 – Em sua opinião, o universo teve um começo ou sempre existiu?

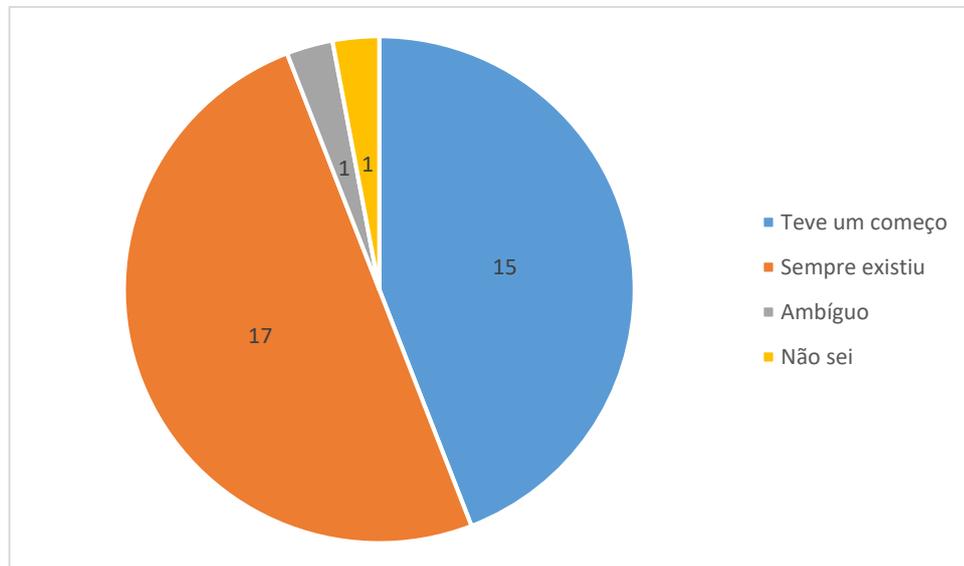
Esta pergunta fez uma primeira aproximação da resposta do problema cosmológico fornecida pelo(a) aluno(a), em relação a existência de uma origem.

Gráfico 4 – Inicial: Questão 3



Fonte: autor.

Gráfico 5 – Final: Questão 3



Fonte: autor.

Como na questão anterior, esta questão também se tornou dicotômica. Nota-se uma mudança de posição da turma entre um universo com origem e um universo eterno, em que no questionário diagnóstico inicial um número maior de alunos expressam acreditar que o universo teve uma origem e no questionário diagnóstico final esse número sofre uma queda. Além disso, surgem no questionário final respostas que situam os alunos em uma posição de dúvida.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. Ambas as repostas indicam universos eternos, a primeira indica um universo cíclico, portanto, eterno por indeterminação de começo, e a segunda destaca a origem para os objetos astronômicos.

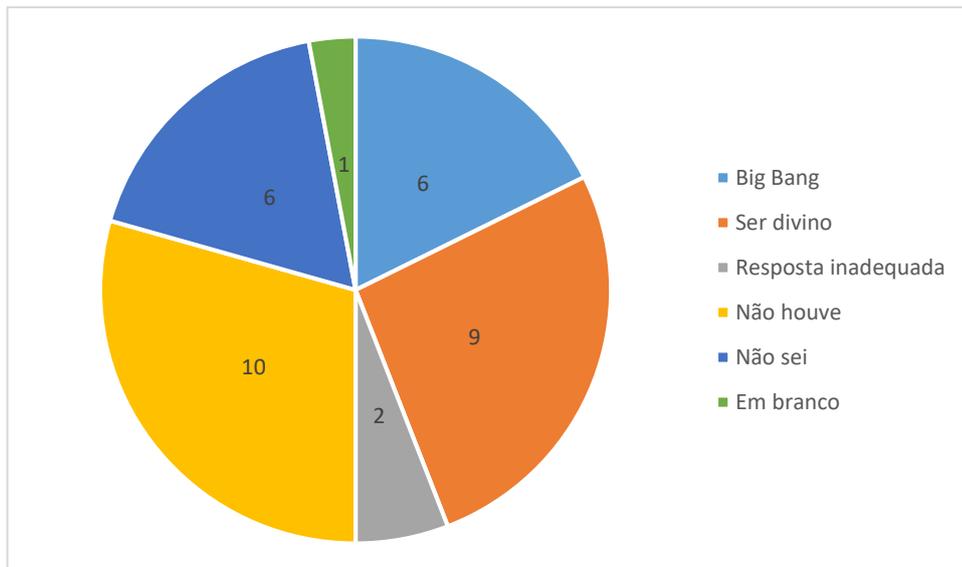
A32 (final) – Sim e acho que ele se renova.

A10 (final) – Sempre existiu, o que teve um começo foram planetas, estrelas, galáxias e outras coisas.

Questão 4 – Se houve um começo, como ele surgiu?

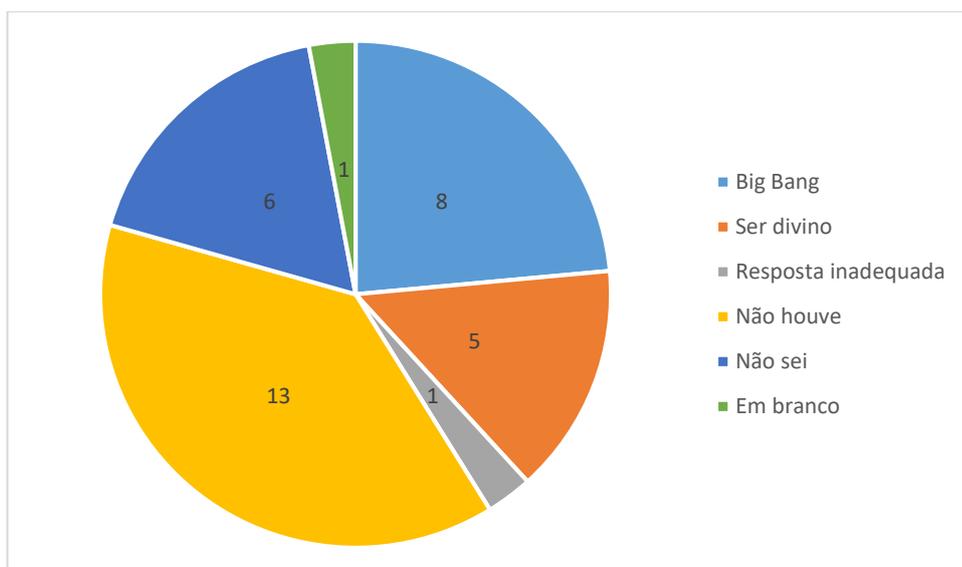
Esta pergunta complementou a anterior dando uma causa e processo ao problema da origem. Esta pergunta buscou verificar o que o(a) aluno(a) concebe como resposta do problema da origem, mote que problematiza todo o conteúdo da SD.

Gráfico 6 – Inicial: Questão 4



Fonte: autor.

Gráfico 7 – Final: Questão 4



Fonte: autor.

A comparação entre os gráficos revela que a maior parte dos alunos acreditam que não houve um começo para o universo. Para que aqueles que acreditam que houve uma origem, as opiniões se dividem entre a teoria do Big Bang e a teoria criacionista⁵¹. No questionário inicial, o número de alunos que atribuem a causa da origem a um ser divino é maior que o número de alunos que atribuem a causa da origem ao Big Bang, situação que se inverte com pouca diferença no questionário final. A análise das não-respostas indica que 3 alunos(as) não conseguiram responder à questão na aplicação inicial e final.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. Ambos os conjuntos de respostas demonstram nas respostas do questionário final uma postura de maior tolerância, que mesmo discordando com uma posição ou outra, aceitam sua possibilidade. As repostas desse questionário também indicam uma aquisição de conhecimento (diferentes modelos de compreensão do universo) em função das aulas ministradas.

A33 (inicial) – “Em branco”

A33 (final) – Talvez, estudos científicos dizem que teve uma explosão criou a galáxia isso foi a gravidade que era muito tensa, ela puxou tudo pra um unico ponto que hove a explosão.

Em questão religiosa Deus criou tudo.

Um dos modos esta correto de se pensar eu acredito no modo científico.

A8 (inicial) – Por Deus, pra mim ele criou o universo e tudo que à nele, pra mim ele criou tudo através do big Bang, é meio confuso mais é nisso que eu acredito.

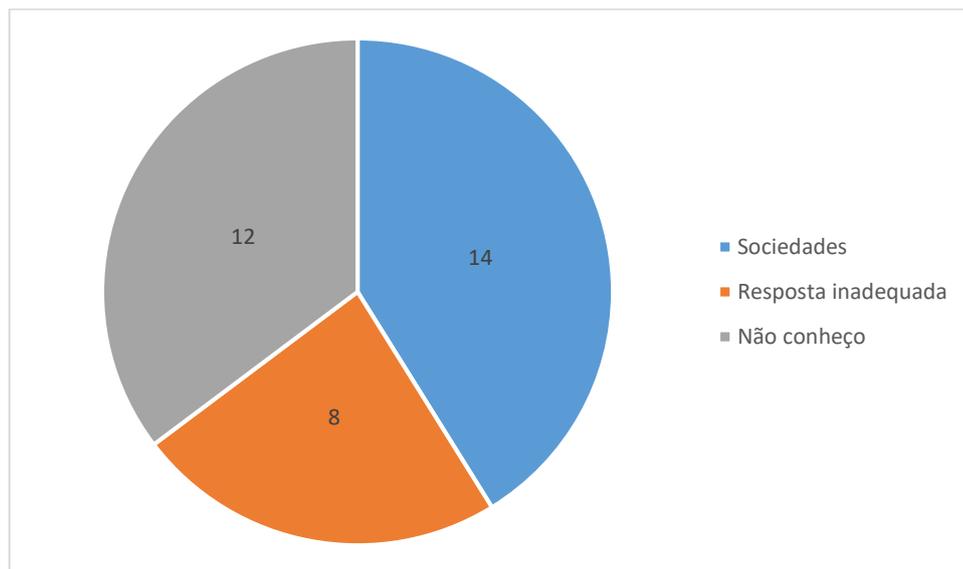
A8 (final) – Mesmo tendo vendo várias teorias, ainda acho que foi Deus quem o criou.

Questão 5 – Outras culturas, no passado e no presente, propuseram uma explicação para a origem do universo, comumente denominada mito por nossa cultura. Dê exemplos de culturas que fizeram isso, caso você conheça.

⁵¹ Não foi possível especificar a que crença pertence esse ser divino, pois não houve uma pergunta que buscasse saber a orientação religiosa/espiritual de cada aluno(a).

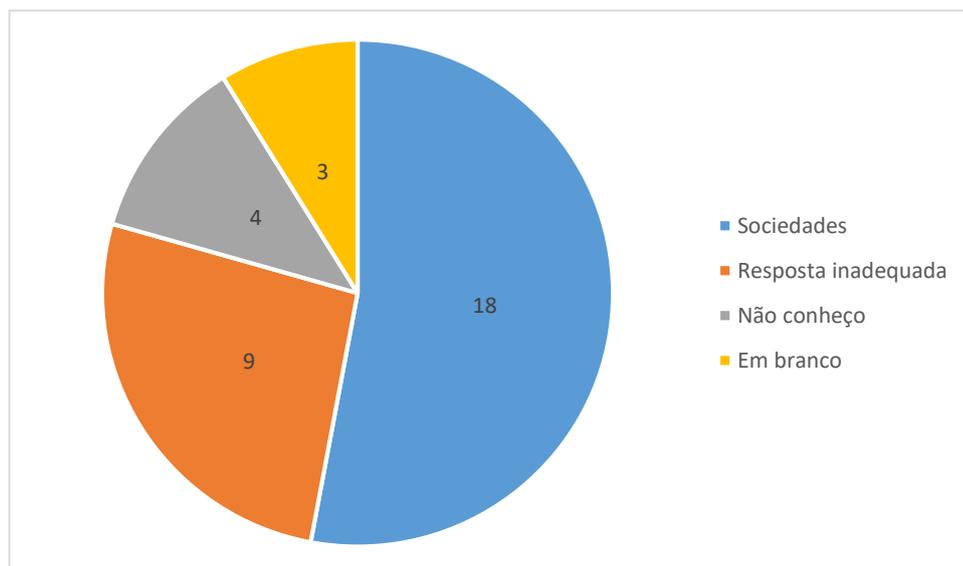
Esta pergunta buscou verificar se o(a) aluno(a) conhecia exemplos de outras sociedades que desenvolveram em suas culturas explicações de caráter mítico e/ou religioso para explicar a origem do universo.

Gráfico 8 – Inicial: Questão 5



Fonte: autor.

Gráfico 9 – Final: Questão 5



Fonte: autor.

Observando os gráficos acima é possível perceber que após a aplicação da sequência proposta, houve um avanço dos alunos em exemplificar sociedades que

utilizaram ou utilizam as explicações míticas e/ou religiosas sobre a origem do universo. Contudo, a quantidade de alunos que não compreenderam a pergunta e não conseguiram associar a pergunta com as próprias explicações encontradas nas tradições brasileiras é muito significativo. A análise das não-respostas indica que somente 6 alunos(as) não conseguiram responder à questão na aplicação inicial e final.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. Essas respostas representam a categoria “Inadequada” e revelam uma dificuldade de interpretação de enunciados. Em que, ao invés de ter citado uma ou mais sociedades, como pede a questão, o(a) aluno(a) comenta sobre a parte informativa do enunciado, o qual introduz a temática mito.

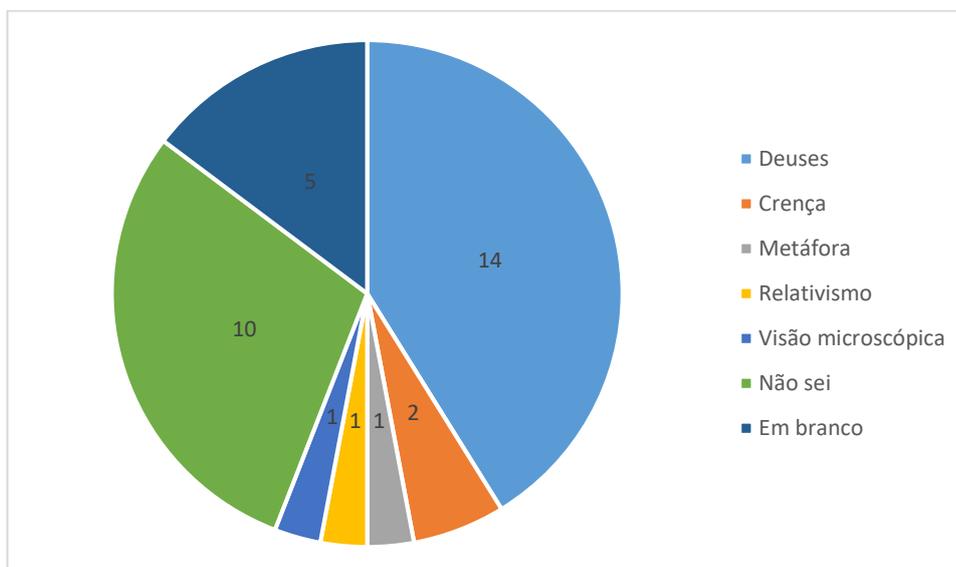
A19 (inicial) – Não tenho capacidade de opinar, mais muitas pessoa acreditam que foi um Deus quem criou e tambem tem pessoas acreditam que foi uma evolução.

A30 (final) – Há vários tipos de cultura que acreditam que Deus se criou e criou o universo. E outra acreditam em teorias (ou teoria própria), em mitologias de deuses.

Questão 6 – Quais as características dessas explicações?

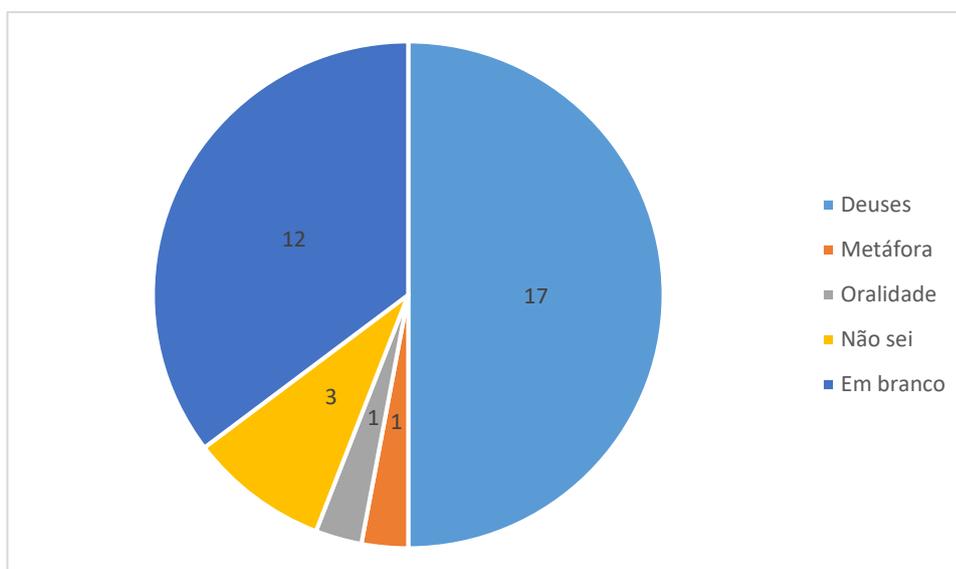
Esta pergunta complementou a anterior e buscou verificar o conhecimento do(a) aluno(a) sobre as características gerais (função, linguagem, elementos abordados) dos mitos de origem do universo.

Gráfico 10 – Inicial: Questão 6



Fonte: autor.

Gráfico 11 – Final: Questão 6



Fonte: autor.

Ambos os gráficos revelam que aproximadamente metade da turma foi capaz de citar ao menos uma característica das explicações mitológicas. Dessas características, a presença de um ser divino foi a mais relevante para a turma. A análise das não-respostas indica que 7 alunos(as) não conseguiram ou se recusaram a responder à questão na aplicação inicial e final.

Apesar do enunciado dessa pergunta se referir diretamente às características dos mitos de origem, um fenômeno que ocorreu recorrentemente foi que as repostas fornecidas diziam respeito a uma causa para a criação. Desse modo, em alguns casos as características foram extraídas indiretamente dos textos dos alunos.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. Essas respostas exemplificam o ponto mencionado acima.

A5 (inicial) – As características são que os povos falam que foi Deus que criou tudo.

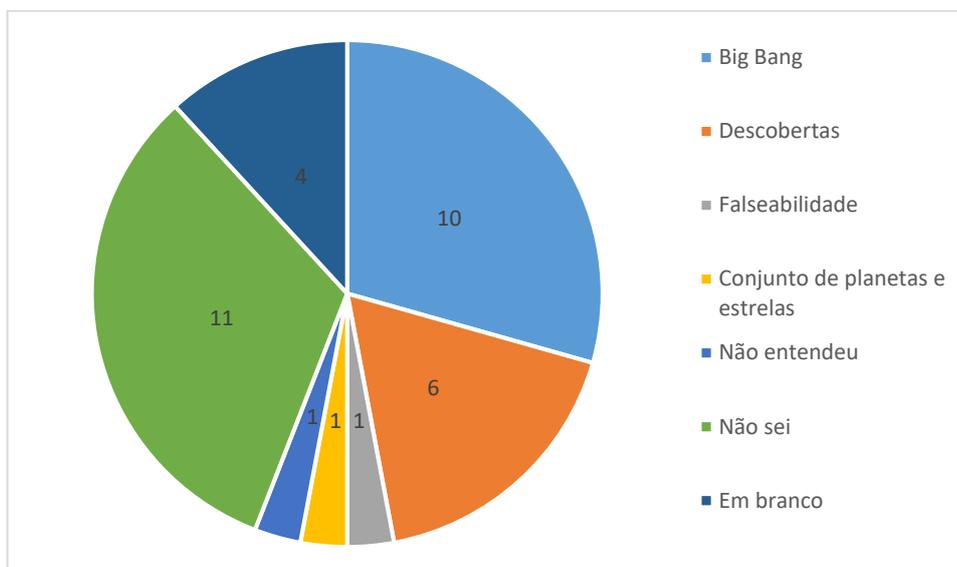
A25 (inicial) – que eles criavam suas próprias crenças relacionadas com aquilo que viam quando olhavam para o céu, por exemplo: pelo brilho das estrelas, que por sua vez, contemplavam, as colocavam como seus deuses.

A20 (final) – Elas acreditam que o universo teve início por causa de um Deus.

Questão 7 – Atualmente, a ciência propõe modelos físico-matemáticos para a origem do universo. Você pode indicar características desses modelos?

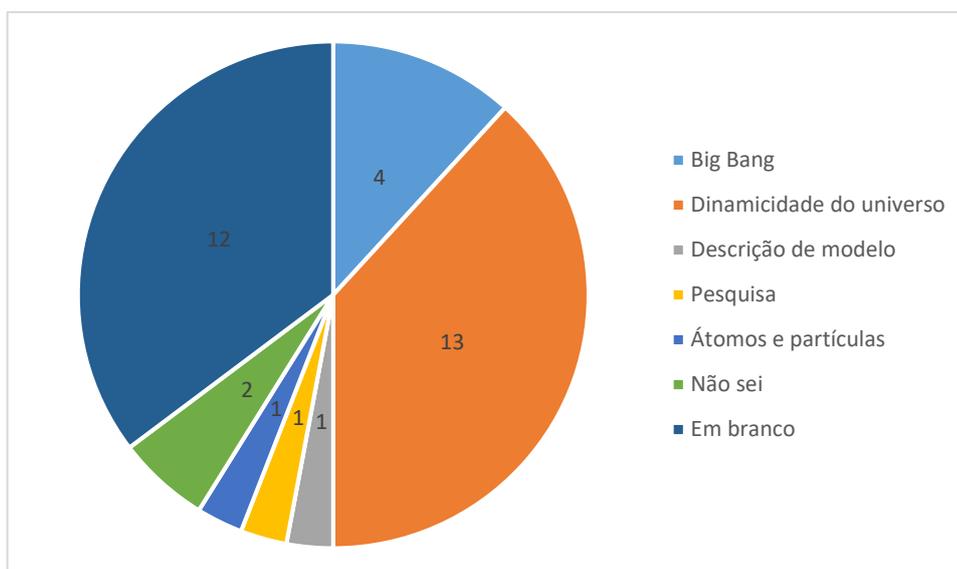
Esta pergunta buscou verificar o conhecimento do(a) aluno(a) sobre as características gerais (função, linguagem, elementos abordados) dos modelos científicos de origem do universo.

Gráfico 12 – Inicial: Questão 7



Fonte: autor.

Gráfico 13 – Final: Questão 7



Fonte: autor.

Os resultados desta questão revelam que, no primeiro momento, mais da metade da turma não soube responder satisfatoriamente à questão. Em que, como ocorrido na questão anterior, o próprio modelo do Big Bang é dado como característica dos modelos científicos e causa da origem do universo. No segundo momento, apesar de ainda permanecer respostas como no questionário inicial, a turma passa a dissociar a dinamicidade do Big Bang em si e entendê-la como uma de suas

características. A análise das não-respostas indica que 6 alunos(as) não conseguiram ou se recusaram a responder à questão na aplicação inicial e final.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. O primeiro conjunto de respostas revela uma dificuldade de interpretação, em que o(a) aluno(a) responderia uma pergunta do tipo: Explique a teoria do Big Bang?; além de evidenciar como, para esse(a) aluno(a), o Big Bang é relevante como explicação científica. Os conjuntos seguintes, indicam uma melhora na elaboração das respostas, posterior a aplicação da SD. O primeiro conjunto de respostas exemplifica um caso de dificuldade de interpretação. Contudo, esse conjunto também indica uma aquisição da noção de modelo. O segundo conjunto de respostas apresenta uma elaboração mais simples enquanto que o terceiro, uma elaboração mais complexa. O terceiro também aponta um ganho conceitual, no qual o(a) aluno(a) passa a identificar que houve mais de um modelo cosmológico, em que cada um possuía características próprias, para explicar o universo.

A9 (inicial) – O Big Bang deve ter ocorrido pela junção de pequenas partículas.

A9 (final) – O modelo de expansão é da teoria do Big Bang.

A13 (inicial) – Por trás de todas as descobertas há muita ciência para que tudo seja comprovado.

A13 (final) – Um ponto que se expande podendo voltar a sua origem com o tempo.

A25 (inicial) – Sim. Eles criam modelos astronômicos com todos os planetas do sistema solar, e as estrelas.

E até mesmo em planetários, isso é representado.

A25 (final) – Sim. Alguns modelos dizem que o universo está em constante movimento e outros que se contraem e se expandem novamente e ainda outros que não está em movimento.

Questão 8 – Quais as diferenças (estrutura, elementos e processo de formação, por exemplo) entre a visão mítica e científica acerca da origem e evolução do universo?

Esta pergunta buscou verificar se o(a) aluno(a) conseguiu distinguir, em primeira aproximação, as características gerais entre os modelos míticos e os modelos científicos, isto é, extrapolando, se ele(a) conseguiu distinguir o conhecimento mítico do conhecimento científico.

Quadro 7 – Inicial: Questão 8

		Quantidade
Sobrenatural X Natural	Ser divino X Natureza	4
	Magia X Realidade	2
Crença X Método		2
Valor	Mítica (falsa) X Científica (verdadeira)	1
	Uma certa outra não	1
Poder instrumental de observação		1
A pesquisa sobre a visão mítica e científica ensina sobre a evolução e a origem do universo		2
Para mim Deus criou o universo		1
Não sei		12
Em branco		8

Fonte: autor.

Quadro 8 – Final: Questão 8

	Quantidade
Ser divino X Natureza	11
Crença X Método	4
Poder instrumental de observação	1
Definição de estrutura	3
Não sei	2
Em branco	13

Fonte: autor.

Observando os quadros acima nota-se que as principais diferenças levantadas pelos(as) alunos(as) entre os modelos explicativos do universo é que no mítico existe a presença de um ser divino que intervém na natureza e que a validade desse modelo depende da crença. Por outro lado, no modelo científico a ordem natural é capaz de se auto organizar e este modelo é validado por meio de testes e métodos de verificação. Uma observação importante é aparecimento já nesta questão de uma categoria ligada ao valor entre um modelo e outro. A análise das não-respostas indica que 12 alunos(as) não conseguiram ou se recusaram a responder à questão na aplicação inicial e final.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. O primeiro conjunto de repostas se enquadra na categoria “Ser divino X Natureza”, ele revela uma persistência sobre a questão da causa de origem, enquanto a questão trata sobre característica gerais. Assim como no primeiro, nos demais conjuntos de repostas também não há uma alteração no teor das repostas entre os questionários diagnósticos. Esses conjuntos foram categorizados como “Crença X Método”, em que o valor da prova é ponto principal da diferença.

A24 (inicial) – Na mítica Deus criou o universo e a científica houve uma explosão.

A24 (final) – A mítica foi o que Deus criou e a científica foi a questão do Big Bang.

A15(inicial) – Porque a visão mítica é basicamente por magia e a científica é por algo que realmente existe.

A15 (final) – A Mítica é uma cultura, inventada para ter uma base de como tudo se criou e científica tem provas que pode ter existido.

A16 (inicial) – Visão mítica acredita em algo baseado em nada e evolução do universo acho que é baseado em fatos e pessoas.

A16 (final) – A diferença é clara entre ciência e religião. Na religião as pessoas acreditam em um ser sobre natural e depositam toda a culpa e fé nele, não buscam explicação igual a ciência – que sempre explica o porque através da lógica.

Questão 9 – Sobre a questão anterior, as duas explicações são válidas? De que modo? Explique.

Esta pergunta buscou verificar a postura do(a) aluno(a) com relação a posicionamentos “distintos” e se existe alguma valorização de um em oposição do outro. Portanto, essa é a pergunta ligada ao conteúdo atitudinal da SD proposta.

Quadro 9 – Inicial: Questão 9

		Quantidade
Sim	Se a ciência validar os mitos	5
	Válidos em seus domínios	3
	Depende da crença pessoal	1
	Estudiosos de suas áreas encontram justificativas	2
	Mítico sem instrumento de observação	1
	Big Bang faz sentido, mas acredito em deus	2
Não	A ciência se baseia em evidências	2
	Sem explicação	2
Não sei		7
Em branco		9

Fonte: autor.

Quadro 10 – Final: Questão 9

		Quantidade
Sim	São comprovadas	3
	Válidos em seus domínios	4
	Tem a mesma finalidade	1
	Mas acredito em Deus	1
	Mas acredito na ciência	1
Não	a científica tem mais sentido	6
	acredito na mítica	1
	Sem explicação	2
Não sei		3
Em branco		12

Fonte: autor.

De uma maneira geral, a posição da turma, em ambos os questionários, permanece dividida entre aceitar as duas formas de explicação como válidas e aceitar somente uma forma. Aqui deve se ressaltar que os alunos transmudam a forma de explicação mítica em religiosa. Detalhadamente, ao se observar as subcategorias obtidas no Quadro 9 nota-se um número maior de repostas confusas e/ou contraditórias dadas a essa questão, em que a validade de um ou outro modelo é tomado com base na opinião do(a) aluno(a). Por outro lado, após a aplicação da SD as posições dos(as) alunos(as) se tornam mais claras. A análise das não-respostas indica que 9 alunos(as) não conseguiram ou se recusaram a responder à questão na aplicação inicial e final.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes. O primeiro conjunto de respostas se aproxima da resposta ideal esperada para esta questão. No segundo e no terceiro conjunto de repostas, apesar dos(as) alunos(as) conservarem suas opiniões, há uma mudança de postura em aceitar a existência de outros modos de pensar. O quarto conjunto de respostas indica uma melhor elaboração do próprio pensamento do(a) aluno(a).

A25 (inicial) – Sim. Pois nós vemos isso no nosso cotidiano, cientistas cada dia descobrem uma coisa nova do universo, e isso mostra o quanto eles estudam e analisam o universo.

E o caso dos mitos sobre ele representa como as pessoas tanto no passado como atualmente, tem seu ponto de vista sobre o universo, criando assim suas teorias, tanto nas crenças de sua extensão e existência de outros seres.

A25 (final) – Sim. Elas afirmam como diferentes modos de pensar sobre a existência do universo mostram quão vasto é o conhecimento que existe nele, e que ainda há de ser estudado e também como os mitos influenciam no mundo atual.

A26 (inicial) – Talvez, a teoria que universo surgiu através do Big Bang faz sentido, mas acredito que foi Deus que deu origem ao universo.

A26 (final) – Depende do ponto de vista... cada pessoa acredita no que quer acreditar.

Eu particulamente, acredito na Teoria em que Deus deu origem a tudo.

A15 (inicial) – Na minha opinião apenas o big bang pode realmente ter acontecido, pois foi baseado em quase fatos, já o mítico é mais como invenção.

A15 (final) – São válidas, pois mesmo que algo inventado, ou não, cada uma tem um modo de se validar.

A28 (inicial) – Sim, se a pessoa descobri a ciência você pode achar válida.

A28 (final) – Não. A científica tem mais sentido.

3.2.3 Análise aprofundada

Por meio da codificação da turma é possível superar a característica dinâmica que a sala de aula possui com relação a variação de alunos presentes. Fazendo um recorte na quantidade total de alunos e contabilizando somente aqueles que estavam presentes em todas as aulas⁵² ao longo da aplicação da SD proposta é possível fazer uma análise mais verdadeira das mudanças que podem ter sido proporcionadas pela aplicação da sequência.

Tomando como base esse novo grupo de alunos(as), as tendências e mudanças apresentadas na subseção anterior para cada questão são ratificadas, ou seja, desconsiderado(a) os(as) alunos(as) que não realizaram todas as atividades, as tendências e mudanças para cada questão permanecem as mesmas que foram apresentadas na discussão anterior, questão por questão.

Em uma análise geral das não-respostas, comparando, para cada questão, a quantidade total de não-respostas nos questionários inicial e final com a quantidade de não-respostas dadas pelos alunos(as) que permaneceram nessa categoria em ambos os questionários, percebe-se que o número de não-respostas reduz, aproximadamente, para metade ou inferior de seu total. Ainda é possível concluir que o primeiro grupo de perguntas, as pessoais, praticamente não tiveram não-respostas, ao contrário do segundo grupo de perguntas, as específicas. Isto pode indicar que os alunos se sentiram mais livres para responder perguntas que emitissem opiniões e que não tivessem compromisso com a precisão da resposta.

Ainda tomando como base o grupo “filtrado”, outro caminho para aprofundar a análise é correlacionar as atividades realizadas. Para isso, foi correlacionado a

⁵² Estavam presentes em todas as aulas um total de 28 alunos(as).

atividade de desenho com as quatro primeiras questões e estas correlacionadas entre si. Como as últimas cinco questões levavam a um resultado mais direto, pois eram mais específicas, não foi estabelecida uma correlação com estas últimas.

A apresentação do resultado da atividade dos desenhos sugeriu à primeira vista que a turma possuía uma concepção completamente objetiva do universo, contudo, quando o teor dessa atividade passa a ser escrito, questão 1, surge os primeiros indícios de uma identificação subjetiva e aos poucos, pistas do posicionamento espiritual da turma se revela à medida que aparecem nas categorias das questões 4, 8 e 9.

O resultado da questão 2 leva por si só o leitor a um questionamento: por que a maioria dos alunos acreditam que haja mais de um universo, mesmo após a aplicação da SD? Em que eles se basearam? As repostas dadas como exemplos pelos(as) alunos(as) A1 e A16 fornecem direções possíveis: o poder que a mídia tem de gerar informação no público e a curiosidade ingênua que necessita passar por uma criticidade afim de se tornar uma curiosidade epistemológica⁵³. Além dessas possibilidades, há também indicativos de que não há uma compreensão clara da estrutura em larga escala do universo, identificando o mesmo como sendo parte da galáxia ou uma galáxia ou igualmente com o Sistema Solar. Assim, sendo o universo uma parte e existindo várias partes, logo, existem vários universos. A resposta à questão 1 a seguir é dada como exemplo desta argumentação.

A9 (inicial) – O universo para mim é uma pequena parte da galáxia.

Ao comparar a questão 2 com a questão 1 aquelas perguntas se tornam ainda mais intrigantes. Se a maioria das repostas da questão 1 fossem do tipo subjetiva, algo como: meu universo é aquilo que tenho como referências na minha vida; estaria de acordo com a existências de vários universos, pois a concepção de universo estaria ligada a aquilo que é pessoal, mas como a maioria das concepções da turma está ligada a uma identificação com o objetivo, as causas para esse multiverso devem estar ligadas também a aquilo que é físico, isto é, material. Assim, torna-se importante saber quando separar as dimensões subjetiva e objetiva sobre a compreensão do que seja o universo. Para a Cosmologia moderna, como ciência, o universo é um universo

⁵³ Ver Freire, 1996.

físico, em distinção das cosmogonias e cosmovisões que além do aspecto físico objetivo lidam com dimensões subjetivas.

De acordo com os resultados da questão 3, após a aplicação, as opiniões da turma flutuaram em torno da média entre acreditar que o universo teve uma origem e que o universo é eterno. Para aqueles que acreditam que o universo teve uma origem, questão 4, há uma indecisão entre o criacionismo e o Big Bang, não excluindo o fato de que pode se atribuir a causa do Big Bang a uma ação divina.

Tomando a questão 4 contra a questão 1 é possível fazer um cruzamento entre a concepção objetiva/subjetiva e a causa da origem Big Bang/criacionista. Nesse cruzamento existem alunos(as) posicionados nas intersecções: Big Bang como causa de origem do universo e tem uma concepção subjetiva do mesmo; alunos(as) que acreditam no criacionismo como causa de origem do universo e tem um concepção objetiva do universo; e alunos(as) que acreditam no Big Bang como causa de origem do universo e tem um concepção objetiva.

As respostas dos(as) alunos(as) indicam possíveis posturas entre o relacionamento adotado pelas pessoas entre religião e ciências. Barbour (1990⁵⁴, *apud*. HENRIQUE, 2011, p. 136-141) discute essa relação e propõe quatro categorias que englobam, mas não esgotam, as posturas adotadas, são elas: conflito, independência, diálogo e integração. As duas primeiras tendo como principal característica as diferenças entre religião e ciência e as duas últimas, as semelhanças.

Apesar dos questionários terem como assunto principal os modelos explicativos do universo mítico e científico, o teor das respostas, como esperado, recaiu também sobre o aspecto espiritual e religioso. Cassirer (1998a) expõe que, apesar de mito e religião serem formas distintas, existe uma linha tênue que difere uma da outra, devido ao modo como estas percebem os signos.

⁵⁴ BARBOUR, I. **Religion in an age of science**: The Gifford lectures, 1989–1991. San Francisco: HarperCollins, 1990.

CAPÍTULO 4 – ESCATOLOGIA DA PROPOSTA DIDÁTICA

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

O trabalho apresentado buscou fornecer subsídios teóricos e metodológicos para o planejamento de aulas direcionadas para a unidade temática “Compreensão Humana do Universo”, que foi referida nos PCNs+ Física, a partir de uma abordagem histórica-filosófica e pela perspectiva antropológica que a Astronomia Cultural fornece, isto é, reconhecer a validade de outros modos de conhecimento a partir de suas próprias estruturas. Para transformar essas discussões teóricas em ação foi elaborada uma sequência didática, intitulada “Em um tempo, em um espaço”, na qual seu objetivo está em harmonia com o objetivo geral deste trabalho.

Este trabalho começou apresentando o contexto de surgimento da temática e sua necessidade de ser trabalhada, principalmente, em função dos poucos trabalhos feitos e discutidos no Brasil sobre o assunto. Em seguida, foi explorado como a História e Filosofia da Ciência pode contribuir para o ensino da temática, em que se destaca: a promoção da Ciência como uma construção humana e, portanto, modificada por ela; a delimitação da Ciência; e a discussão da natureza da Ciência. Também foi demonstrado como a abordagem da HFC está em sinergia para se desenvolver as competências e objetivos de aprendizagem aprendidos.

Para auxiliar o desenvolvimento da CHU foram discutidos ao longo do capítulo 2, de forma a seguir um fluxo de ideias (Figura 2) os conceitos chaves apresentados na temática. O primeiro conceito discutido foi o de modelo, em que no final da seção foi indicado que os PCNs+ Física entendem os modelos explicativos do universo a partir de uma interpretação mais livre do conceito de modelo, ou seja, aquelas construções elaboradas com a finalidade de explicar. O segundo conceito discutido foi o de problema cosmológico, indicado como um conjunto de questionamentos humanos na tentativa de compreender o universo. Em que cada questionamento em si poderia levar a um novo. O terceiro conceito discutido foi o de Cosmologia, no qual foi inicialmente apresentado um significado genérico, o estudo do universo e, posteriormente, conceitos específicos dentro das classificações propostas, cosmologias não-científicas e científicas. Cada modelo foi caracterizado de acordo com seu sistema de conhecimento de origem. No final dessa seção foi argumentado da impossibilidade de adotar um único ponto de vista para comparar ambos modelos. O quarto conceito discutido foi o de Astronomia Cultural. Nesta seção apresentou-se os problemas metodológicos e de definição do campo. Além disso, mostrou-se como

a área colabora para o desenvolvimento da temática CHU e por último, que o que é entendido por “perspectiva antropológica” é postura de assumir o lugar do outro em sua cultura.

O capítulo 3 desta dissertação tratou do trabalho realizado em campo e os seus resultados. A elaboração e organização da SD foi fundamentada na proposta e orientações de Guimarães e Giordan (2013) e Zabala (1998, 2010). O aspecto de flexibilidade característico de uma sequência didática se mostrou fundamental durante a etapa de aplicação, à medida que a mesma se adequava à turma. Sobre isso, um fato de destaque que ocorreu foi a não realização, por parte dos alunos, das pesquisas relacionadas às sociedades e culturas apresentadas nas narrativas mitológicas (tarefa para casa, aula 02). Isto fez com que a aula seguinte, que tinha como intenção usar as respostas fornecidas pelos(as) alunos(as) como fonte de discussão, fosse adaptada. No momento da entrega da atividade foi avisado à turma que para que a próxima aula fosse melhor desenvolvida, a pesquisa e as respostas deveriam ser realizadas. A pesquisa forneceria então o contexto social e cultural para uma melhor análise dos mitos, o que ajudaria a olhar o outro pela perspectiva do outro⁵⁵.

[00:22:06.21]	P.P.: quem fez as pesquisas, gente. Só para eu ter uma ideia. Sobre a questão da cultura. P.P.: alguém fez? Levanta a mão, por favor Turma: ((sem respostas)) ((a turma olha entre si))
---------------	---

Outro fato a se salientar foi a baixa participação da turma nas atividades que envolviam se manifestar verbalmente, isto é, desenvolver o diálogo e a discussão. Apesar da turma ter aceitado bem a proposta da aplicação, como o professor responsável sugeriu, o diálogo não se desenvolveu na turma como um todo. Por isso, ao invés de realizar um debate, que seria a última atividade, foi realizado pelo professor pesquisador um resumo a partir dos pontos principais dos conteúdos expostos nas aulas e levantados dos questionários.

[00:11:51.08]	P.P.: pessoal, o esquema da aula é o seguinte: eu passei para vocês na aula passada algumas perguntas e uma atividade... sobre... culturas diferentes, certo? E:: durante a aula eu vou fazer algumas perguntas, essas daqui pra/alguns de vocês, tudo bem? Que faz parte do conteúdo da aula e eu quero saber a resposta de algumas pessoas. É aleatório se
---------------	--

⁵⁵ Entende-se que não é a prática de uma única atividade que desenvolverá essa sensibilidade, mas sim seu contínuo exercício. Contudo, essa atividade ainda vem a contribuir nesse exercício.

	<p>alguém quiser se voluntariar vai ser a primeira coisa, mas se alguém quiser não voluntariar eu 'voluntario' obrigatoriamente.</p> <p>A1: é obrigado a responder?</p> <p>P.P.: obriGAdo, obriGAdo, não é, mas se vocês participarem fica melhor, tudo bem? Não precisa ter questão de ter vergonha se está certo ou está errado. A questão das perguntas é justamente... a gente provocar uma discussão... e::: ver justamente opiniões diferentes, tudo bem? Então, tudo bem.</p>
--	--

Assim, pode se perceber que as atividades realizadas em sala de aula, mesmo com a carência no aspecto comunicativo, se mostraram mais produtivas que as atividades passadas para casa.

Ao longo da aplicação da SD foram levantados pontos relevantes extraídos das respostas fornecidas pelos(as) alunos(as) no questionário diagnóstico inicial, ou seja, o questionário inicial, como instrumento de verificação do conhecimento prévio dos(as) alunos(as), serve como guia para suscitar questões e direcionar onde o conteúdo deve ser abordado com maior profundidade. Desse conhecimento prévio verificado, pode-se destacar a ocorrência de informações inadequadas como, por exemplo, a ideia do Big Bang como único modelo cosmológico e/ou constituído por concepções alternativas como a do Big Bang como o “modelo da explosão”.

Tomando o aspecto quantitativo geral, a análise das questões entre o questionário inicial e o final mostrou que: para as questões 1 e 2 não houve uma grande mudança nos números entre as opiniões; e para as questões 3 e 4 as variações foram leves. Por outro lado, em todas as questões houve mudanças sutis no aspecto qualitativo e da qualidade das respostas, no sentido benéfico. Essas primeiras questões são aquelas que correspondem ao caráter de opinião pessoal dos(as) alunos(as)⁵⁶.

Para as questões específicas, ligadas aos objetivos da sequência, a análise das questões entre o questionário inicial e o final, em um aspecto quantitativo geral, permitiu perceber que: para a questão 5 houve uma melhora na quantidade de respostas satisfatórias; para a questão 6 houve uma leve mudança na quantidade de respostas satisfatórias; para as questões 7 e 8 a mudança na quantidade de respostas satisfatórias foi significativa; para questão 9 houve uma leve queda na quantidade de respostas satisfatórias. Novamente, em todas as questões houve mudanças sutis no aspecto qualitativo e da qualidade das respostas, no sentido benéfico.

⁵⁶ Deve se salientar que a sequência aplicada nunca teve a pretensão de modificar a crença e a posição dos(as) alunos(as).

Apesar da aplicação do questionário diagnóstico final ter sido prejudicada em virtude de ter ultrapassado o tempo de aula, o que levou a um significativo número de não-respostas (“não sei” e “em branco”), como pode ocorrer em questões abertas, foi possível notar que a sequência didática conseguiu promover uma melhora nas repostas, em que estas passaram de confusas e/ou vagas no questionário inicial para repostas com melhor elaboração textual, mais articuladas e com um melhor desenvolvimento do conteúdo. Havendo, por tanto, um ganho e refinamento conceitual. Houve também, por meio da SD, uma sistematização do conteúdo em que os(as) alunos(as) passaram a classificar e caracterizar melhor os tipos de modelo de acordo com os tipos de conhecimento. Por último, todos esses ganhos proporcionaram uma aquisição de argumentos conceituais e conteudinais para uma discussão crítica a respeito do tema.

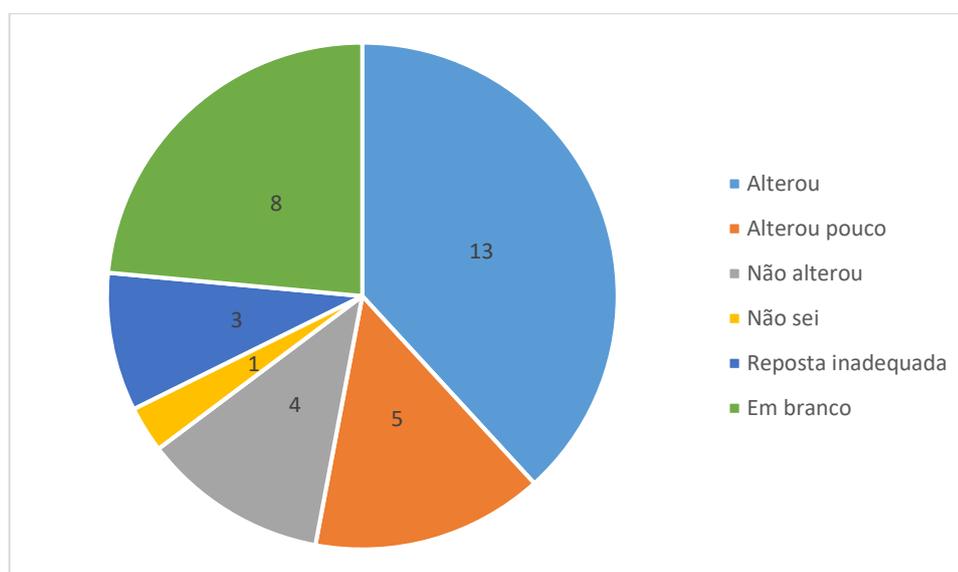
[00:15:16.04]	<p>P.P.: então, qual a primeira coisa que a gente/que é colocado? É:: existe uma questão na filosofia que é chamado de problema cosmológico. O problema cosmológico é justamente tentar responder essas perguntas: como se originou o mundo?; como ele evoluiu?; qual é o fim do mundo?; qual é a estrutura que o mundo tem?; quais são os elementos que constituem o mundo? Esse é o problema cosmológico. E algumas das perguntas que podem feitas. Vocês já fizeram esse tipo de pergunta para vocês mesmo? Sim? Não?</p> <p>A6: não.</p> <p>P.P.: sim? Não?</p> <p>Turma: [sim</p> <p>Turma: [não</p> <p>P.P.: essa é uma questão que ela faz parte da humanidade desde antes. A cosmogonia, o mito de origem, ele vai dá/ele vai tentar responder essas perguntas/ESSa pergunta, esse problema, resolver. Só que o aspecto e contexto que ele coloca não é a mesma coisa do aspecto científico. É justamente dentro de um contexto mitológico [...]</p>
---------------	--

Nesse sentido, a sistematização do objeto estudado (os modelos explicativos do universo) e da problematização trabalhada (o problema cosmológico) por meio das atividades sugeridas, da abordagem trabalhada e da perspectiva adotada conseguiu promover, em nível satisfatório, os(as) estudantes aos objetivos e conteúdos pretendidos pela sequência, aqui proposta. O que é verificado justamente pela melhora no nível da qualidade das respostas encontradas nos questionários, como exposto anteriormente.

Colabora para a conclusão acima as respostas do questionário diagnóstico final fornecidas pela questão 10, que pretendia que os(as) alunos(as) auto avaliassem sua aprendizagem.

Questão 10 – Em que sua percepção sobre a origem do universo alterou?
Como ela alterou?

Gráfico 14 – Final: Questão 10



Fonte: autor.

Considerando as respostas válidas é possível perceber pelo Gráfico 14 que aproximadamente metade da turma considerou que sua percepção sobre o universo foi alterada de alguma forma após a aplicação da sequência.

A seguir são dadas algumas repostas à questão em foco, tal como foram elaboradas por alguns estudantes.

A16 (final) – Não já que sempre fui interessada no assunto e estudei a fundo. Só me deu mais certezas do quanto tudo isso é fascinante.

A30 (final) – Não: Creio em Deus que ele criou o universo e as coisas que o compõe e que foram evoluindo.

A9 (final) – Não muito pois eu já pesquisei várias vezes sobre o assunto pois gosto.

A33 (final) – Sim. Alterou pois nunca imaginava que tia esas coisas a se descobrir que tudo no universo acaba se encontrando que ele se movimenta que cada estrela tem sua energia química conjunta e essa teorias almentaram minha curiosidade.

Todas as reflexões geradas pela etapa de aplicação e pelos resultados obtidos servem como base para etapa de reelaboração do processo EAR, que finaliza o ciclo para a validação de uma sequência didática. Assim, tanto a sequência de atividades quanto o material de apoio sofreram modificações: os questionários tiveram algumas perguntas reelaboradas e entraram como atividade de avaliação; e a aula de Cosmologia Moderna foi modificada retirando-se parte do conteúdo (“futuro do universo”, matéria escura e energia escura) e concentrando a discussão nos modelos cosmológicos. Isto ocorreu para adequar a aula melhor à proposta e corrigir o tempo didático – em entrevista com o professor responsável indicou que o conteúdo dessa aula estava muito longo para o tempo pretendido. A seguir, o Quadro 11 apresenta a sequência alterada.

Quadro 11 – Plano geral reelaborado da sequência didática

Em um tempo, em um espaço				
	Aula	Descrição da atividade	Tarefa para casa	Avaliação
	01	Apresentação da SD. Representação do universo.		Participação em sala. Questionário.
Núcleo não-científico.	02	Aula expositiva: Mito e Mitologia.	Análise de narrativas mitológicas.	Participação em sala.
	03	Aula dialogada: Cosmogonias.		Participação em sala. Realização da tarefa.

Núcleo científico.	04	Aula expositiva: Cosmologia moderna (parte 1).	Análise de artigo.	Participação em sala.
	05	Aula dialogada: Cosmologia moderna (parte 2)		Participação em sala. Realização da tarefa.
	06	Síntese sobre os modelos explicativos do universo		Participação em sala. Questionário.

Fonte: autor.

Como apontado anteriormente, no início desta pesquisa, a discussão desenvolvida por este trabalho e o modo como ela é desenvolvida ainda é pouco explorado em sala de aula. Colabora para essa carência obstáculos como a deficiência na formação de professores de física em História e Filosofia para tratar temas relacionados à mitologia e à diversidade cultural, as más condições de infraestrutura para o ensino e a necessidade de cumprir conteúdos voltados para as provas de ingresso em nível superior. Mesmo diante desse cenário, a CHU ainda tem perspectiva de espaço nos currículos e discussões em sala de aula, ofertada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o nível do ensino médio, ainda que a forma final deste documento esteja em processo de aprovação. Este documento que tem como base a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica e o Plano Nacional de Educação (BRASIL, 2016), possui um caráter obrigatório (BRASIL, 2017) e incorpora os PCNs e os PCNs+ em sua estruturação. Nessa incorporação a unidade “Universo, Terra e Vida” se converte na unidade curricular “Terra e Universo – formação e evolução”, os objetivos da unidade temática “Compreensão Humana do Universo” se diluem nos objetivos de aprendizagem da unidade curricular e o eixo integrador “Contextualização Sócio-cultural” se converte no eixo “Contextualização Social, Cultural e Histórica” (CSCH), conforme exposto no Quadro 12.

Quadro 12 – Objetivos da unidade temática convertidos do PCNs+ Física para a BNCC

Objetivos de aprendizagem – Estudos avançados de Física	Eixos
(EM16CN06) Identificar os eventos associados à exploração do cosmo, relacionando-os a contextos históricos, políticos e socioculturais, como a corrida espacial, a Guerra Fria e a disputa política e econômica entre nações.	CSCH
(EM16CN08) Comparar modelos explicativos da origem e da constituição do Universo, segundo diferentes épocas e culturas, tais como a cosmologia de povos primitivos, a do mundo grego do geocentrismo ao heliocêntrico.	CSCH

Fonte: BNCC. (BRASIL, 2016, p. 612).

Assim, considerando a continuação da CHU em sala de aula, um caminho natural para a continuação e aperfeiçoamento deste trabalho é estendê-lo para a formação continuada de professores, proporcionando subsídios para trabalhar a temática.

REFERÊNCIAS⁵⁷

ARISTÓTELES. **Metafísica I e II**. Tradução de Vinzenzo Cocco. São Paulo: Abril Cultural, 1984. p. 10-35. (Série: Os Pensadores, 4)

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: edições 70, 1995.

BORGES, L. C. O Lugar da Astronomia Cultural na História da Ciência. In: 13º SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2012. Disponível em: <http://www.sbhc.org.br/resources/anais/10/1352992073_ARQUIVO_TEXTOBORGE Sok.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, DF, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 1-9.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Parte I – Bases Legais**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000a.

_____. _____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000b.

_____. Ministério da Educação e Cultura – Secretária de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2002.

_____. Decreto-lei nº 11.645, de 10 de março de 2008. Altera as diretrizes e bases da educação nacional para incluir no currículo oficial da rede de ensino a obrigatoriedade da temática “História e Cultura Afro-brasileira e Indígena”. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 mar. 2008. Seção 1, p. 1.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Proposta preliminar. Segunda versão revista. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

_____. Lei 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Conversão da Medida Provisória nº 746, de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13415.htm>. Acesso em: 11 abr. 2017.

BRETONES, P. S; BAZZETO, M. C. Q. A cosmologia em teses e dissertações sobre ensino de Astronomia no Brasil. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2011.

⁵⁷ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

BRETONES, P.S; ORTELAN, G. B. Temas e conteúdos abordados em teses e dissertações sobre educação em Astronomia no Brasil. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2012.

CASSIRER, E. **Filosofía de las formas simbólicas**: el lenguaje, v.1. México: Fondo de Cultura Económica, 1998a.

_____. **Filosofía de las formas simbólicas**: el pensamiento mítico, v.2. México: Fondo de Cultura Económica, 1998b.

_____. **Filosofía de las formas simbólicas**: fenomenología del reconocimiento, v.3. México: Fondo de Cultura Económica, 1998c.

_____. **Linguagem e mito**. São Paulo: Perspectiva. 2006. (Debates; 50).

CASTRO, E. S. B.; PAVANI, D. B.; ALVES, V. M. A produção em ensino de Astronomia nos últimos quinze anos. In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória, 2009.

CLARKE, P. A. Australian Aboriginal Astronomy and Cosmology. In: RUGGLES, C. L. N. (ed.). **Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy**. Londres: Springer Reference. 2015. cap. 75.

DE CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Abordagens histórico-filosóficas em sala de aula. In: DE CARVALHO, A. M. P. (Org.) et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cenage Learning, 2010. p. 107-139.

DE MELLO, F. C. Astronomy and Cosmology of the Guarani of Southern Brazil. In: RUGGLES, C. L. N. (ed.). **Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy**. Londres: Springer Reference. 2015. cap. 78.

DREYER, J. L. E. **A History of Astronomy**: from Thales to Kepler. New York: Dover, 1953.

DUTRA, L. H. A. Os modelos e a pragmática de investigação. **Scientiae Studia**. São Paulo, v. 3, n. 2, p. 205-232, 2005.

ELIADE, M. **Aspectos do mito**. Lisboa: edições 70,1986. (Série: Perspectivas do Homem, 19).

FAULHABER, P. Ticuna Astronomy, Mythology and Cosmvision. In: RUGGLES, C. L. N. (ed.). **Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy**. Londres: Springer Reference. 2015. cap. 75.

FLAMMARION, C. **L'atmosphère: météorologie populaire**. 1888, p. 163.
Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k408619m/f168.image#>. Acessado em: 4 de maio de 2017.

FORATO, T.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula. Caderno catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FURTH, R.; DAVID P. **A Torre Negra**: Nasce o Pistoleiro, v. 4. Barueri: Panini, 2008.

GEERTZ, C. Os usos da diversidade. **Horizontes Antropológicos**. Porto Alegre, ano 5, n. 10, p. 13-34, maio 1999.

GOMÉZ, C. P. The Sky Among the Toba of Western Formosa (Gran Chaco, Argentina). In: RUGGLES, C. L. N. (ed.). **Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy**. Londres: Springer Reference. 2015. cap. 79.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2012, Campinas. **Atas...** Campinas, 2012.

_____. _____. Elementos para a validação de Sequências Didáticas. IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2013, Águas de Lindóia, 2013. **Atas...** Águas de Lindóia, 2013.

HARRISON, E. R. **Cosmology**: The Science of the universe. New York: Cambridge University Press New York, 1981.

HENRIQUE, A. B. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. Dissertação – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

HESÍODO. **Teogonia**: a origem os deuses. Tradução de Jaa Torrano. São Paulo: Iluminuras, 1992. p. 111-113.

HESSE, M. Models and Analogies. In: NEWTON-SMITH, W. H. **A Companion to the Philosophy of Science**. Oxford: Blackwell, 2001. cap. 44, p. 299-307.

HOLBROOK, J. Cultural Astronomy in Africa South of the Sahara. In: RUGGLES, C. L. N. (ed.). **Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy**. Londres: Springer Reference. 2015. cap. 83.

HUBBLE, E. A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 15, p. 168-173, 1929.

IWANISZEWSKI, S. Por una Astronomía Cultural renovada. **Complutum**, v. 20, p. 23-37, 2009.

_____. De la astroarqueología a la astronomia cultural. **Trabajos de Prehistoria**, v. 51, n. 2, p. 5-20, 1994.

JAFELICE, L. C. Nós e os céus: um enfoque antropológico para o ensino de Astronomia. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, n. 8, 2002, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2002.

_____. **Astronomia, educação e cultura: abordagens transdisciplinares para os vários níveis de ensino**. Natal: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

JUNG, C. G. **Arquetipos e inconsciente colectivo**. Barcelona: ediciones PAIDOS, 1991.

KANTOR, C. A. **Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica**: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural. Tese – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

KAPITANGO-A-SAMBA, K. K. **História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências Naturais**: o consenso e as perspectivas a partir de documentos oficiais, pesquisas e visões dos formadores. Tese – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

KRAGH, H. S. **Conceptions of cosmo from myths to the accelerating universe: a history of cosmology**. Oxford: Oxford University Press, 2007.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LARAIA, R. **Cultura**: um conceito antropológico. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

LEITE, F. R. R. **A Questão Ancestral**: África Negra. São Paulo: Palas Athena: Casa das Áfricas, 2008. p. 132.

LÉVI-STRAUSS, C. **O pensamento selvagem**. Campinas: Papyrus, 2011.

LIMA, F. P. Astronomia cultural nas fontes etno-históricas: a astronomia bororo. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2011, Rio de Janeiro. **Simpósio...** Rio de Janeiro, 2011.

LIMA, F. P. et al. Relações céu-terra entre os indígenas no Brasil: distintos céus, distintos olhares. IN: MATSUURA, O. T. (org). **História da Astronomia no Brasil (2013)**, v. 1. Recife: Cepe, 2014. cap. 3, p. 86-130.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: E.P.U., 2012. (Coleção: Temas básicos de educação e ensino).

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MERLEAU-PONTY, J. **Cosmología del siglo XX**: studio epistemológico e histórico de las teorías de la cosmología contemporânea. Madrid: Editorial Gredos, 1971.

MONDIN, B.; RENARD, J. **Introdução à filosofia problemas, sistemas, autores, obras**. São Paulo: Paulinas, 1985. p. 46-53.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

PRETI, D. et al. **O discurso oral culto**. São Paulo: Humanitas/ FFLCH/USP, 1999. p. 19-20. (Projetos paralelos, 2).

RODRIGUES, M. S. **A diversidade do conhecimento sobre o céu e o ensino de Astronomia**: propostas didáticas e potencialidades da astronomia cultural. Dissertação – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2015.

ROE, P. G. Mythic Substitution and the Stars: Aspects of Shipibo and Quechua Ethnoastronomy Compared. In: CHAMBERLAN, V. D.; CARLSON, J. B.; YOUNG, M. J (ed.). **Songs from the Sky: Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World**. Leicester: Ocarina Books. 2005. cap. 20.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P. M.; FERREIRA, J. M. H. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012.

TINDALE, N. B. Celestial Lore of Some Australian Tribes. In: CHAMBERLAN, V. D.; CARLSON, J. B.; YOUNG, M. J (ed.). **Songs from the Sky: Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World**. Leicester: Ocarina Books. 2005. cap. 33.

UNESCO. **Declaração Universal sobre a Diversidade Cultural**. 2002. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001271/127160por.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

VERA, A. A. **Metodologia da pesquisa científica**. Porto Alegre: Globo, 1974.

WOODSIDE, J. H. Amahuaca Astronomy and Star Lore. In: CHAMBERLAN, V. D.; CARLSON, J. B.; YOUNG, M. J (ed.). **Songs from the Sky: Indigenous Astronomical and Cosmological Traditions of the World**. Leicester: Ocarina Books. 2005. cap. 21.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

_____.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: ArtMed, 2010.

APÊNDICE A – TRANSCRIÇÕES DAS FALAS NAS AULAS⁵⁸

Aula 01 e 02 (01:27:12)	
Turno	Falas
[00:41:49.10]	<p>P.P.: todo mundo entregou o desenho?</p> <p>P.P.: pessoal... atenção, por favor, gente... atenção, por favor... oh, tem alguns desenhos aqui. Eu coloquei... mais ou menos... ahn:: o que eles eram parecidos eu coloquei junto e os que tinham elementos diferentes estão um pouquinho separados. Como eu falei, não tem certo e nem errado. Basicamente vocês desenharam algo como se fosse o Sistema solar. O objetivo agora é a gente criar uma atividade/- - criar uma atividade, oh - - criar uma história em torno dessa/desse universo, tudo bem? [...] Primeira coisa [aqui...]</p> <p>A1: [professor, mostra o (desenho) para o grupo não.</p> <p>P.P.: ahn:: vou mostrar.</p> <p>A1: não::</p> <p>A2: ai professor.</p> <p>P.P.: não todos exatamente, por exemplo: esses desenhos aqui agora só têm o Sistema solar, sem estrelas, só planetas e o Sol, tudo bem? Então, tenho/tenho esse elemento. [...] Que história posso criar só com o Sistema solar e o com Sol, certo? Tenham esse elemento em mente.</p>
[00:43:56.13]	<p>P.P.: essa próxima série de desenhos, além do Sistema solar, tem estrelas de fundo. Quer dizer, tem um acréscimo de elementos. Eu posso contar agora que história? Pensa aí.</p> <p>A3: mostra aí de novo aí.</p> <p>P.P.: não dá para mostrar um a um.</p> <p>A4: você, está bem [na frente]</p> <p>A1: [não dá para entender nada, professor.</p> <p>P.P.: tem um fundo de estrelas. Sistema solar, fundo de estrelas.</p> <p>A3: olha o seu lá.</p> <p>A1: no::ssa, [meu deus, olha o (inaudível).</p> <p>P.P.: [tudo bem?</p> <p>P.P.: então, quer dizer, o universo tem o quê? Ele tem só os planetas e o Sol?</p> <p>A6: não.</p> <p>A2: não.</p> <p>P.P.: ele pode ter estrelas no fundo, certo? Quer dizer, ele está localizado num espaço maior, tudo bem? Vocês concordam?</p> <p>A4: sim.</p> <p>P.P.: vocês diriam mais alguma coisa sobre esse universo?</p> <p>Turma: ((sem respostas))</p>
[00:45:00.01]	<p>P.P.: próximo grupo de desenhos. Cada desenho desse - - oh gente, oh:: eu vou precisar da participação de vocês. É uma história que a gente está criando juntos pro universo, tudo bem? - - (...) Então, nosso universo até o momento, que tinha só planetas e o Sol... e a Lua, agora ele tem um fundo de estrelas. Significa que ele está localizado num espaço maior... tem uma dimensão maior.</p> <p>P.P.: ((mostrando desenhos)) as autoras podem dizer alguma coisa, quê que é? As autoras por favor se manifestem.</p> <p>A7: o quê? Não entendi.</p> <p>P.P.: é uma galáxia? É isso? ((A7 afirma com a cabeça)) (...) Pronto, então a gente tem um outro objeto nesse universo, uma galáxia. Mas aí eu faço uma pergunta: o Sistema solar, esse primeiro universo que a gente tinha, ele vem da galáxia ou a galáxia vem do Sistema solar?</p>

⁵⁸ Legenda

An^o - Aluno(a) em ordem de fala (não corresponde à numeração dos documentos físicos (desenhos e questionários)).

Turma – manifestação de maioria da turma, decisão por contraste.

P.R. – Professor responsável.

P.P. – Professor pesquisador.

	<p>A3: a gala/[o Sistema solar vem da galáxia. A6: [o Sistema solar vem da galáxia. P.P.: ok, mas que Sistema solar que vocês colocaram. O nosso? A3: só tem um. A6: qualquer outro, ué. P.P.: qualquer outro? A3: é:: P.P.: e esse Sistema solar então/essa galáxia não pode ser a nossa ou pode ser? A6: não pode ser. A3: nã[o:: A6: [pode ser, pode ser. A4: por que pode ser? P.P.: por que pode ser? A4: não sei. A6: ah, sei lá. É aleatório</p>
[00:46:20.29]	<p>P.P.: oh, tem um detalhe. Se for a nossa, a Terra tinha que está dentro. Então a Terra está fora... tudo bem? A4: onde está a Terra aí? P.P.: onde está a Terra? A galáxia está aqui, uma galáxia qualquer, como vocês colocaram, não é a nossa galáxia. Então a Terra está fora, quer dizer, existem outras galáxias. A3: é isso aí:: P.P.: se o Sistema solar está dentro da galáxia e é essa outra galáxia, poderia haver outro Sistema solar nela? A3: pode. A2: não. A5: [sim. A1: [pode. P.P.: pode? E como a gente pode saber disso? A3: ah, não sei.</p>
[00:46:54.26]	<p>P.P.: esse desenho aqui ((mostrando desenho)) ele dá uma boa resposta [...] Qual a resposta que isso dá pra pergunta? Qual a resposta que dá? Qual era a pergunta gente? ["Como é que a gente pode saber que um Sistema solar está em outra galáxia?" A3: [sei lá, professor. A3: estudando. P.P.: qual é a resposta que esse desenho dá? A2: estudando, pesquisando. P.P.: estudando, pesquisando, vocês concordam? A1: claro. A4: sim. A3: o universo dessa menina é da hora. P.P.: então, esse universo a gente pode estar... estudando. Quer dizer, o universo a gente pode estudar. É uma coisa que a gente pode/mesmo que esteja distante... não dá para tocar igual você está tocando nessa mesa, mas a gente pode estudar de alguma maneira... Ok. E a gente pode ir até lá pra saber ou não? Ou em alguma parte dele? A3: pode, eu acho. A2: pode. A7: pode. P.P.: então nesse nosso universo a gente é capaz de se movimentar pelo espaço, correto?... vocês concordam? A6: sim. P.P.: ok?</p>
[00:48:09.02]	<p>P.P.: então quer dizer... a civilização humana... por meio de tecnologia, computador tipo, ela consegue susperar/ superar seus limites terrestres, planeta Terra, e consegue passar pro espaço, tudo bem?... ahn:... ok. Aí chegamos numa etapa de... conquista espacial. Vocês concordam que representa isso ou representa mais alguma coisa? (...) Todo mundo vendo qual é a questão da conquista espacial</p>

	<p>aqui? (...) Vocês consideram que é uma conquista? Sim, não, porquê? Gente, eu vou precisar da participação de vocês.</p> <p>A3: porque conhecia o mundo (inaudível) sei lá.</p> <p>P.P.: você acha que é fácil sair da Terra?</p> <p>Turma: não.</p> <p>P.P.: não. Qual seria uma dificuldade?</p> <p>A2: oxigênio.</p> <p>A7: gravidade.</p> <p>P.P.: oxigênio, gravidade. Quê mais?</p> <p>A7: o meio?</p> <p>P.P.: medo?</p> <p>A7: meio... de transporte.</p> <p>P.P.: ah, o meio de transporte. Meio de transporte, tudo bem. Mais alguma dificuldade? (...) Oh:, aqui tem... uma estrela cadente, tudo bem? Que é um meteoro. Isso seria uma dificuldade? Poderia ser?</p> <p>A4: sim.</p> <p>P.P.: de novo aqui, outro meteoro. Aqui. É uma dificuldade? Porque pode ser uma dificuldade?</p> <p>A4: porque pode (bater no meio) de transporte.</p> <p>P.P.: você pode falar mais alto, por favor.</p> <p>A4: é que pode bater no meio de transporte</p> <p>P.P.: pode bater no meio de transporte. Vocês concordam? Imaginem que vocês estão lá no espaço... vem um meteoro na direção do transporte de vocês, choca. E aí o que acontece.</p> <p>Turma: morreu.</p> <p>Turma: morre.</p>
[00:50:18.07]	<p>P.P.: então é uma dificuldade. E isso aqui, que eu imagino que seja uma parede de... asteroides. Os autores, por favor se manifestem. É isso mesmo?</p> <p>A6: por favor, os autores se manifestem.</p> <p>P.P.: É uma parede de rochas, digamos assim. De material... que está no meio do Sistema solar. Concordam?... Autores, por favor.</p> <p>A4: está de cabeça para baixo?</p>
[00:50:45.12]	<p>P.P.: boa pergunta! Tem certo e tem errado no espaço? Está de cabeça de pra baixo, está de cabeça pra cima?</p> <p>A2: é A4, responde aí?</p> <p>A4: não sei (inaudível). Dá para saber?</p> <p>P.P.: este é um questionamento válido. Imagina o seguinte. Você está no espaço... essa parede que eu imagino, tem uma região do espaço do Sistema solar/na verdade os objetos do Sistema solar eles vão além de planetas e satélites, você inclui cometas e asteroides [...] meteoroides e asteroides na verdade. O cometa ou meteoro é quando você/ele atinge a atmosfera da terra, mas quando ele está fora da Terra ele recebe outro nome. Então todos esses objetos, eles estão soltos no espaço e nesse espaço não tem orientação. A orientação que a gente dá é meramente convencional. Eu poderia chamar... o norte de sul, como... o leste de norte. É o nome que a gente dá pra poder... fazer uma convenção afim de se orientar, tudo bem? Então no espaço não tem cabeça pra baixo, nem cabeça pra cima. São convenções.</p>
[00:54:08.00]	<p>P.P.: vocês concordam que essa história é mais ou menos verdadeira?... ela foi criada por quantas pessoas?</p> <p>A2: que história?</p> <p>P.P.: Essa história que a gente estava contando: a conquista do universo, a descoberta do universo, a compreensão do universo. Ela é mais ou menos verdadeira?</p> <p>A2: pode ser.</p> <p>P.P.: pode ser, sim. Foi criada por quantas pessoas?</p> <p>A2: eu não sei.</p> <p>A3: ah, várias.</p> <p>P.P.: uma ((aponto para mim))... quem mais? De quem eram os desenhos?</p> <p>A2: da gente.</p> <p>A4: da sala toda.</p>

[00:54:43.00]	<p>P.P.: a sala inteira... tudo bem... Quem lembra das aulas de filosofia... alguma coisa?</p> <p>Turma: ((sem respostas))</p> <p>P.P.: quem lembra das aulas de filosofia já se lembra da palavra mito ou mitologia?</p> <p>Turma: mito? Sim.</p> <p>Turma: [sim.</p> <p>A6: [eu lembro.</p> <p>P.P.: tinha no questionário. O mito... é uma história, uma narração que ela pode se/que ela provavelmente, quase cem por cento de certeza, não foi criado por uma só pessoa. Uma narração mítica, quer dizer, essa estória em si, ela é contada por mais de uma pessoa... mas alguém... vai/por exemplo, digamos que eu seja o senhor velhinho de 70 anos e vou contar a minha história que alguém me contou pra vocês. Depois vocês, quando tiverem mais velhos, alguém se torna... a pessoa que é responsável por contar as histórias e vai passar essa estória a diante. Então, a narração mítica, ela contava alguma coisa, alguma explicação... certo?</p> <p>Provavelmente, sobre algum tipo de origem... e ia passando de geração em geração, tudo bem? - - a gente vai passar/esse é o assunto da primeira aula. [...]</p>
[01:02:36.09]	<p>P.P.: ok. E hoje em dia é possível encontrar ainda alguma coisa de mitologia?</p> <p>A4: é muito pouco.</p> <p>P.P.: não nesse sentido... popular, mais no sentido pop. Por exemplo, da cultura... tipo Percy Jackson, [...] Harry Potter, algo do tipo. Mas eu falo o modo antigo de se viver a mitologia. Ainda é possível?</p> <p>Turma: não.</p> <p>P.P.: nã::o.</p> <p>P.P.: e sim.</p> <p>P.P.: pra quem?... é a questão.</p> <p>A6: (inaudível) tem algumas do passado que acreditam de verdade nisso.</p>
[01:03:20.09]	<p>P.P.: está, ok. E os indígenas, eles ainda têm os mitos deles? Sim? Não?</p> <p>Turma: sim.</p> <p>P.P.: existem indígenas aqui em São Paulo?</p> <p>Turma: sim</p> <p>A2: bem pouco.</p> <p>P.P.: sim. E ele tem os rituais mitológicos deles com as crenças? SIM. Então, a mitologia, ela ainda está presente ainda que não de forma preci/ainda que não de forma predominante, certo? Mas ela ainda influência a sociedade nesse sentido popular e o que a gente/algumas crenças que a gente tem de superstição vem da mitologia... e mais.</p>

Aula 03 e 04 (01:28:58)

Turno	Falas
[00:11:51.08]	<p>P.P.: pessoal, o esquema da aula é o seguinte: eu passei para vocês na aula passada algumas perguntas e uma atividade... sobre... culturas diferentes, certo?</p> <p>E:: durante a aula eu vou fazer algumas perguntas, essas daqui pra/alguns de vocês, tudo bem? Que faz parte do conteúdo da aula e eu quero saber a resposta de algumas pessoas. É aleatório se alguém quiser se voluntariar vai ser a primeira coisa, mas se alguém quiser não voluntariar eu 'voluntario' obrigatoriamente.</p> <p>A1: é obrigado a responder?</p> <p>P.P.: obriGAdo, obriGAdo, não é, mas se vocês participarem fica melhor, tudo bem? Não precisa ter questão de ter vergonha se está certo ou está errado. A questão das perguntas é justamente... a gente provocar uma discussão... e::: ver justamente opiniões diferentes, tudo bem? Então, tudo bem.</p>
[00:12:52.17]	<p>P.P.: então, aula passada a gente falou um pouco de questão da mitologia e algumas características da mitologia (...) linguagem metafórica, ela servia para dá sustentação às explicações aos anseios humanos. Ahn, é um tipo de gênero narrativo, certo? Em termos de língua. E ela pode ser tratada tanto de forma verdadeira como de forma falsa. No caso, são contos, digamos é::: sem nenhum valor, a não ser a questão histórica, como explicação qualquer, não baseado em fato, não baseado em evidências OU pra quem vive os mitos eles podem ser entendidos como parte da realidade deles, ok? Então a gente vais se aprofundar um pouquinho nisso. Então, a primeira pergunta pra gente começar é::... 'qual a</p>

	<p>temática dos textos lidos?'. Alguém quer responder essa pergunta? (...) Os textos, eles falam sobre o quê?</p> <p>A2: mitologia.</p> <p>P.P.: oK, mitologia, certo. Especificamente qual é o tema dessa mitologia?</p> <p>A4: criação dos mundos.</p> <p>P.P.: qual? Pessoal?</p> <p>A3: criação do mundo e do universo.</p> <p>P.P.: de novo, em voz alta.</p> <p>A5: de novo? [Acabou de falar.</p> <p>P.P.: [por favor.</p> <p>A3: a criação do mundo e do universo.</p> <p>P.P.: criação do mundo e do universo. Pessoal... falou que chegou a mais ou menos a mesma conclusão, colocou coisa diferente. Alguém colocou alguma coisa diferente? (...) Todo mundo deu essa mesma resposta?</p> <p>A5: não.</p> <p>P.P.: sim? Não?</p> <p>A6: sim.</p> <p>A1: faltou (inaudível) para fazer antes do tempo para observar (inaudível)</p>
[00:14:40.13]	<p>P.P.: criação do mundo e do universo. Nesse tipo de mito, ele recebe o nome específico que é cosmogonia.</p> <p>A6: o quê?</p> <p>P.P.: cos-mo-[go-nia. Ok?</p> <p>A4: [ah:: isso aí</p> <p>P.P.: cosmo quer dizer justamente a estrutura, o mundo... e:: gonía vem da parte de gênese, quer dizer origem. Então... seria mais ou menos origem do mundo, origem do universo, traduzindo... a palavra. É uma palavra grega também... e esse vai ser o assunto dessa aula... origem do mundo.</p>
[00:15:16.04]	<p>P.P.: então, qual a primeira coisa que a gente/que é colocado? É:: existe uma questão na filosofia que é chamado de problema cosmológico. O problema cosmológico é justamente tentar responder essas perguntas: como se originou o mundo?; como ele evoluiu?; qual é o fim do mundo?; qual é a estrutura que o mundo tem?; quais são os elementos que constituem o mundo? Esse é o problema cosmológico. E algumas das perguntas que podem feitas. Vocês já fizeram esse tipo de pergunta para vocês mesmos? Sim? Não?</p> <p>A6: não.</p> <p>P.P.: sim? Não?</p> <p>Turma: [sim</p> <p>Turma: [não</p> <p>P.P.: essa é uma questão que ela faz parte da humanidade desde antes. A cosmogonia, o mito de origem, ele vai dá/ele vai tentar responder essas perguntas/ESSa pergunta, esse problema, resolver. Só que o aspecto e contexto que ele coloca não é a mesma coisa do aspecto científico. É justamente dentro de um contexto mitológico [...]</p>
[00:21:26.23]	<p>P.P.: pulando para pergunta três, alguém... pode dá/mais ou menos esse é o caminho sobre algum dos outros dois exemplos... pergunta quatro, aliás. "Baseado nos textos acima, como o universo é organizado e entendido? Quais são os elementos que indicam a estrutura?" Alguém quer falar algum/sobre os outros DOIS textos? O texto indígena, o texto africano... Alguém de forma voluntária, por enquanto.</p> <p>Tuma: ((sem respostas))</p>
[00:22:06.21]	<p>P.P.: quem fez as pesquisas, gente. Só para eu ter uma ideia. Sobre a questão da cultura.</p> <p>P.P.: alguém fez? Levanta a mão, por favor</p> <p>Turma: ((sem respostas)) ((a turma olha entre si))</p>
[00:22:22.20]	<p>P.P.: [...] qual a ideia da pesquisa aqui, nessa questão. A ideia é que a gente está procurando olhar para outras culturas... certo? Diferentes da nossa. Porque são diferentes da nossa? Em primeiro lugar... eu queria falar que... eh:: esse dois mitos, eles fazem parte de povos que influenciaram a construção do Brasil historicamente e culturalmente, tudo bem? Uma é a:: matriz tupi-guarani, especificamente são o:: mito tupi e outro é uma matriz ioruba, africana, que foram... basicamente iorubas</p>

	<p>foram uma das grandes... nações étnicas que veio por Brasil durante a escravidão, período de escravidão. Então tem essa ligação histórica e depois eles foram espalhados pelo Brasil. [...] a matriz africana gerou boa parte da religião, questão do candomblé e depois a umbanda e os indígenas. Então HÁ a intenção da gente olhar, não é só identificar os fenômenos. É a gente se aproximar um pouco dessa cultura que forma o Brasil. E porque que eu coloquei isso na questão da::/dos mitos de criação. Essa foi uma forma que eu vi de trazer/fazer a física ou a astronomia conversar com esses aspectos culturais.</p>
[00:24:18.12]	<p>P.P.: vocês tem aula aqui ou tiveram aula de:: Sociologia? Turma: sim. A3: hoje. P.P.: hoje. Vocês já imaginaram a Física conversando com a Sociologia? A3: não. A5: não cheguei a pensar. P.P.: por que não? A3: porque nunca pensei nisso. P.P.: mas você acha que é distante, por quê? [...] são áreas que não tem como conversar::? Não tem como se aproximar::? O que dificulta essa aproximação para você? Pode falar, tem problema não. A3: ah, professor, deixa aí [pra lá A6: [porque elas estudam temas diferentes. P.P.: elas estudam diferentes... temas. A linguagem é um pouco diferente, concordam? Fórmulas matemáticas, línguas. Então, há algumas formas de::: áreas diferentes conversarem. Não/no precisa necessariamente haver uma briga entre exatas e humanas, biológicas, etcetera, etcetera e as outras disciplinas. Então você sempre consegue algum tipo de conexão. Essa foi uma forma que eu vi, mas existem outras, tudo bem? Então, é uma forma de aproximar. Bora logo para o texto:::... da matriz africana que é um pouco mais curto.</p>
[00:30:42.25]	<p>P.P.: sobre a quinta pergunta e última. "Como o tempo e espaço é compreendido? Eles tem o mesmo significado do uso comum?" Esse é mais fácil de responder... algum voluntário? Na mitologia o tempo e espaço é compreendido da mesma forma... que hoje em dia? A3: depende. A5: NÃO. A7: eh:: quando você vai dimensionar tempo e espaço, eh:: origem. A igreja fala que tudo tem seu tempo certo, tudo iniciou (automaticamente), eles estão ligados e funcionando em comum (momento). P.P.: você pode repetir mais alto, por favor? A7: ((lendo)) "quando é mencionado espaço tempo, que dá origem a época, horas nesse trecho falava que tudo tem seu tempo certo, que tudo funcionou cronologicamente. Estão ligados e funcionando em comum acordo." P.P.: ela está falando que existe o tempo cronológico e que existia um tempo de acontecer as coisas específicas. Alguém coloca uma resposta diferente?... Sobre o tempo e o espaço nesses mitos alguém coloca uma resposta diferente, gente? Turma: ((sem respostas))</p>
[00:32:11.01]	<p>P.P.: pergunta seguinte ainda na mesma parte. "Eles têm o mesmo significado que nosso tempo e espaço... que a gente entende hoje em dia?" Turma: ((sem respostas)) P.P.: como é que é o tempo e o espaço hoje para você? O que é tempo? O que é espaço? A3: posso falar professor? P.P.: POde. A3: tempo é hora, espaço é lugar. P.P.: está, tudo bem. É uma hora que você consegue marcar? A5: não sei. A3: é::</p>
[00:32:52.02]	<p>P.P.: e naquela época a gent/será que dava para marcar? A3: dava. A5: dava, pelo Sol.</p>

	<p>A8: naquela época não tinha relógio. A5: [pelo Sol, ele [marcava os dois. A3: [pelo Sol, pô. A8: [não. A8: isso, não vem ao caso, [ele perguntou se tinha relógio. A3: [lógico que vem. P.P.: não. Perguntei se tinha como marcar. A8: não, entendi, se tinha relógio.</p>
[01:05:06.04]	<p>P.P.: então... aqui tem dois modelos, modelo geocêntrico e o modelo heliocêntrico. Esse daqui, de certa forma... para vocês é um modelo cosmológico ou não? (...) É um modelo cosmológico? Não, sim. Por quê? Turma: ((sem respostas)) A3: não entendi professor. P.P.: isso é um modelo cosmológico? Isso representa a estrutura do universo? Sim, não. Por quê? A3: aquele de lá não ((apontando para o geocêntrico)) P.P.: esse não. Nenhum?... os dois. [Sim? Não? A5: [do universo não, do universo não. P.P.: como é que eram os desenhos feitos por vocês? Eram parecidos com isso? Sim ou não? Turma: [não. Turma: [sim. A5: eram sim. A4: era um pouco. P.P.: não necessariamente o círculo certinho ((as órbitas)), eu falo dos elementos presentes no desenho. A5: ahhh. Turma: sim. P.R.: para mim é. P.P.: sim? P.P.: o restante do lado da turma que ficou quieta, sim também? Não? A9: sim.</p>
[01:06:18.01]	<p>P.P.: é um elem/é uma estrutura cosmológica também. Por quê? Não é só um modelo de representação geocêntrico ou heliocêntrico do mundo. Mundo, digo Terra. É um de/é um modelo... certo? Pra... todo o universo, repare que/que acontece. Qual o último círculo daqui? A1: estrelas. P.P.: estrelas. É justamente o que vocês colocaram como fundo de estrelas. E o restante basicamente se atém... ao:: Sistema solar. Eram os objetos observados, basicamente. [...]</p>

Aula 05 e 06 (01:19:14)

Turno	Falas
[00:00:19.01]	<p>P.P.: a Ciência vai utilizar:: mesma coisa que:: ... Física e Matemática é a mesma coisa, por exemplo? A1: não. A2: não. P.P.: o quê que diferencia a Física de Matemática? A1: porque [Matemática é Matemática e Física é Física. A2: [porque Matemática é mais fácil que Física. A3: NÃO É não. P.P.: Matemática é mais difícil? A2: Matemática é [mais fácil. P.P.: [tem como melhorar essa resposta, tem como melhorar essa [resposta. A4: [as fórmulas que é diferentes (inaudível). A2: matemática é mais fácil. A5: porque É:: ... porque Física calcula os negócio lá de:: (inaudível) eme erre. A1: [calcula tempo é:: um objeto. A2: [tempo, descida, subida.</p>

	<p>P.P.: [mas a Física é diferente da Matemática? A6: [um de cada vez, por favor? A2: Física é [uma coisa mais complexa. A1: [É. Nossa, Matemática é bem mais fácil. P.P.: Oh, qual é: ... boa parte da diferença? A Física ela utiliza a Matemática, atualmente e a um certo tempo atrás para ajudar a interpretar os fenômenos naturais, mas inicialmente não era... a única linguagem que utilizava. Não necessariamente que a Física utilizava a Matemática, mas depois se adotou a Matemática... por questões tipo de quê... você pode trabalhar com qualidades ou quantidades. Então, a Física ela trabalha com essas duas coisas. Quando você quer explicar o fenômeno você utiliza qualidades, uma explicação verbal, escrita, linguagem, eh:: a gente utiliza textos, no caso, em português, coisa gramatical, por aí vai. Quando você quer quantificar o fenômeno e escrever ele, você vai precisar do auxílio de equações matemáticas. Aí você/pensa aí na aula de Matemática pra expressar, justamente porque a linguagem matemática permite ser eh:: mais preciso que a qualitativa. A qualitativa, as palavras elas permitem muitas interpretações, então, eu leio um texto, eu ouço uma música eu posso entender uma coisa. Você lê esse texto, essa MESMA música pode entender... coisas diferentes.</p>
[00:03:17.22]	<p>P.P.: pessoal, a sexta pergunta era seguinte: "Como o tempo e espaço é compreendido? Eles têm o mesmo significado que no uso comum?" Quem leu o texto de cosmologia percebeu que ele vai falar alguma coisa de tempo e espaço. A pergunta é... esse é o mesmo tempo e espaço que a gente utiliza no dia-a-dia? A1: não. A2: não. A3: quase. P.P.: por que não? A2: porque não. A3: 'porque não' não é resposta. A2: é resposta sim. P.P.: por que não? A4: porque não (inaudível). P.P.: vocês sentiram o que de diferença? A5: porque... é que eu não sei explicar. P.P.: explique como você sabe. A5: Eu NÃO sei. Turma: ((risadas)) P.P.: você sentiu que é diferente, mas não sabe dizer como. A5: É:: só é diferente. P.P.: esse tempo e espaço é um pouco/é uma coisa maior ou menor ou igual do que é utilizado no dia a dia? Eu quero dizer, dá uma conotação de algo mais grandioso ou não? A5: é:: [dá A1: [dá A4: não consigo te dizer.</p>
[00:06:10.10]	<p>P.P.: pronto. eu terminei a aula mostrando essa imagem, correto? (...) é:: o mapa do universo em larga escala e se não me engano eu perguntei para vocês se eu pegasse um pedaço aqui se seria a mesma coisa que outro pedaço em qualquer outra região. Acho que terminei a aula com essa pergunta. P.P.: [...] pois é, então, o que que acontece. Essas duas questões se ligam? Se ligam. Essa questão de tempo e espaço e estrutura do universo. Por quê? A gente começa do universo pequeno... próximo do Sistema solar, Terra, eh:: Via Láctea, Aglomerado local, Superaglomerado e passa pra::, raio do universo observável, quer dizer, o máximo que a gente consegue enxergar do universo. Então, quando a gente está mudando de uma posição para outra, a gente tem um problema de escala, uma questão de perspectiva. Em uma escala muito grande, que a gente denomina de escala cosmológica, eh:: tempo e espaço, eles estão conectados. Quem viu aquela questão de::/já viu alguma coisa de Albert Einstein, teoria da relatividade é basicamente isso que ele coloca. Até então com Newton - - o professor falou que já começou a falar alguma coisa - - você tem um/uma escala,</p>

	<p>um mundo, que é basicamente esse que a gente convive. Uma outra escala que a física se torna diferente é quando você vai pro submicroscópico e a coisa se torna quântica. Aí é uma outra física. Então, aqui a gente assume uma física relativística. Nesse tipo de física ou nessa escala de física, tempo e espaço estão conectados, então... a gente/aqui a gente consegue separar tempo e espaço como coisas distintas e trabalhá-las dessa forma. Nessa escala, não. Aí a gente precisa estar com o tempo e o espaço unido.</p>
[00:30:11.14]	<p>P.P.: [...] Qual é o objeto mais conhecido que a Astronomia estuda? Alguém tem um palpite? Qual é o objeto mais conhecido que a astronomia estuda? Turma: ((sem respostas)) P.P.: nenhum? P.P.: qual o objeto mais conhecido da astronomia para vocês? A5: sei lá. A3: telescópio, sei lá. A6: telescópio. P.P.: é:: não, oh, é:: objeto de::/que está sendo observado. A5: ah:: es[trela. A3: [estrela. P.P.: pronto, estrela. A6: mas não é (telescópio)? P.P.: é, mas no caso você está utilizando para observar. É um instrumento de observação. Certo, estrela. Então estrela é o objeto mais conhecido e:: o modelo, o exemplo mais próximo que se tem para se colher dados é o Sol, ok? A1: professor, mas se falar o universo em geral, está certo? P.P.: não por conta do jeito que eu perguntei, qual é o objeto MAIS CONHECIDO. A gente tem uma vivência dentro do universo, mas será que a gente conhece ele? Realmente entende? [...]</p>

APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA⁵⁹

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE ASTRONOMIA

EM UM TEMPO, EM UM ESPAÇO

Elaboração

Flaubert Meira Rocha Lacerda

Orientação

Claudemir Roque Tossato

Elysandra Figueredo Cypriano

2017

⁵⁹ Versão para impressão disponível em: <https://goo.gl/KsrWW1>

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	136
PÚBLICO ALVO	136
OBJETIVO GERAL	136
PROBLEMATIZAÇÃO	136
SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES	137
AULA 1	137
AULA 2	138
AULA 3	139
AULA 4	140
AULA 5	141
AULA 6	142
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	143
APÊNDICE B.1 – Cronograma	144
APÊNDICE B.2 – Tarefas para casa	145
APÊNDICE B.3 – Questionários	151
APÊNDICE B.4 – Slides das aulas ministradas	157
APÊNDICE B.5 – Notas dos slides usados em sala de aula	167

APRESENTAÇÃO

A sequência didática aqui proposta, intitulada “Em um tempo, em um espaço”, é um produto didático do Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia (MPEA), programa de pós-graduação do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Esta proposta busca trabalhar a unidade temática “Compreensão Humana do Universo” contida no tema estruturador “Universo, Terra e Vida”, o qual é referido nas “Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, capítulo “Física”.

A partir dos objetivos dessa unidade temática é possível se discutir diversos conceitos como os de universo, modelo, cultura, sociedade, tempo e espaço. Em especial, esta unidade sugere uma ampla discussão sobre os modelos explicativos da origem do universo. Em outras palavras, uma discussão sobre como ao longo do tempo e em vários lugares, a humanidade concebeu a origem do universo e seu respectivo desenvolvimento, ao mesmo tempo que ela tentava compreender esse universo, que, enquanto era vivido, se modificava.

A fim de contribuir com esta discussão, de forma a tratar igualmente os diferentes modelos, que a presente proposta, a partir de uma abordagem histórica-filosófica e pela perspectiva antropológica da Astronomia Cultural, busca explorar a unidade temática “Compreensão Humana do Universo” em sala de aula.

A sequência didática proposta traz sugestões de conteúdo de aula, atividades e questões, que esperamos que possa auxiliar professores e professoras na execução de aulas voltadas para a temática aqui explorada.

PÚBLICO ALVO

Ensino Médio

OBJETIVO GERAL

O(a) aluno(a) deve ser capaz de saber dialogar sobre a origem e evolução do universo sob as perspectivas mítica e científica, respeitando as diferentes visões existentes. Além de saber analisar os modelos explicativos que tratam da problemática.

PROBLEMATIZAÇÃO

O problema cosmológico diz respeito a como a humanidade tenta compreender o universo. Algumas perguntas básicas ou “questões fundamentais” que podem ser feitas sobre o problema cosmológico são: Qual a origem do universo/mundo? Quais

seus elementos constituintes? Qual o seu fim? Como foi o processo evolutivo do universo?

O problema cosmológico foi configurado como questão pela filosofia natural grega e foi um dos primeiros problemas estabelecidos por seu pensamento clássico. Contudo, antes da Filosofia se estabelecer como forma de pensamento, esse “tentar entender o universo” foi elaborado dentro de um contexto mágico-sobrenatural. Para o conhecimento mítico-religioso, o cosmos tem origem em um tempo e em um espaço primordial, ambos fisicamente inacessíveis ao ser humano, sob a ação de forças sobrenaturais ou divinas.

No contexto filosófico, o problema cosmológico passa pelo julgamento da razão. As causas para o cosmos, principalmente a de origem e a de ordem, são agora atribuídas à própria natureza e não mais a forças externas. As primeiras cosmologias filosóficas são fortemente marcadas por aspectos qualitativos e metafísicos.

Posteriormente, o “tentar entender o universo” passou para uma fase científica. A essência das coisas deixou de ter um papel primário e o interesse passou aos fenômenos e às leis capazes de descrever e prever as observações. O universo, para ser entendido, torna-se um objeto mensurável, conjecturado por teorias e modelos.

Os modelos explicativos do universo organizados segundo um determinado sistema de conhecimento, elaborados pelas várias sociedades ao longo do tempo e inclusive em suas culturas são as soluções encontradas pelo ser humano para o problema cosmológico.

SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

AULA 1

Tempo: 50 min.

Objetivo(s) específico(s)

Apresentar a sequência didática e seu cronograma.

Identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o problema cosmológico.

Conteúdos

Conceitual:

Procedimental: Criar uma narrativa.

Atitudinal: Ser tolerante com as opiniões de outrem. Ser flexível na construção de uma ideia em conjunto.

Recursos didáticos

Papel. Lápis de colorir. Cronograma (Apêndice B.1). Questionário 1 (Apêndice B.3).

Atividade 1 – Apresentação da SD	Duração: 10 min.
Descrição O professor(a) apresenta para a turma a SD, sua temática, o cronograma de execução e o sistema de avaliação.	

Atividade 2 – Representação do universo* *Adaptado de Jafelice, 2010, p. 109-114.	Duração: 20 min.
Descrição O professor(a) disponibiliza para a turma folhas em branco para desenho e lápis de cor e pede que, tendo unicamente como referência a palavra “universo”, elaborem um desenho. Os desenhos devem ficar visíveis a todos – podem ser dispostos no chão com a sala organizada em “U” ou fixados no quadro e/ou parede com fita. Em seguida, o professor(a) deve indagar aos alunos sobre os diferentes pontos de vista apresentados e gerar um diálogo entre a turma. Por fim, o professor(a) promove a construção de uma história em comum com a ajuda da turma, escolhendo algumas pinturas para a criação de uma história única. Ao final da atividade, indica-se a história final como um “mito” e o processo como a criação do mesmo.	

Avaliação

Participação em sala de aula. Realização da atividade realizada em sala de aula. Aplicação do “Questionário 1” (é sugerido que os alunos(as) respondam o questionário em sala de aula para garantir a originalidade das respostas).

NÚCLEO NÃO-CIENTÍFICO

Este núcleo concentra conteúdos e atividades direcionadas para o desenvolvimento antropológico da turma e a apresentação de modelos explicativos do universo, segundo uma concepção não-científica.

AULA 2

Tempo: 50 min.

Objetivo(s) específico(s)

Definir mito e apresentar suas características gerais.

Conteúdos

Conceitual: Definir e caracterizar os mitos.

Procedimental: Analisar textos.

Atitudinal:

Recursos didáticos

Sala de aula ou sala de vídeo. Slides: Mito e Mitologia (Apêndice B.4). Notas de aula: Mito e Mitologia (Apêndice B.5). Tarefa 1 (Apêndice B.2).

Atividade – Aula expositiva: Mito e Mitologia	Duração: 50 min.
<p>Descrição</p> <p>O professor(a) deve ministrar uma aula definindo mito e mitologia, apresentando suas características e funções.</p> <p>Se possível, pontos presentes nos desenhos e nos questionários relacionados a aula devem ser retomados.</p>	

Tarefa para casa

Os alunos deverão fazer uma leitura e análise dos mitos contidos na “Tarefa 1”. A própria tarefa contém sugestões de perguntas, que podem ser modificadas de acordo com o(s) objetivo(s) do professor(a).

Avaliação

Participação em sala de aula.

AULA 3

Tempo: 50 min.

Objetivo(s) específico(s)

Discutir os impactos das cosmogonias nas sociedades e em suas culturas. Apresentar a compreensão de tempo e espaço no contexto das cosmogonias. Mostrar a visão da Astronomia Cultural sob elementos históricos da Astronomia.

Conteúdos

Conceitual: Definir as cosmologias não-científicas. Situar os modelos não-científicos no tempo e no espaço. Apresentar o campo da Astronomia Cultural.

Procedimental: Comunicar conclusões.

Atitudinal: Desenvolver uma postura ativa.

Recursos didáticos

Sala de aula ou sala de vídeo. Slides: Cosmogonias (Apêndice B.4). Notas de aula: Cosmogonias (Apêndice B.5). Tarefa 1 com repostas dos alunos(as).

Atividade – Aula dialogada: Cosmogonias	Duração: 50 min.
<p>Descrição</p> <p>A partir das narrações fornecidas o professor levanta o questionamento: Como as cosmogonias influenciam uma sociedade? Iniciando um diálogo a partir desse ponto e seguindo sobre a construção do conhecimento pelas civilizações antigas, os vestígios da Astronomia no passado, os estudos realizados pelo campo da Astronomia Cultural e a compreensão do “tempo” e do “espaço” segundo a Mitologia. Os conteúdos são apresentados à medida que os alunos são solicitados a apresentar para toda a turma suas conclusões da análise dos textos. Com base no diálogo estabelecido os alunos podem acrescentar em suas próprias análises novas informações adquiridas.</p> <p>Se possível, pontos presentes nos desenhos e nos questionários relacionados a aula devem ser retomados.</p>	

Avaliação

Realização da tarefa. Participação em sala de aula.

NÚCLEO CIENTÍFICO

Este núcleo concentra conteúdos e atividades direcionadas para o desenvolvimento científico da turma e a apresentação de modelos explicativos do universo, segundo essa mesma concepção.

AULA 4

Tempo: 50 min.

Objetivo(s) específico(s)

Apresentar as características gerais da Cosmologia moderna e seu conceito.

Conteúdos

Conceitual: Definir cosmologias científicas. Apresentar o campo da Cosmologia moderna. Situar os modelos científicos no tempo e no espaço.

Procedimental: Analisar textos.

Atitudinal:

Recursos didáticos

Sala de aula ou sala de vídeo. Slides: Cosmologia moderna (Apêndice B.4). Notas de aula: Cosmologia moderna (Apêndice B.5). Tarefa 2 (Apêndice B.2).

Atividade – Aula expositiva: Cosmologias (parte 1)	Duração: 50 min.
Descrição O professor(a) deve ministrar uma aula apresentando e caracterizando o campo da Cosmologia moderna e sua história. Se possível, pontos presentes nos desenhos e nos questionários relacionados a aula devem ser retomados.	

Tarefa para casa

Os alunos deverão fazer uma leitura e análise do artigo contido na “Tarefa 2”. A própria tarefa contém sugestões de perguntas, que podem ser modificadas de acordo com o(s) objetivo(s) do professor(a).

Avaliação

Participação em sala de aula.

AULA 5

Tempo: 50 min.

Objetivo(s) específico(s)

Apresentar a compreensão de tempo e espaço segundo a ciência. Indicar como a Ciência pode estabelecer um modelo explicativo para a realidade. Discutir os impactos dos modelos cosmológicos modernos na vida social.

Conteúdos

Conceitual: Situar os modelos científicos no tempo e no espaço.

Procedimental: Comunicar conclusões.

Atitudinal: Desenvolver uma postura ativa.

Recursos didáticos

Sala de aula ou sala de vídeo. Slides: Cosmologia moderna (Apêndice B.4). Notas de aula: Cosmologia moderna (Apêndice B.5). Tarefa 2 com repostas dos alunos(as).

Atividade – Aula dialogada: Cosmologias (parte 2)	Duração: 50 min.
Descrição	

A partir das narrações fornecidas o professor levanta o questionamento: Como a cosmologia influencia a sociedade? Iniciando um diálogo a partir desse ponto e seguindo sobre a construção da cultura científica, como ela chega até a sociedade e a compreensão do “tempo” e do “espaço” segundo a ciência. Os conteúdos são apresentados à medida que os alunos são solicitados a apresentar para toda a turma suas conclusões de questões da análise dos textos. Com base no diálogo estabelecido os alunos podem acrescentar em suas próprias análises nova informações adquiridas.

Se possível, pontos presentes nos desenhos e nos questionários relacionados a aula devem ser retomados.

Avaliação

Realização da tarefa. Participação em sala de aula.

AULA 6

Tempo: 50 min.

Objetivo(s) específico(s)

Debater o problema cosmológico em diferentes modelos explicativos evidenciando as principais características e diferenças. Delimitar a Ciência e seu campo.

Conteúdos

Conceitual: Distinguir modelos. Conceituar Ciência.

Procedimental: Argumentar opiniões. Debater um problema.

Atitudinal: Ter uma postura crítica. Ponderar sobre diferentes opiniões. Respeitar diferentes visões de mundo.

Recursos didáticos

Sala de aula. Tarefa 1 e Tarefa 2 com repostas dos alunos(as). Questionário 2 (Apêndice B.3).

Atividade – Síntese sobre os modelos explicativos do universo	Duração: 30 min.
<p>Descrição</p> <p>Esta deve ser uma atividade de síntese sobre as diferentes concepções de origem do universo, que pode ser desenvolvida de forma oral ou escrita. Encorajamos fortemente a execução de um debate para promover esta síntese.</p> <p>Oral: O professor(a) pode iniciar o perguntando se a estória criada em conjunto na primeira aula poderia responder às perguntas: como surgiu o universo? Como ele</p>	

evoluiu e qual o seu fim? (O Problema Cosmológico). Em seguida perguntar se as explicações apresentadas e discutidas nas aulas anteriores poderiam responder a essas mesmas perguntas e se ambas são justificáveis. O professor(a) deve instigar os alunos a dizerem quais as diferenças e semelhanças entre os modelos apresentados. A medida que as opiniões são expressas o professor(a) deve mediar o conceito de modelos, os campos em que eles foram criados. Deve também delimitar o campo da Ciência. Promover o respeito com as tradições culturais e suas formas de expressão.

Escrita: O professor(a) pode pedir para a turma que elabore, individualmente ou em pequenos grupos (2 ou 3 alunos), uma síntese escrita contendo as principais características de cada tipo de modelo, a diferença entre eles, e se as diferentes concepções são justificáveis.

Avaliação

Participação em sala de aula. Realização da atividade realizada em sala de aula. Aplicação do “Questionário 2” (é sugerido que os alunos(as) respondam o questionário em sala de aula para garantir a originalidade das respostas).

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Ministério da Educação e Cultura – Secretária de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2002.

ELIADE, M. **Aspectos do mito**. Lisboa: edições 70, 1986. (Série: Perspectivas do Homem, v. 19).

GLEISER, M. **A dança do universo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

HORVATH, J. E. et al. **Cosmologia física: do micro ao macro cosmos e vice-versa**. São Paulo: Livraria da Física/USP, 2007.

JAFELICE, L. C. **Astronomia, educação e cultura: abordagens transdisciplinares para os vários níveis de ensino**. Natal: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

IWANISZEWSKI, S. Por uma Astronomia Cultural renovada. **Complutum**, v. 20, p. 23-37, 2009.

LIMA, F. P. et al. Relações céu-terra entre os indígenas no Brasil: distintos céus, distintos olhares. IN: MATSUURA, Oscar T. (org). **História da Astronomia no Brasil (2013)**. v. 1. Recife: Cepe, 2014. cap. 3, p. 86-130.

ROSENFELD, R. A Cosmologia. **Física na Escola**, v.6, n. 1, 2005.

APÊNDICE B.1 – Cronograma

Cronograma					
Em um tempo, em um espaço					
	Aula	Descrição das atividades	Tarefa para casa	Avaliação	
Núcleo não-científico	01	Apresentação da SD. Representação do universo.		Participação em sala. Questionário inicial.	
	02	Aula expositiva: Mito e Mitologia.	Análise das narrativas míticas.	Participação em sala.	
Núcleo científico	03	Aula dialogada: Cosmogonias.		Participação em sala. Realização da tarefa.	
	04	Aula expositiva: Cosmologia moderna (parte 1).	Análise do artigo.	Participação em sala.	
	05	Aula dialogada: Cosmologia moderna (parte 2).		Participação em sala. Realização da tarefa.	
	06	Síntese sobre os modelos explicativos do universo.		Participação em sala. Questionário final.	

APÊNCICE B.2 – Tarefas para casa

Instituição: _____	Data: __/__/__
Nome: _____	
Série: _____	Turma: _____

Atividade 1 – Pesquisa, leitura e análise de textos

Parte 1 – Pesquise sobre as culturas da Grécia homérica, dos índios Guarani e das tribos Ioruba para fazer a leitura dos textos abaixo.

Texto 1 – Matriz grega

Os Deuses Primordiais

Realmente, antes de tudo existiu Kháos [Caos],
depois Gaia [Terra] de amplo seio,
sede sempre firme de todas as coisas,
e o Tartaros enevoadado nas profundezas da Terra espaçosa,
e depois Eros [Desejo], o mais belo dos deuses imortais,
que rompe todas as forças,
e que doma a inteligência e a sabedoria no peito
de todos os deuses e de todos os homens.

Do Kháos surgiram Erebos [Trevas] e a negra Nyx [Noite].
E de Nyx nasceram Aither [Éter] e Hêméra [Dia],
concebidos quando ela se uniu a Erebos em amor.

E inicialmente Gaia [a Terra] gerou Ouranos [o Céu] estrelado,
igual a ela própria em tamanho,
para que ele a cobrisse toda
e para que fosse uma moradia segura para os deuses felizes.

(Fonte: MARTINS, R. de A. O Universo - Teorias sobre sua origem e evolução. 3.ed. São Paulo: Moderna, 1994.)

Texto 2 – Matriz indígena

Mito Guarani

I
Nosso Pai primeiro
criou-se por si mesmo
na Vazia Noite iniciada.

II

As sagradas plantas dos pés,
o pequeno assento arredondado
do Vazio Inicial
enraizou seu desdobrar (florescer).

III

Círculo desdobrado da sabedoria inaudível,
fluiu-se divino Todo Ouvir
as divinas palmas das mãos portando o bastão do poder,
as divinas palmas das mãos feito ramos floridas
tramam o Imanifestado, na dobra de sua evolução,
no meio da primeira Grande Noite.

IV

Da divina coroa irradiada
flores plumas adornadas
em leque.
Em meio às flores plumas floresce
a coroa-pássaro
do pássaro futuro,
luz veloz
que paira
em flor e beijo,
que voa não voando.

V

Nosso Pai Primeiro criava
futuro colibri, no curso de sua evolução, seu divino corpo.
Existia no entanto em meio aos primeiros Ventos Futuros
como coruja dentro da Noite Primeira
olhava-se, revoando
seu futuro firmamento, sua futura terra,
brisas surgidas
enquanto colibrizava vidas
dos ventos produzidas do Imanifestado que fora:
um colibri.

VI

Nosso Pai, O Grande Mistério, o primeiro,
antes de haver-se criado,
no curso de sua evolução,
sua futura morada,
sustenta-se no Vazio.
Antes que existisse sol
ele existia pelo reflexo de seu próprio coração
e fazia-se servir de sol dentro de sua própria divindade.

VII

O verdadeiro Grande Espírito, o primeiro,
existia diante dos ventos primeiros
de onde ancorava-se no vazio-noite
feito de coruja produzindo silêncios.
E fez que se girassem as manifestações de
si diante da noite, vestido de espaço.

VIII

Antes de haver o verdadeiro Pai, o Uno,
criado no curso de sua evolução, sua morada,
antes de haver criado a Terra Primeira,
existia em meio aos primeiros ventos:
e o Vento Primeiro de nosso Pai
podemos percebê-lo como espaço-tempo,
onde ao fim deste Vento,
nomeou-lhe: época, era (h)ora.
Orou, arando rios de tempo-espaço,
Desaguando novos ventos, os espaços novos,
Deflorem e florescem
A flor de cada época.

(Fonte: JECUPÉ, Kaka Werá. Tupã Tenondé: A criação do universo, da Terra e do Homem segundo a tradição oral Guarani. São Paulo: Petrópolis, 2001, p. 23-31.)

Texto 3 – Matriz africana

Mito Ioruba

Òrìsànlá põe-se a caminho apoiado num grande cajado de estanho, seu òpá osoró ou paxorô, o cajado para fazer cerimônias. No momento de ultrapassar a porta do Além, encontrou Exu, que, entre as múltiplas obrigações, tinha a de fiscalizar as comunicações entre os dois mundos. Exu, descontente com a recusa do Grande Orixá em fazer as oferendas prescritas, vingou-se fazendo-o sentir uma sede intensa. Òrìsànlá, para matar a sua sede, não teve outro recurso senão o de furar, com o seu paxorô, a casca do tronco de um dendezeiro. Um líquido refrescante dele escorreu: era o vinho da palma. Ele bebeu-o ávida e abundantemente. Ficou bêbado, não sabia mais onde estava e caiu adormecido. Veio então Olófin-Odùduà criado por Olodumaré depois de Òrìsànlá e o maior rival deste. Vendo o Grande Orixá adormecido, roubou-lhe o “saco da criação”, dirigiu-se a presença de Olodumaré para mostra-lhe seu achado e lhe contar em estado se encontrava Òrìsànlá. Olosumaré exclamou: “Se ele está nesse estado, vá você, Odúduà! Vá criar o mundo!” Odúduà saiu assim do Além e se encontrou diante de uma extensão ilimitada de água. Deixou cair a substância marrom contida no “saco da criação”. Era terra. Formou-se, então, um montículo que ultrapassou a superfície das águas. Aí, ele colocou uma galinha cujos pés tinham cinco garras. Esta começou a arranhar e a espalhar a terra sobre a superfície das águas. Onde ciscava, cobria as águas, e a terra ia se alargando cada vez mais, o que

APÊNCICE B.3 – Questionários

Instituição: _____	Data: __/__/__
Nome: _____	
Série: _____	Turma: _____

Questionário 1

1. O que é o universo para você?

2. Pode existir mais de um universo? Baseado em que informações você respondeu esta questão?

3. Em sua opinião, o universo teve um começo ou sempre existiu? Por quê?

4. Se houve um começo, como ele surgiu? Em caso negativo preencha com “não houve um começo”.

-
-
-
5. Outras sociedades, no passado e no presente, propuseram uma explicação para a origem do universo, comumente denominada mito por nossa cultura. Dê exemplos de sociedades que fizeram isso, caso você conheça.

-
-
-
-
-
-
-
6. Quais as características gerais dessas explicações?

-
-
-
-
-
-
-
7. Atualmente, a ciência propõe modelos físico-matemáticos para a origem do universo. Você pode indicar características gerais desses modelos?

-
-
-
-
-
-
-
8. Explique com suas palavras as diferenças entre a visão mítica e a visão científica acerca da origem e evolução do universo.
-
-
-
-
-
-
-

9. Sobre a questão anterior, as duas explicações são justificáveis? Por quê?

Instituição: _____	Data: __/__/__
Nome: _____	
Série: _____	Turma: _____

Questionário 2

1. O que é o universo para você?

2. Pode existir mais de um universo? Baseado em que informações você respondeu esta questão?

3. Em sua opinião, o universo teve um começo ou sempre existiu? Por quê?

4. Se houve um começo, como ele surgiu? Em caso negativo preencha com “não houve um começo”.

5. Outras sociedades, no passado e no presente, propuseram uma explicação para a origem do universo, comumente denominada mito por nossa cultura. Dê exemplos de sociedades que fizeram isso, caso você conheça.

6. Quais as características gerais dessas explicações?

7. Atualmente, a ciência propõe modelos físico-matemáticos para a origem do universo. Você pode indicar características gerais desses modelos?

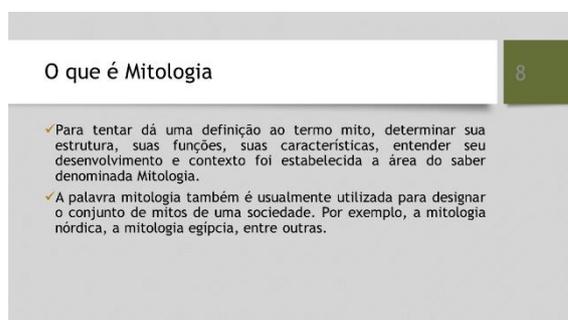
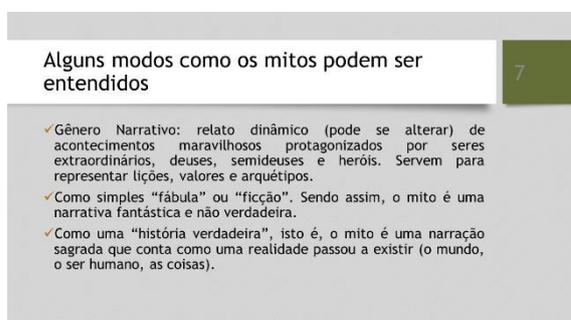
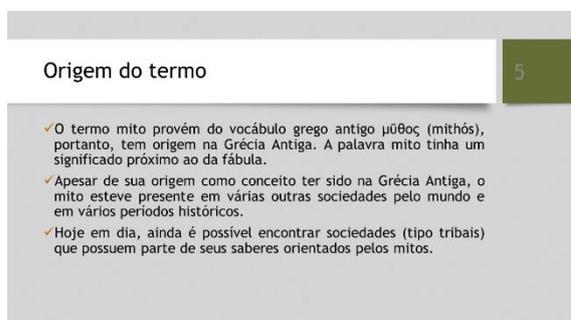
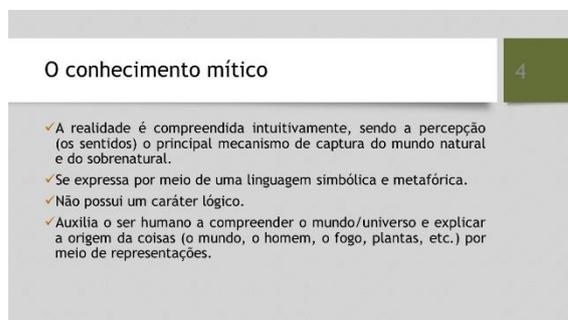
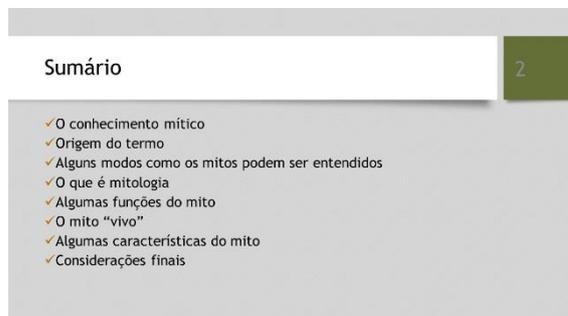
8. Explique com suas palavras as diferenças entre a visão mítica e a visão científica acerca da origem e evolução do universo.

9. Sobre a questão anterior, as duas explicações são justificáveis? Por quê?

10. Com base nas aulas e nas atividades desenvolvidas, a sua percepção sobre a origem do universo se alterou? Como ela se alterou?

APÊNCICE B.4 – Slides das aulas ministradas⁶⁰

Mito e Mitologia: manifestações de um saber



⁶⁰ Disponível em: <https://goo.gl/KsrWW1>



Algumas funções do mito

10

- ✓ Expressar e codificar uma crença. O mito, por meio da linguagem, é um dos instrumentos pelo qual uma crença é transmitida.
- ✓ Oferecer condutas práticas para a orientação do ser humano.
- ✓ Sociológica: "Validar ou conservar uma certa sociedade." As leis éticas, as leis da vida em sociedade, conforme os valores dessa determinada sociedade.
- ✓ Cosmológica: O sobrenatural se manifesta de todas as coisas. Assim, o universo se torna uma espécie de imagem sagrada.

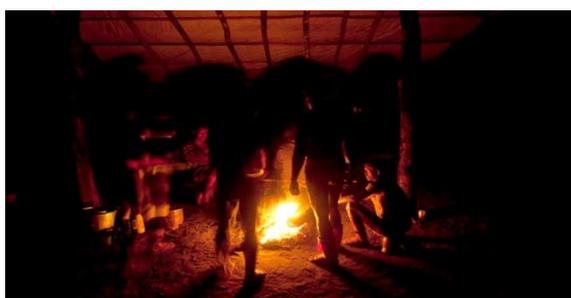
O mito "vivo"

11

- ✓ Para compreender o mito como "vivo" é preciso entender que ele, dentro das sociedades arcaicas, possui um caráter de "verdadeiro", pois se refere a realidades. Por exemplo, o mito cosmogônico é "verdadeiro" porque a própria existência do mundo prova a veracidade dele, e assim por diante.
- ✓ Nas sociedades em que o mito ainda está "vivo", seus indivíduos distinguem cuidadosamente os mitos, "histórias verdadeiras", das demais narrações, "histórias falsas".

12

- ✓ As "histórias verdadeiras" não podem ser indiferentemente narradas. Sendo necessários eventos como celebrações ou rituais para serem transmitidos.
- ✓ Enquanto que as "histórias falsas", episódios cotidianos de uma sociedade, podem ser contadas em qualquer parte e a qualquer momento.



Cerimônia do Kwarup na aldeia Kamaluré, no Parque Indígena Xingu.
Fonte: <https://acervo.wordpress.com/2015/08/08/kwarup-a-ultima-viagem/kwarup-5/>

Algumas características do mito

14

- ✓ Constitui a manifestação do sagrado ou sobrenatural em uma história verdadeira (porque se refere a realidades).
- ✓ Se refere sempre a uma "criação", contando como algo veio à existência, ou como um padrão de comportamento, uma instituição, uma maneira de trabalhar foram estabelecidos.
- ✓ Conhecendo-se o mito, conhece-se a "origem" das coisas e deste modo pode-se domina-las e manipula-las.
- ✓ Trata-se de um conhecimento que é "vivido" ritualmente.

Considerações finais

15

- ✓ Assim como o ser humano moderno é o resultado da "história", o ser humano das sociedades arcaicas se proclama o resultado de eventos míticos. Contudo, nem um nem outro se consideram produtos finais.
- ✓ Para compreender outras culturas, evitando julgamentos, é preciso refletir sobre como essa sociedade observa o mundo a sua volta, sua forma de conhecimento e seus padrões a partir do contexto histórico e social da cultura a qual pertencem e não a partir da nossa cultura.

Cosmogonias: a origem do universo segundo os mitos

Cosmogonias

A origem do universo segundo os mitos

Sumário

2

- ✓ O que são cosmogonias
- ✓ Classificação dos mitos cosmogônicos com relação ao início do Universo
- ✓ Tempo e Espaço mítico
- ✓ O papel das cosmogonias nas sociedades arcaicas
- ✓ Astronomia na Cultura

O Problema Cosmológico

3

Como o universo/mundo se originou? Como ele chegou na sua forma atual? O que existe nele?

O que são cosmogonias

4

- ✓ Dentre as narrações míticas, pode se destacar, uma na qual se narra a origem do universo/mundo. Este tipo de mito é chamado de cosmogonia. E seu conteúdo está de acordo com a sociedade que o narra.
- ✓ De natureza não científica, as cosmogonias podem ser consideradas como modelos explicativos para origem do universo e são válidos para as sociedades denominadas arcaicas ou tribais.

5

- ✓ As cosmogonias sendo um tipo de mito possuem as mesmas características e estrutura que os demais tipos:
 - ✓ Linguagem simbólica e metafórica;
 - ✓ Não possui caráter lógico;
 - ✓ Serve para exprimir uma crença;
 - ✓ Serve para manter uma sociedade;

6

- ✓ A criação do mundo é a primeira "origem", a criação primordial e modelo das demais "origens". Ela pode ter sido realizada pelos entes sagrados ou pelas próprias forças da natureza ou não ter tido uma origem definida. Seja como for, junto a essa origem passa a existir ou ser considerado um tempo e um espaço de poder no qual as demais origens partem e se concretizam.

Classificação dos mitos cosmogônicos com relação ao início do universo

7

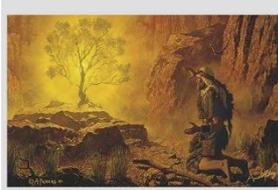


Adaptado de Marcelo Gleiser, A Dança do Universo.

Tempo e Espaço mítico

8

- ✓ Tanto o tempo quanto o espaço, dentro do contexto mítico, não são homogêneos, isto quer dizer que existem qualidades (características, teor) que diferenciam porções específicas do espaço e do tempo.
- ✓ Esta não homogeneidade é causada justamente pelo caráter mágico, sobrenatural ou divino do mito. Assim, pode existir um espaço e tempo "extraordinário" e um espaço e um tempo "comum".
- ✓ O "extraordinário" pode se manifestar no "comum" por vontade ou acaso das forças não naturais. E o "comum" pode ter acesso ao "extraordinário" por meio de práticas ritualísticas.



Moses and Burning Bush (Moisés e o arbusto em chamas), 1957, Arnold Friberg.



Mosteiro de São Bento, São Paulo.

10

- ✓ O espaço "comum" pode ser configurado representando o "extraordinário". Por exemplo, a própria distribuição espacial de uma aldeia como representação da cosmovisão de seus habitantes.
- ✓ O tempo "comum" pode ser entendido tanto com relação aos ciclos da vida humana (vida e morte, infância-maturidade-velhice, etc.) quanto com relação aos ciclos naturais (dia e noite, estações, mês, etc.).
- ✓ Estes aspectos, demonstram que mais do que conceitos isolados, espaço e tempo, para os povos arcaicos e tribais, estão integrados a uma compreensão do todo.

O papel das cosmogonias nas sociedades arcaicas

11

- ✓ Para as sociedades arcaicas o mito é difundido por meio de rituais, cerimônias e celebrações. Isto quer dizer que para chegar aos homens e mulheres os mitos precisam ser transmitidos por práticas sociais.
- ✓ Em geral, o(a) responsável por transmitir os mitos cosmogônicos e conduzir os ritos e cerimônias eram aquelas pessoas com função religiosa/espiritual dentro da sociedade. Que eram capazes de se conectar com o sobrenatural ou o divino.
- ✓ O mito cosmogônico, como criação primordial, ocorrido no tempo e espaço extraordinário, serve-se como exemplo para as ações de criar ou reiniciar.

12

- ✓ Em ritos de cura, tanto para o corpo quanto para o espírito. Integrada a essa narração poderia estar o mito da origem da doença e da cura. Deste modo, se poderia acessar o conhecimento sobre a doença e cura-la.
- ✓ Em cerimônias fúnebres. Ao entoar a criação poderia devolver o espírito aos primeiros antepassados.
- ✓ Em ocasiões de guerra. O mito cosmogônico como um mito de criação de um espaço inspirava a conquista e "criação" de novos espaços.
- ✓ Renovação do tempo. Cerimônias vinculadas às estações, início ou fim de ano.



Rito de renovação do ano da tribo Hupa, dança da camurça branca. Foto por Ericson, 1890.

Astronomia na Cultura

14

- ✓ Ainda que as cosmogonias estivessem em outra dimensão para o ser humano, como histórias "verdadeiras", representavam elementos da realidade. Esses elementos e o conteúdo presente no céu - planetas, estrelas, cometas, o Sol, a Lua, essencialmente - estabeleceram um vínculo profundo na vida cotidiana associando-se a diferentes aspectos da cultura e, além do mito e da religião, seu efeito é visto também na caça e agricultura.

15

- ✓ Em geral, os eventos celestes cíclicos e sazonais guiavam a vida terrestre.
- ✓ Permitiam perceber a passagem do tempo: claro e escuro, duração do "dia" - passagem do Sol; tempos de frio, calor e intermediários, as estações - posições do Sol; construção de calendários.
- ✓ Determinava a melhor época de plantio e colheita: nascimento de estrelas específicas ou constelações associadas às estações.



Stonehenge, Inglaterra.



Homem Velho, asterismo tupinambá.



Calendário Maia



Zodiaco.

17

- ✓ Permitted perceber os melhores momentos para pesca e caça. Lua.
- ✓ Guiavam na tomada de decisões. Certas configurações dos elementos do céu poderiam indicar condições favoráveis ou não para realizar uma ação.
- ✓ Eram presságios de boa ou má sorte. Cometas, eclipses.



Praça de Uxactun, Guatemala. As construções indicam as posições de equinócios e solstícios.



Representação artística da criação do mundo segundo a crença egípcia antiga.



Cânion Chaco, Novo México. Pictograma que pode representar a supernova de 1054.



Atlas de cometas em seda. Compilado por volta de 300 a.C na China.



Cosmologia moderna: a Ciência e o Universo

Cosmologia

O Universo e a Ciência

Sumário

2

- ✓ Do mito para a Ciência
- ✓ O conhecimento científico
- ✓ O que é Cosmologia
- ✓ Universo em larga escala
- ✓ O princípio cosmológico
- ✓ O modelo cosmológico padrão
- ✓ Uma proposta inicial
- ✓ Uma segunda proposta
- ✓ A lei de Hubble e a expansão do Universo
 - ✓ A idade do universo na lei de Hubble
- ✓ A nucleossíntese primordial
- ✓ Uma rival para os "Big Bangs"
- ✓ A Radiação Cósmica de Fundo
 - ✓ A RCF e o Big Bang

3

O que aconteceu desde a antiguidade até os dias atuais? O que mudou?

Do Mito para a Ciência

4

- ✓ Devido ao fato de que cada cultura possuía seus próprios mitos, estes não poderiam representar um saber universal.
- ✓ Em geral, os mitos também contrariavam as construções elaboradas pelo raciocínio e pela experiência humana.
- ✓ Aos poucos o predomínio do pensamento mítico para as explicações dos fenômenos naturais transitou para o pensamento científico. Processo que ocorreu em nossa cultura.
- ✓ Intermediando essa transição se encontra a filosofia e os filósofos naturais.

O conhecimento científico

5

- ✓ A realidade é compreendida por meio da objetivação, isto é, pela observação e experimentação. Os sentidos passam a ser fontes duvidosas.
- ✓ Possui um caráter lógico e racional.
- ✓ Analisa os fatos metódica e sistematicamente.
- ✓ Precisa ser verificável.
- ✓ Não compreende uma verdade absoluta. Suas teorias e conceitos podem sofrer alterações em função de novos dados.



Modelo geocêntrico.



Modelo heliocêntrico.

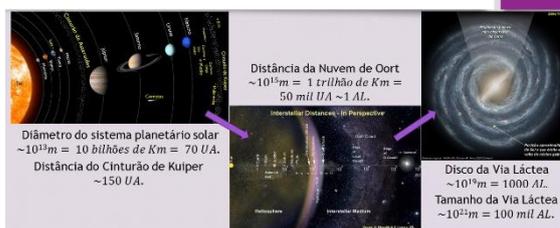
O que é Cosmologia

7

- ✓ Como Ciência, é o estudo em larga escala da história, estrutura e evolução do Universo.
- ✓ Teve início no século XX a partir das soluções encontradas para a Teoria da Relatividade Geral de Einstein e em conjunto com as descobertas dos grandes telescópios.
- ✓ A Cosmologia Moderna retoma o problema cosmológico a partir da perspectiva da Ciência.

Universo em larga escala

8



O Princípio Cosmológico

10

- ✓ Em larga escala, o Universo é homogêneo e isotrópico.
- ✓ Homogêneo: o mesmo em qualquer região. Não existe região privilegiada, as estruturas são uniformemente distribuídas.
- ✓ Isotrópico: o mesmo em qualquer direção. Não existe direção privilegiada, sendo possível encontrar as mesmas estruturas em qualquer região.

O Modelo Cosmológico Padrão

11

- ✓ O modelo cosmológico padrão (MCP) é fundamentado na junção de distintas evidências independentes entre si.
- ✓ Segundo este modelo, a aproximadamente 13,7 bilhões de anos atrás todo o Universo era um único ponto extremamente quente e de densidade infinita, denominado singularidade.
- ✓ A partir de uma perturbação, essa singularidade teve uma súbita expansão em um longo processo, dando origem à matéria, radiação e as atuais estruturas no universo. Este evento foi o Big Bang.

- ✓ Algumas características do MCP são:
 - ✓ O Universo é homogêneo e isotrópico em larga escala.
 - ✓ O Universo está em expansão acelerada.
 - ✓ O Universo é plano.
 - ✓ O Universo é formado por ~70% de energia escura, ~25% de matéria escura e ~5% de matéria comum.

12

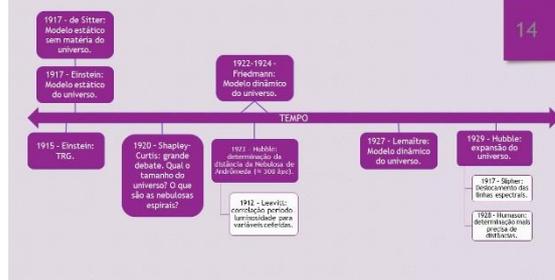


13

✓ Historicamente três descobertas observacionais sustentaram o modelo cosmológico de expansão.

- ✓ A lei de Hubble
- ✓ A nucleossíntese primordial
- ✓ A radiação cósmica de fundo

14



Uma proposta inicial

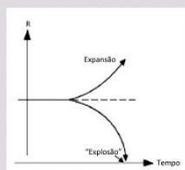
15

- ✓ Em 1917, tendo como base a Teoria da Relatividade Geral, Einstein elabora um modelo de universo, dito estático.
- ✓ Estático: a estrutura e o conteúdo do Universo não se alteram com o tempo.
- ✓ O universo de Einstein era: eterno no tempo, sem criação e sem fim; estático na aparência, não se modificava no tempo; e infinito no espaço.

16

- ✓ O universo de Einstein estava sujeito a um colapso gravitacional.
- ✓ Para solucionar o problema ele introduz o termo Λ para equilibrar com a gravidade. Ele também adota uma geometria esférica para o universo.
- ✓ Assim, ao final, o seu universo passou a ser: eterno no tempo; finito no espaço; e ilimitado sem bordas.

17



Universo de Einstein.

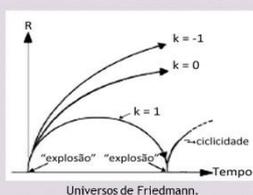


18

Uma segunda proposta

- ✓ Entre 1922 e 1924 Alexander Friedmann propõem uma solução não-estática. Universos que podem se expandir ou contrair, ditos dinâmicos.
- ✓ Dinâmico: a estrutura e o conteúdo do universo se alteram com o tempo.
- ✓ Os universos de Friedmann eram: com criação e/ou fim; dinâmico na aparência, se modificavam no tempo.

19

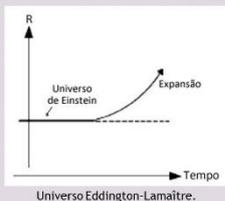


Universos de Friedmann.

20

- ✓ Entre 1927 e 1930 Georges Lemaître juntamente com Arthur Eddington propõem mais um modelo dinâmico.
- ✓ O universo Lemaître-Eddington era um universo fechado expandindo a partir do universo de Einstein.

21



22

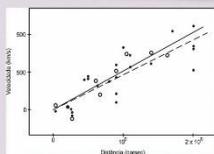
Como foi solucionado o primeiro conflito entre modelos?

23

A lei de Hubble e a expansão do Universo

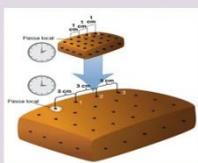
✓ Em 1929, o trabalho realizado por Edwin Hubble e colaboradores estabeleceu uma relação linear entre a velocidade de afastamento das galáxias e suas distâncias.

$$v = H_0 \cdot D \rightarrow \text{Lei de Hubble}$$

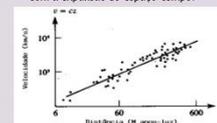


Relação distância-velocidade das nebulosas medidas por Hubble em 1929.

24



✓ Uma interpretação da lei de Hubble indica que não são os objetos que se afastam um dos outros em um fundo fixo, mas sim, que eles se movem junto com a expansão do espaço-tempo.



Fonte: Projeto TnE.

25

A idade do Universo na lei de Hubble

✓ Uma consequência da lei de Hubble é a determinação do tempo de Hubble:

$$V = H_0 \cdot D \Rightarrow \frac{1}{H_0} = \frac{D}{V}$$

$$t_H = \frac{1}{H_0} \rightarrow \text{tempo de Hubble}$$

✓ Essa nova informação revela a quantidade de tempo que uma galáxia demorou para chegar a atual distância. No caso especial de $t_H = 0$, temos o tempo da origem do universo.

26

O novo modelo de Lemaître

✓ Em 1931, inspirado pela Quântica, Lemaître propõe o modelo do "átomo primordial".



Universo do "átomo primordial" de Lemaître.

27

Qual o conteúdo inicial do Universo?

28

A Nucleossíntese Primordial

- ✓ Na década de 1940, George Gamow e Ralph Alfer, inspirados pela Termodinâmica, estavam interessados em explicar as atuais abundâncias dos elementos químicos presentes nas estrelas a partir de um evento geral primordial.
- ✓ Assim, em seu início, além do Universo ser menor, ele estava em um estado extremamente quente e denso.

29

- ✓ George e colaboradores encontram um valor de ~75% para o hidrogênio, ~24% para o hélio e mais ~1% para outros elementos mais leves.
- ✓ Na década de cinquenta o físico Fred Hoyle consegue explicar a abundância dos elementos químicos mais pesados.

Fonte: INPE.

30

- ✓ Gamow e colaboradores também previram que, em função da temperatura, o Universo primordial emitiu uma radiação que alterou seu comprimento de onda ao longo do tempo.
- ✓ Esta radiação deveria permear por todo espaço-tempo e estaria na região de micro-ondas, com uma temperatura em torno de 5 K.

31

32

Uma rival para os "Big Bangs"

- ✓ Em 1948, Hermann Bondi, Thomas Gold e Fred Hoyle elaboram a Teoria do Estado Estacionário.
- ✓ Estacionário: Universo com criação espontânea de matéria e o mesmo aspecto em larga escala, a menos de aspectos locais.
- ✓ Como a taxa de criação de matéria é constante (matéria perdida igual a matéria criada) o aspecto do universo em larga escala não se altera.

33

A densidade de matéria é constante todo o tempo.

34

A Radiação Cósmica de Fundo

- ✓ Em 1963, Arno Penzias e Robert Wilson, ambos trabalhando para a empresa de comunicação Bell Laboratories, identificaram um ruído na faixa das microondas (~4 K) vindo de várias direções em uma das antenas.
- ✓ Posteriormente, com o apoio do grupo de física de Princeton, que pesquisava sobre radiação cósmica e modelos cosmológicos, que eles puderam identificar o ruído como uma radiação de fundo.
- ✓ O atual valor radiação cósmica de fundo (RCF) é de 2,7 K.

35

A RCF e o Big Bang

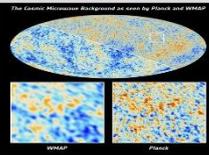
- ✓ Uma consequência da expansão do substrato do Universo é o "estiramento" dos comprimentos físicos.
- ✓ Este efeito também acontece com a luz ou radiação.

36

- ✓ Em 1992 foi identificado pela primeira vez as flutuações na temperatura da RCF pelo satélite CoBE.

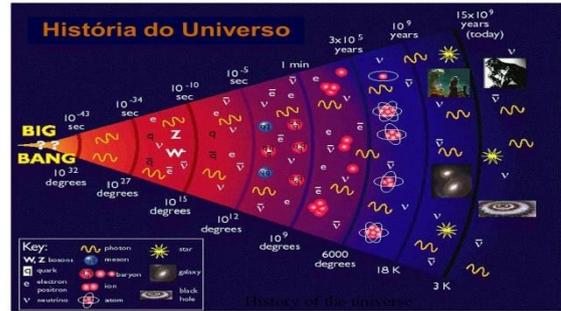
Satélite CoBE (Cosmic Background Explorer).

Radiação cósmica de fundo mapeada pelo CoBE.



Fonte: ESA and the Planck Collaboration; NASA / WMAP Science Team.

- ✓ A RCF de microondas nos dá a visão mais remota do universo primordial, já que, além deste limite, o meio era opaco à radiação.
- ✓ A RCF permite dividir a história do desenvolvimento do Universo em eras com diferentes propriedades físicas.



APÊNCICE B.5 – Notas dos slides usados em sala de aula

Mito e Mitologia: manifestações de um saber

Slide #4

No conhecimento mítico, o ser humano experimenta a realidade e a natureza a partir de sua própria consciência e de seus sentimentos. Existe na relação entre ele e o mundo uma comunhão, o ser humano está no universo, assim como, o universo está no ser humano.

Para tentar entender a realidade complexa o ser humano recorre a explicação, ou seja, tenta dá uma causa de como as coisas são como são. Nessa visão, essa causa é atribuída ao sobrenatural. Forças, em geral divinas, superiores ao humano, que são os agentes capazes de criar e modificar o mundo. Há no mito uma lição para ser aprendida.

Slide #5

A palavra mito é uma marca na nossa língua proveniente da língua grega – a nossa cultura está marcada por vários elementos originados da cultura grega, da qual, como cultura ocidental, somos herdeiros. Essa palavra foi cunhada para designar um modo específico de conhecimento ou de se compreender as coisas. Contudo, como modo de conhecimento, também se desenvolveu em outras localidades do planeta. Apesar de muito dos exemplares de mitos terem se extinguido ao longo do tempo ainda é possível de se encontrar sociedades que conduzem a vida dessa forma.

Slide #7

Entender o mito como verdadeiro, não equivale a afirmar que uma determinada narrativa é real ou não, mas sim, entender que o objeto do qual trata o mito está presente na realidade e a narrativa mitológica é uma forma de explicar essa presença.

Slide #9

Um cuidado que se deve ter é a distinção entre mito e religião. Apesar de ambas possuírem elementos em comum, como a presença do sobrenatural, e buscarem fornecer explicações para o mundo e suas coisas. Em termos gerais, a religião vai além do mito e molda seus elementos em doutrinas e dogmas. Existe uma noção muito mais forte de moral e ética na religião.

Slide #10

Diversas funções podem ser atribuídas ao mito. Em geral, além da função explicativa, ele funciona como um compêndio de crenças, com função reguladora do modo de se

viver. Tanto para aspectos mais profundos como uma cosmovisão quanto para aspectos mais práticos do cotidiano.

Slides #11 e #12

O mito como “verdadeiro” é uma narração sagrada, portanto, ele não pode ser dito a qualquer momento e em qualquer lugar. Sua transmissão deve ocorrer durante cerimônias ou após ter sido cumprido certas condições ritualísticas. É justamente nessas condições de tempo e espaço que o humano entra em contato com as divindades ou com o sobrenatural.

Além das histórias verdadeiras, histórias que narram as origens ou explicam as coisas, existem as histórias “falsas”, histórias de feitos e heróis (que não sejam os antepassados sagrados) ou outras situações, que podem ser contadas em situações do cotidiano.

Nas sociedades que adotam o mito, ele é o modelo exemplar para o comportamento, a organização e as ações humanas em geral, justificando e conferindo valor a esses aspectos. Assim sendo, o mito não só é uma história verdadeira como é vivo e/ou vivido no cotidiano e ritualizado nas cerimônias.

Slide #13

A imagem representa o ritual funerário, Kwarup, no qual ocorre a narração do mito de origem dos Kamaiurá, localizados na região do Alto Xingu.

A imagem é utilizada para exemplificar uma sociedade aqui ainda utiliza o conhecimento mítico para guiar suas vidas.

Slide #14

Assim como nas funções, o mito pode ser caracterizado por vários aspectos. Sendo alguns dos principais o fato de narrar uma criação e o fato de se haver uma lição a ser aprendida. Eles também podem ser caracterizados com relação ao conhecimento mítico.

Slide #15

Neste slide deve se chamar a atenção para a existência de diferentes maneiras de se compreender o universo. Que existe uma diversidade cultural e que devemos fazer o exercício de tentar entender o outro a partir da visão do outro, minimizando assim, preconceitos e descaracterizações com relação a esse outro.

Cosmogonias: a origem do universo segundo os mitos

Slide #3

Neste slide deve se introduzir a problematização, o problema cosmológico. Como o ser humano tentou responder às questões: que lugar é esse no qual eu vivo? Como ele se tornou o que é? Indicar que desde há muito tempo já existia esse tipo de dúvida e que diferentes explicações foram dadas para tentar respondê-la.

Em seguida, indicar que a aula irá tratar de como eram as respostas para esse problema, de acordo com o contexto mítico.

Slide #4

A cosmogonia é uma narração mítica que conta a origem do universo ou do cosmo para uma determinada sociedade, portanto, o conteúdo dessa narração possui elementos da cultura dessa sociedade. Por esse motivo, uma cosmogonia pode se referir somente a uma região geográfica específica e não ao mundo inteiro.

Slide #5

Características discutidas na aula anterior sobre mitologia.

Slide #6

Um fato importante na cosmogonia é que ela pode ser considerada como a primeira narração de origem, uma vez que antes de existir as coisas no mundo, é necessário que haja o mundo. Nesse sentido, as demais narrações de origem prolongam ou complementam a cosmogonia.

As cosmogonias contam a origem do universo em um tempo antes de tudo, um tempo extraordinário, não vivido para quem as contam. Um tempo no qual as entidades ou eventos conduziram a formação de todas as coisas até o tempo daquele(a) que a narra.

Slide #7

Neste slide deve se destacar que nem todas as sociedades que se organizavam ou se organizam pelo conhecimento mítico consideram que houve uma origem para o universo. Pode ter havido uma origem para o seu povo, mas não necessariamente para o mundo.

Slide #8

O tempo e o espaço “extraordinários”, aqueles contados nas cosmogonias são o tempo e o espaço das forças superiores, sobrenaturais, é o “onde” e o “quando” ocorreram os feitos que determinaram como aquela sociedade é atualmente, por

exemplo, em seus costumes e suas artes. Um tempo e espaço vivido pelos primeiros ancestrais.

Esse tempo e espaço “extraordinário” pode se manifestar ocasionalmente de acordo com a vontade das forças superiores, mas também podem ser acessados por meio das práticas sagradas e ritualísticas.

Slide #9

A imagem de Moisés e do arbusto em chamas representa a manifestação do divino em um tempo comum. A imagem do mosteiro de São Bento representa a transformação de um espaço comum em um espaço sagrado.

Slide #10

O espaço e o tempo “comum” são aqueles vividos no cotidiano. Entretanto, são guiados pelos acontecimentos primordiais, uma vez que estes últimos são os que fornecem o modelo exemplar.

Slide #11 e #12

Além de especificar as condições para a narração de uma cosmogonia é importante deixar claro o aspecto mágico criador de uma cosmogonia, pois é em função desse aspecto que podem ser definidos os eventos para sua narração.

Slide #13

A imagem representa um ritual de ano novo, a Dança da camurça branca, da tribo norte-americana Hupa. Nesse ritual é narrada a cosmogonia dessa tribo, para que um novo ano se inicie, destruindo as mazelas ocorridas no último, e se criando um novo tempo.

Slide #14

Não somente histórias em si, as cosmogonias são modos de se sentir e entender o mundo. Elas são manifestações produzidas pelo ser humano sobre sua relação com o cosmos e, portanto, são produções culturais de uma sociedade.

Nessa visão, o cosmos não só regulava o mundo natural como também o próprio ser humano (corpo) e sua vida (sociedade e cultura). Os fenômenos e o conteúdo presente no céu, estabeleceram um vínculo profundo com o cotidiano, pois eram percebidos e vividos.

Slide #15 e #17

A partir da relação entre céu-terra, o ser humano produziu e registrou em sua cultura diversos instrumentos e artefatos ao longo dos tempos.

A Astronomia na Cultura é um campo de conhecimento que estuda como a Astronomia (relação céu-terra) influenciou as culturas, quais os vestígios históricos que ela deixou.

Slide #16 e #18

Exemplos de manifestações culturais influenciadas pela relação entre céu-terra e o ser humano. A maioria dessas representações estão relacionadas à fenômenos cíclicos como estações, calendários e constelações. Outras representações indicam registros de eventos como meteoros ou supernovas.

Slide #19

Exemplos de como o céu pode se manifestar na produção artística. Também pode se citar produções cinematográficas (em especiais as ficções científicas) ou outras formas de produções.

Cosmologia: O Universo e a Ciência**Slide #4**

Deve se entender a transição entre mito e ciência, por um lado, no âmbito do pensamento, como uma quebra epistemológica, e, por outro lado, no âmbito histórico, como um processo gradual, que ocorreu inicialmente em uma localidade específica (Grécia e região) e que se expandiu posteriormente. Nossa cultura científica é herdeira desses fatos.

Slide #5

Deve se deixar claro que para o pensamento mítico as causas para os fenômenos naturais eram atribuídas ao sobrenatural, enquanto que para o pensamento científico elas eram atribuídas à natureza das coisas naturais, que por sua vez podiam ser verificadas.

Slide #6

Os modelos apresentados servem para exemplificar como a atividade científica altera sua concepção sobre um determinado conhecimento, no caso, sobre o Sistema Solar. Além de representar o Sistema Solar, os modelos exemplificados são também cosmológicos, uma vez que representam o universo inteiro (evidenciado pela esfera de estrelas).

Slide #7

Dizer que: “a Cosmologia Moderna retoma o problema cosmológico a partir da perspectiva da Ciência”; é dizer que as questões do problema cosmológico e suas repostas estão agora submetidas à teorias, modelos, leis e observações, que são próprias da Ciência.

Slide #8 e #9

Ao tratar do “universo conhecido” faz-se importante ressaltar a transição de um universo que se restringia ao Sistema Solar, nos modelos mais antigos, para um universo, a princípio, restringido à Via Láctea e, posteriormente, à noção de universo em larga escala.

É interessante também indicar que as mudanças no poder de observação, ocasionadas pelos avanços tecnológicos (e.g., telescópios e satélites) alterou o que era observável no universo e, conseqüentemente, sua compreensão.

Slide #11

Como construção histórica o modelo cosmológico padrão atual é o resultado de diversas contribuições teóricas e observacionais, realizadas por diversos cientistas, que podem ou não terem trabalhado em colaboração entre si ou terem se baseado em uma hipótese anterior.

É importante frisar e esclarecer que dizer que: “o Universo teve um ponto em que seu conteúdo estava reunido”; pode levar a uma compreensão errônea pelos(as) alunos(as) de que o Universo tem um centro de qual toda matéria se originou. Assim, associando “ter um ponto de origem” à grandeza espacial. Uma opção para contornar essa dificuldade é identificar essa origem com uma grandeza temporal, como: “houve um momento em que o Universo era um ponto no qual todos os seus elementos estavam reunidos”.

Slides #12 e #13

Esses slides servem para sintetizar algumas características e pontos importantes do MPC que serão tratados ao longo das aulas.

Contudo, como essas aulas pretendem discutir os modelos iniciais de universo e o sucesso histórico do Big Bang em função de evidências observacionais, não são tratados pontos como a consideração do universo como sendo plano e nem a determinação da distribuição dos elementos (matéria e energia) que formam o Universo. Ficando livre para o quanto cada professor(a) deseja aprofundar o conteúdo.

Slide #14

Uma questão que pode ser apontada na linha do tempo é a existência de uma discussão em torno de o Universo ser estático ou dinâmico. Por um lado, existiam modelos que indicavam um Universo eterno e sem evolução, como propôs o próprio Einstein. Por outro lado, existiam modelos nos quais o Universo realizava movimentos de contração ou expansão, em sua evolução.

Evidenciar esse fato é importante para contextualizar a importância da descoberta de 1929 de Hubble. Uma vez que a interpretação posteriormente dada a ela finaliza a discussão sobre a evolução do Universo em favor dos modelos não-estáticos.

Ainda é possível explorar a natureza da linha do tempo em favor de como a Ciência é construída, discussões teóricas contrapostas com observações, descobertas anteriores sendo reutilizadas como instrumentos para novas e a construção de teorias.

Slide #15

Em 1917, Albert Einstein a partir de soluções encontradas para sua Teoria da Relatividade Geral elabora um modelo cosmológico para o Universo. Ele parte da premissa que o Universo era essencialmente estável, eterno e espacialmente infinito. Esse tipo de modelo passou a ser denominado como estático, ou seja, sua aparência não se modificava no tempo. O que também implicava que ele não teve um início e nem teria um fim.

Slide #16

Einstein, ao admitir as condições antes mencionadas para o universo, teve de se confrontar por um problema no qual Newton também se confrontou, a instabilidade do universo. Em um universo estático, com corpos e distâncias já determinadas, qualquer perturbação causaria um colapso.

Para solucionar esse problema Einstein introduz um termo de correção em suas equações. Esse termo foi a constante cosmológica, representada por Λ , cujo significado físico para um valor positivo equivale a um agente de oposição à força da gravidade. Juntamente com a introdução da constante positiva, Einstein teve de adotar uma geometria esférica para seu modelo.

A geometria esférica permite que o espaço seja infinito e ilimitado (sem bordas).

Slide #17

O gráfico descreve como o fator de escala R , que descreve qual a variação das distâncias espaciais no passado com relação às distâncias medidas atualmente, com o tempo. O universo de Einstein permanece constante (estático) no tempo, a menos que ocorra uma perturbação no mesmo, levando o mesmo ou a uma expansão ou a uma contração.

Slide #18

Os trabalhos realizados por Alexander Friedmann divulgados inicialmente em 1922 e depois em 1924, continham uma nova solução para as equações de Einstein, as quais levavam para um novo tipo de universo, o não-estático.

As soluções encontradas por Friedmann, diferentemente das que foram elaboradas por seus antecessores, levavam a um universo que realizava movimentos de expansão ou contração, ou seja, um universo dinâmico, cuja aparência se modificava com o tempo.

Slide #19

O gráfico representa os universos de Friedmann e suas respectivas evoluções no tempo. Neste gráfico eles são descritos em relação à geometria (constante de curvatura k). Os modelos de Friedmann eram considerados demasiados matemáticos e teóricos, com pouco significado físico.

$k = 1$: universo fechado. O universo se expande até um máximo e começa a contrair, em função da quantidade de matéria presente nele. Esse modelo também leva à

possibilidade de um universo cíclico ou oscilante, no qual o universo repete indefinitivamente esse processo de origem e fim.

$k = 0$: universo aberto. O universo tem matéria suficiente para desacelerar o universo até ele atingir uma velocidade marginal, sem colapso.

$k = -1$: universo aberto. O universo não possui quantidade de matéria suficiente para causar um colapso e o universo expandiria indefinidamente.

Slide #20

Em 1927, o astrofísico e cosmólogo Georges Lemaître lançou seu artigo inicial contendo seu modelo de universo, contudo não houve visibilidade para seu trabalho na comunidade. Foi somente em 1930 com o apoio do renomado astrônomo Arthur Eddington, que havia sido seu professor, que seu modelo ganhou repercussão.

Neste slide deve ficar claro que antes de Lemaître propor um modelo que continha a ideia do big bang, ele propôs um modelo no qual o Universo não tinha origem.

Slide #21

O gráfico representa o universo de Eddington-Lemaître, o qual parte de um universo estático de Einstein e passa para um estado de expansão.

Slide #23

Em 1929, Edwin Hubble e colaboradores, sustentados por seus dados de observação, anunciaram que a velocidade na qual as galáxias se afastavam com relação à nossa, era proporcional à distância das mesmas. Essa relação, posteriormente, foi denominada de lei de Hubble.

Esta conclusão foi obtida a partir de dois conjuntos de dados distintos. Parte desses dados foram as medições do deslocamento das linhas espectrais medido por Slipher em 1917, interpretada como a velocidade radial das galáxias e inicialmente atribuída ao efeito Doppler. A outra parte dos dados foram as distâncias das galáxias obtidas por Humason em 1928, que forneciam medidas mais precisas, pois o mesmo tinha empregado técnicas mais confiáveis para aferir distâncias. A partir desses dados, Hubble pôde elaborar um gráfico em que cada variável evoluía individualmente, indicando uma linearidade entre elas.

O motivo pelo qual a constante obtida inicialmente por Hubble diferir com grande diferença do atual valor encontrado se deve ao fato de que a amostra estudada por Hubble estava a uma distância muito próxima. Deste modo, a componente da distância estava fortemente impregnada pelo movimento próprio de cada respectiva galáxia, sendo necessário medir galáxias cada vez mais distantes para minimizar esse erro.

Esse slide em particular tem muitos detalhes capazes de causar confusão. A exemplo: por qual a relação obtida por Hubble é linear? Além disso, é preciso ter um cuidado especial com cada grandeza da lei de Hubble: 1) a velocidade medida por Hubble é uma interpretação do deslocamento das linhas, constatado por Slipher; 2) a constante obtida por ele contém um erro ocasionado pelo movimento próprio, uma vez que as galáxias medidas estão muito próximas da nossa; 3) a distância deve ser entendida

como a soma do movimento de expansão do Universo em conjunto com o movimento da galáxia. Compreender de forma contrária, considerando uma galáxia se movendo em um “fundo” parado, contradiz a expansão.

Slide #24

A figura é uma análogo para expansão do Universo. Em que em um primeiro estágio a massa do pão ainda não passou por um processo de crescimento e as passas, que representam as galáxias, possuem uma certa distribuição e distância uma com relação as outras. Após o crescimento da massa, que corresponde à expansão do estrato do espaço-tempo, as passas se localizam em uma nova posição, mas as distâncias aumentam proporcionalmente. Tomando como referência uma passa qualquer, as passas (galáxias) mais afastadas se movem mais rapidamente que as passas mais próximas da passa de referência. Isto deve ser entendido em todas as três dimensões, não somente na superfície do pão.

O gráfico possui uma amostragem de galáxias superior a utilizada por Hubble, com galáxias localizadas a distâncias bem longínquas, duas ordens superior. Isto minimiza o erro do movimento próprio das galáxias locais e aponta que a relação obtida por Hubble permanece válida.

Slide #25

Uma das principais implicações da lei de Hubble é possibilidade de deduzir de que: se há um processo de expansão, houve um momento em que o universo era menor. Este raciocínio leva a considerar uma origem para o Universo e seu conteúdo.

É possível encontrar o tempo decorrido desse evento até os dias atuais por meio de um rearranjo na lei de Hubble, determinado o chamado tempo de Hubble, no qual $t=0$. Na verdade, o tempo de Hubble fornece a quantidade de tempo que uma galáxia demorou para chegar a atual distância.

Para ser mais preciso, para calcular a idade do Universo deve se levar em consideração, além do tempo de Hubble, uma função dependente do modelo de universo utilizado que fornecerá o fator de escala para a expansão.

Outra questão sobre o tempo de Hubble é apontar que o mesmo varia com o tempo, mas é uma constante no momento da medição.

A introdução do tempo de Hubble na cosmologia originou um novo problema a ser explicado pelos modelos que admitiam ou admitissem uma origem para o universo, calcular a idade do universo.

Slide #26

Somente em 1931, após Hubble e colaboradores estabelecerem uma relação entre a velocidade de recessão das galáxias e suas distâncias, que Lemaître propôs, em analogia à teoria quântica e aos decaimentos atômicos, seu modelo, o qual veio a ser conhecido como “modelo do átomo primordial”.

Lemaître interpretou a velocidade de recessão das nebulosas extra-galácticas como um efeito cósmico da expansão do universo.

Assim, como ocorre no gráfico dos universos de Friedmann, o novo modelo de Lemaître indica um evento de origem para o Universo.

Slide #28

Gamow e colaboradores eram favoráveis a ideia de um estado primordial da matéria como um gás neutro altamente comprimido ou um fluido neutro extremamente quente, denominado por ele de “ylem”. A partir da rápida expansão e esfriamento da matéria, causada pela expansão do universo, foi possível o aparecimento de elétrons, prótons e nêutrons. Posteriormente, com esfriamento do universo até um nível específico, essa matéria passaria por uma fase de aglutinação formando estruturas maiores, galáxias e estrelas, e por último o universo entraria na fase atual. Esse processo físico deveria ser capaz de explicar as condições atuais, isto é, atender à observação da atual abundância.

Slide #29

As frações encontradas por Gamow e colaboradores para a abundância dos elementos no universo primordial foi estabelecida pelas formações e ligações entre os núcleos. Com valores de aproximadamente 75% (3/4) para os isótopos de hidrogênio e aproximadamente 25% (1/4) para os isótopos de hélio.

A partir da combinação dos núcleos de hélio teve se ainda a formação do lítio, provavelmente o núcleo leve mais pesado sintetizado.

A formação de núcleos atômicos pesados se dá durante as fases evolutiva das estrelas. Os elementos após o lítio até o ferro são formados em estrelas de baixa até alta massa, em que o processo físico responsável por essa síntese é a fusão nuclear. Após o ferro, os elementos são sintetizados pelo processo de fissão nuclear em eventos mais energéticos, como as supernovas.

A figura mostra a abundância relativa de alguns elementos com relação ao hidrogênio. Existe uma faixa de concordância entre as abundâncias do hélio, lítio e deutério, que tendo seus valores somados representam 1 ou 100% da abundância.

Slide #31

Nesta linha do tempo é interessante destacar a existência de dois tipos de modelos cosmológicos, rivais entre si, elaborados na mesma década e indicar que eles serão diferenciados.

Outro ponto a ser notado é diferença de tempo entre previsão teórica e observação. Fato que ocorre na Ciência.

Slide #32

Em 1948, os físicos da universidade de Cambridge Hermann Bondi, Thomas Gold e Fred Hoyle publicaram dois artigos divulgando um novo tipo de modelo cosmológico. A principal característica desse modelo que o diferenciava dos demais era que o

universo era homogêneo tanto espacialmente quanto temporalmente, o que foi chamado de Princípio Cosmológico Perfeito. A consequência dessa homogeneidade temporal é que, apesar de haver mudanças locais, em larga escala, o universo nunca alterou e nem iria alterar sua aparência.

A postulação desse princípio solucionava automaticamente a questão da idade do universo, uma vez que ele seria eterno, sem origem e sem fim.

O modelo do estado estacionário enfrentava um outro problema. Ao admitir a recessão das galáxias comprovada pela lei de Hubble, era preciso criar um mecanismo para manter o universo em equilíbrio.

Para solucionar esse problema, eles introduziram um postulado, que admitia que a matéria era continuamente criada a uma taxa tal que a densidade média de matéria no universo permaneceria constante. Sendo a taxa constante (matéria perdida igual a matéria criada) o universo não se alteraria em uma escala suficientemente grande.

Slide #33

A figura representa um universo em expansão, mas que mantém uma densidade de matéria ao longo do tempo.

Slide #34

Ao se fazer uma respectiva histórica da descoberta da radiação cósmica de fundo (RCF) é importante deixar claro sua previsão por Gamow e Alpher, pois este fato contextualiza a descoberta, indicando que ela vinha fortemente debatida.

Outro ponto a se destacar é o fato de que o cientista/pesquisador necessita de um subsídio teórico inicial para “encontrar” o que procura. Uma descoberta, ainda que acidental, como ilustra esse episódio da história da astronomia, necessita de um contexto para ganhar significado.

Slide #35

Uma das implicações referentes à lei de Hubble é o não aumento das dimensões das estruturas juntamente com a expansão. Isto ocorre por que para as macroestruturas forças, como a gravidade, permitem a coesão global superando a tendência de sofrer o efeito da expansão. Porém, não é o que ocorre com a radiação, que se altera com o substrato do universo e se modifica juntamente com o fluxo, alterando, portanto, sua característica inicial, o comprimento de onda.

Slide #37

A princípio as flutuações eram previstas devido a heterogeneidade do universo local. Devido aos esforços das equipes das missões espaciais e um melhor entendimento da física envolvida, melhores tecnologias foram postas em uso, o acarretou em dados cada vez mais precisos, neste caso um mapeamento com uma melhor resolução (WMAP e Planck).

Aproveitando os avanços nas mídias televisivas, é interessante pedir aos alunos(as) para que tenham em mente uma imagem com baixa resolução e imagens com alta resolução (HD), qual oferece mais detalhes?

Slide #38

A evolução do aparecimento das estruturas pode ser mapeada pela radiação de fundo. Sendo que os processos de equilíbrio e desequilíbrio geraram diferentes eras com propriedades físicas específicas associadas.

A figura das Eras Cósmicas deve ser mais ilustrativa para indicar a formação de matéria em função da temperatura e o acompanhamento da RCF no processo.