

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA
A CIÊNCIA E A MATEMÁTICA**

MILENE RODRIGUES MARTINS

**O DISCURSO SOBRE A COSMOLOGIA CONTEMPORÂNEA E O SEU ENSINO
NAS DIFERENTES FALAS DA ACADEMIA**

Maringá

2016

MILENE RODRIGUES MARTINS

**O DISCURSO SOBRE A COSMOLOGIA CONTEMPORÂNEA E O SEU ENSINO
NAS DIFERENTES FALAS DA ACADEMIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

Maringá

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

M386d Martins, Milene Rodrigues
O discurso sobre a cosmologia contemporânea e o seu ensino nas diferentes falas da academia / Milene Rodrigues Martins -- Maringá, 2016.
225 f. : il., color., tabs., grafs., quadros.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, 2015.

1. Big Bang. 2. Estado estacionário - cosmologia.
3. Ensino da cosmologia contemporânea. I. Neves, Marcos Cesar Danhoni, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. III. Título.

CDD 21.ed. 523.1
AHS-002858

MILENE RODRIGUES MARTINS

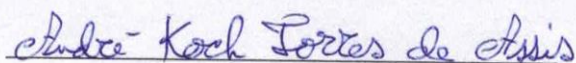
**O discurso sobre a Cosmologia contemporânea e o seu ensino nas
diferentes falas da academia**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em *Ensino de Ciências e Matemática*.

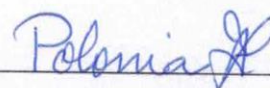
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Prof. Dr. André Koch Torre de Assis
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP



Profa. Dra. Polônia Altoé Fusinato
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 03 de Março de 2016.

DEDICATÓRIA

Ao meu avô Aparício Lopes Rodrigues (*in
memorian*) pela importância que teve em
minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves pela paciência e excelência na orientação e por ter me ensinado a ver o mundo sob outra perspectiva.

Aos membros da banca, professor Dr. André Koch Assis e professora Dra. Polônia Altoé Fusinatto pelas importantes contribuições no decorrer da elaboração deste trabalho.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática pelos conhecimentos proporcionados.

Ao Escritório de Cooperação Internacional da Universidade Estadual de Maringá (ECI-UEM) pela oportunidade em realizar a mobilidade internacional na Universidade do Porto/ Portugal.

Ao professor Dr. Jorge Paulo Maurício de Carvalho pela acolhida da Universidade do Porto e pelo empenho em me ajudar na coleta de dados.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de auxílio financeiro.

A minha família, em especial aos meus pais, Jucelino e Norma, irmãos, Luciano e Lucinei, por entenderem a minha ausência e me apoiarem incondicionalmente na busca dos meus objetivos.

Aos meus segundos pais, Flávio e Natália, exemplos de seres humanos, que sempre me ajudaram e me incentivaram a seguir em frente.

A professora Dra. Gisele Palma, pela confiança, amizade e generosidade com que sempre me ajuda em tudo o que eu preciso.

A todos os meus amigos (as), em especial a Alessandra, o Hederson e o João Luís pela preciosa amizade e apoio em todos os momentos desta caminhada.

RESUMO

As pesquisas voltadas para o ensino da Cosmologia ainda estão a caminhar a passos lentos, uma vez que, há poucos estudos desenvolvidos com esse enfoque. Nesta perspectiva, considerando as inquietudes pertinentes à origem do universo, este trabalho tem por objetivo investigar o discurso de seis professores e pesquisadores de duas instituições de ensino superior, sendo uma de âmbito nacional e outra internacional. A reflexão e discussão sobre as teorias cosmológicas e conflitos conceituais inerentes as mesmas, fazem-se necessárias nos diferentes níveis de ensino, a fim de evidenciar o caráter provisório do conhecimento científico. Para tanto, este trabalho terá como foco de estudo três evidências empíricas complexas que não permitem apenas uma interpretação: desvios para o vermelho (redshifts); radiação cósmica de fundo (CBR) e quasares. A obtenção dos dados se deu por meio de entrevistas filmadas, para posterior transcrição e interpretação das mesmas. A análise dos dados foi embasada nos pressupostos teóricos e metodológicos da pesquisa fenomenológica, segundo BICUDO (2000) e MARTINS (1994). Ao término das análises concluiu-se que a importância do ensino da Cosmologia ainda não é consenso entre os professores e pesquisadores, bem como a metodologia a ser adotada. Em relação à abordagem de modelos cosmológicos alternativos ao modelo padrão, os sujeitos de pesquisa, também não estão em consonância. Ademais, parece ser unanimidade entre os sujeitos de pesquisa a concepção de que em relação ao universo há muito a ser descoberto, investigado e estudado, uma vez que, se conhece apenas uma porção ínfima do mesmo. Em relação às três evidências empíricas (redshifts, quasares e radiação cósmica de fundo), os sujeitos de pesquisa que versaram sobre as mesmas, apresentaram somente as interpretações que corroboram para a solidificação da teoria do big bang (estrondão).

Palavras-chaves: Big Bang; Estado Estacionário; Ensino da Cosmologia Contemporânea.

ABSTRACT

The research focused on the teaching of Cosmology is still walking in slow steps, since there are few studies conducted with this focus. From this perspective, considering relevant questions on the origin of the universe, this paper aims to investigate the discourse of six professors and researchers from both institutions of higher education with national and international scope. The consideration and discussion of the cosmological theories and conceptual conflicts inherent in them are necessary in the different educational levels, in order to highlight the provisional nature of scientific knowledge. Therefore, this work will be focused on three complex empirical evidences that do not allow a single interpretation: redshifts, cosmic microwave background radiation (CMB), and Quasars. The data was obtained through interviews shot for later transcription and interpretation. The data analysis was based on theoretical and methodological assumptions of phenomenological research, according to BICUDO (2000) and MARTINS (1994). Upon the end of the analysis, it is concluded that the importance of Cosmology teaching does not present any agreement among teachers and researchers, as well as the methodology to be adopted. Compared with the approach of alternative cosmological models to the standard model, the research subjects are also not in concordance. Moreover, it seems to be unanimity among the research subjects the view that in relation to the universe there is much more to be discovered, investigated and studied, since it is known only a tiny portion of the universe. Regarding the three empirical evidences (redshifts, quasars and the cosmic microwave background), the subjects who studied and discussed these topics represented only the interpretations which support the big bang theory.

Keywords: Big Bang; Stationary state; Teaching Contemporary Cosmology.

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: a relação velocidade versus distância de Hubble | 24 |
| Figura 2: NGC258 fotografia da luz de emissão de hidrogênio alfa, mostrando gás excitado emergindo das regiões nucleares | 36 |
| Figura 3a: fotografia da galáxia NGC4319..... | 37 |
| Figura 3b: galáxia NGC4319 e o objeto-quasar 205..... | 37 |
| Figura 3c: ponte luminosa entre NGC4319 e Markarian 205..... | 37 |
| Figura 4: o diagrama da expansão do universo segundo o big bang (estrondão)..... | 42 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1: galáxias, quasares e respectivos redshifts | 36 |
| Tabela 2: critérios comparativos entre os dois modelos cosmológicos..... | 44 |
| Tabela 3: critérios comparativos entre os dois modelos cosmológicos..... | 46 |
| Tabela 4: previsões da CBR (radiação cósmica de fundo)..... | 48 |
| Tabela 5: as convergências dos discursos agrupadas segundo as categorias encontradas..... | 104 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO A COSMOLOGIA..... | 15 |
| 1.1. O PRINCÍPIO COSMOLÓGICO..... | 18 |
| 1.2. COSMOLOGIAS CONTEMPORÂNEAS..... | 18 |
| 2. EVIDÊNCIAS OBSERVACIONAIS? | 22 |
| 2.1. Redshifts | 22 |
| 2.2. Radiação Cósmica de Fundo (CBR)..... | 28 |
| 2.3. Quasares | 31 |
| 3. PROBLEMAS NO PARADIGMA | 40 |
| 3.1. OUTRAS ALTERNATIVAS AO MODELO COSMOLÓGICO PADRÃO | 51 |
| 4. ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS..... | 54 |
| 4.1. CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA | 59 |
| 4.2. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS | 60 |
| 4.3. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS | 62 |
| 4.4. O DISCURSO DA ACADEMIA SOBRE A COSMOLOGIA E SEU ENSINO | 65 |
| 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 67 |
| 5.1. UNIDADES SIGNIFICATIVAS E COMPREENSÃO IDEOGRÁFICA DOS DISCURSOS | 67 |
| 5.1.1. Sujeito de pesquisa 1 | 67 |
| 5.1.2. Sujeito de pesquisa 2 | 81 |
| 5.1.3. Sujeito de pesquisa 3 | 86 |
| 5.1.4. Sujeito de pesquisa 4 | 93 |
| 5.1.5. Sujeito de pesquisa 5 | 96 |
| 5.1.6. Sujeito de pesquisa 6 | 101 |
| 5.2. AS CONVERGÊNCIAS DOS DISCURSOS DOS SUJEITOS..... | 104 |
| 5.2.1. 1ª Categoria: Definição de Cosmologia..... | 104 |
| 5.2.2. 2ª Categoria: Cosmologia como ciência..... | 106 |

| | | |
|---|--|------------|
| 5.2.3. | 3ª Categoria: importância dos resultados observacionais | 110 |
| 5.2.4. | 4ª Categoria: importância do contexto histórico e social | 111 |
| 5.2.5. | 5ª Categoria: a necessidade de se fazer suposições no campo da Cosmologia 113 | |
| 5.2.6. | 6ª Categoria: Cosmologia como área de integração | 116 |
| 5.2.7. | 7ª Categoria: os pilares da teoria do big bang (estrondão) | 116 |
| 5.2.8. | 8ª Categoria: dúvidas sobre o modelo cosmológico padrão | 122 |
| 5.2.9. | 9ª Categoria: ensino da Cosmologia | 122 |
| 5.2.10. | 10ª Categoria: insegurança e receio ao falar sobre Cosmologia | 126 |
| 5.2.11. | 11ª Categoria: demonstração de nervosismo e autoridade no discurso . | 127 |
| 5.3. | COMPREENSÃO NOMOTÉTICA DOS DISCURSOS DOS SUJEITOS | 128 |
| 5.3.1. | Compreensão Nomotética imediata das situações relatadas pelos seis sujeitos de pesquisa | 128 |
| 4.3.2. | Compreensão Nomotética Geral | 129 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | | 131 |
| REFERÊNCIAS | | 133 |
| APÊNDICE 1: DISCURSO DOS SUJEITOS DE PESQUISA NA ÍNTEGRA | | 137 |
| APÊNDICE 2: MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | | 167 |

INTRODUÇÃO

A Cosmologia é um dos mais antigos empreendimentos intelectuais da humanidade. É igualmente um dos mais fascinantes. Não só do ponto de vista científico, mas também do ponto de vista filosófico, histórico e epistemológico. Ela configura-se como uma ciência integradora, onde busca empregar o saber de outras áreas do conhecimento, como por exemplo, a física, a matemática, a astronomia, no sentido de montar um cenário universal.

O homem, enquanto parte integrante do objeto que se propõe a estudar – o universo, não ocupa uma posição desejável para estabelecer e compreender as leis que governam a natureza. Surgem, dessa forma, uma pluralidade de teorias que visam fornecer explicações satisfatórias para os dados observacionais e/ou experimentais de porções ínfimas do universo, a que se tem acesso.

O ensino da Cosmologia, contudo, comumente não recebe a devida atenção, uma vez que, há poucas pesquisas voltados para essa área. Ao realizar um breve levantamento das teses e dissertações defendidas no Brasil com esse enfoque, junto ao Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia¹, foram encontradas apenas cinco dissertações, publicadas entre 2006 e 2011. São elas: Noções de Cosmologia no Ensino Médio: O paradigma criacionista do big bang e a inibição de teorias rivais (2006); A Cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos (2009); Tópicos de Astrofísica e Cosmologia: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (2010); A abordagem de conteúdos de Cosmologia no Ensino Médio e a proposta curricular na rede pública do Estado de São Paulo (2010) Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da Cosmologia (2011). Cujos respectivos autores são: Jorge Henrique Lopes de Oliveira (Universidade Estadual de Maringá- UEM); Luiz Henrique Martins Arthury (Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC); Ricardo Rechi Aguiar (Universidade de São Paulo-USP); Roberto Pereira Farinha (Universidade Cruzeiro Sul- UNICSUL) e Alexandre Bagdonas Henrique (Universidade de São Paulo- USP).

Diante do exposto, verificou-se que há poucos pesquisadores que se preocupam em investigar se e como os conceitos inerentes a Cosmologia estão sendo abordados e discutidos no ambiente escolar e acadêmico. No entanto, os Parâmetros Curriculares Nacionais, apontam

¹ Disponível em BTDEA -UFSCar - <http://www.btdea.ufscar.br/>

que “o universo, sua forma, seu tamanho, seus componentes, sua origem e sua evolução são temas que atraem os alunos de todos os níveis de ensino” (PCN, 1998, p. 38). Nesse sentido, para formar estudantes críticos reflexivos e atraí-los para ciência é fundamental que o professor não assente o seu saber em informações oriundas apenas de uma vertente de conhecimento, é necessário sobretudo que compreendam que “as teorias científicas, enquanto versões em construção ao longo dos tempos, evidenciaram as mudanças e a complexidade das relações entre os conceitos, assim como as próprias visões da comunidade científica de determinada época (PRAIA, CACHAPUZ, GIL-PÉREZ, 2005, p.74).

As concepções, conceitos e crenças que os professores possuem a respeito das teorias, que, supostamente regem universo, podem influenciar diretamente na visão adotada pelos estudantes em relação a Cosmologia. De acordo com Cachapuz (et al, 2005, p.61) “obter uma maior compreensão da atividade científica tem em si mesma, um indubitável interesse, em particular para quem é responsável, em boa medida, da educação científica de futuros cidadãos de um mundo impregnado de ciência e tecnologia”.

Nessa perspectiva, tendo em vista a problemática da origem do universo, este trabalho tem como problema de pesquisa “O que é a Cosmologia no discurso do professor e como ela se constitui como ciência natural? ”. As dissonâncias existentes entre a teoria do big bang e a do Estado Estacionário, desde a segunda metade do século XX, abrangeram argumentos científicos e filosóficos, bem como princípios éticos, políticos e religiosos (KRAGH, 1996). Assim, a reflexão sobre as concepções cosmológicas e os conflitos conceituais acerca do ensino da Cosmologia se faz necessária no âmbito escolar e acadêmico, a fim de se evidenciar e discutir o caráter provisório do conhecimento científico. Para tanto, este trabalho terá como foco de estudo três evidências empíricas complexas que não permitem apenas uma interpretação: desvios para o vermelho (redshifts); radiação cósmica de fundo (CBR) e quasares.

Este trabalho apresenta como objetivo geral: investigar o discurso de professores e investigadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) e da Faculdade de Ciências-Universidade do Porto (FCUP) a respeito da Cosmologia contemporânea e seu ensino.

E os objetivos específicos são:

- Mapear as crenças científicas dos professores e investigadores de ambas as instituições de ensino superior, IFRS e FCUP;
- Entender as origens da Cosmologia contemporânea;

- Realizar um resgate histórico da Cosmologia pré-big-bang, evidenciando as dissonâncias inerentes às certezas.

Para responder o problema de pesquisa e atender os objetivos, este trabalho será dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo será feita uma introdução a Cosmologia contemporânea, abordando aspectos relacionados ao princípio cosmológico, bem como às Cosmologias contemporâneas. No segundo capítulo, serão discutidas as três evidências empíricas sob a luz da teoria do big bang (estrondão) e, posteriormente sob a perspectiva de autores defensores da teoria do Estado Estacionário. No capítulo seguinte, serão apresentadas críticas ao paradigma vigente e os principais fatores que colocam em xeque os pilares do modelo cosmológico padrão.

O capítulo 4 discorrerá sobre os encaminhamentos metodológicos, de acordo com os pressupostos teóricos da pesquisa fenomenológica. Buscar-se-á também, contextualizar a pesquisa, bem como identificar os sujeitos de pesquisa, os instrumentos de coleta e interpretação de dados. O último capítulo, será dedicado a análise e interpretação dos resultados, onde inicialmente serão apresentadas as Unidades de Significado e as Compreensões Ideográficas de cada sujeito. Na sequência será estabelecido as convergências dos discursos, elencadas em categorias, para posteriormente, ser realizado a Compreensão Eidética das mesmas. Por fim, será apresentada a Compreensão Nomotética geral dos discursos.

1. INTRODUÇÃO A COSMOLOGIA

O estudo da origem do universo procura responder muitas inquietudes pertinentes ao homem. Para tentar entender os mistérios do universo, se faz necessário buscar respaldo nos estudos da Cosmologia, entendida como uma ciência que pretende compreender a evolução, a estrutura e a composição do universo. Nas palavras de Silk (1985, p.1)

Cosmologia é o estudo, em larga escala, da estrutura e evolução do universo. Quando lançamos os olhos para as profundezas distantes do espaço, estamos, de fato, olhando para um tempo que já passou. Nós vemos as mais remotas galáxias tal como elas se apresentavam há milhares de anos atrás, quando suas luzes iniciaram suas longas jornadas através do tempo.

As informações que a humanidade tem acesso são oriundas de um passado remoto do universo e, desde milhares de gerações os seres humanos têm destinado atenção à observação do espaço em busca de respostas que representam a essência da Cosmologia – de onde viemos e para onde vamos? O conhecimento acerca do universo distante e sua origem era muito limitado, ao ponto de, propiciar o surgimento de diversas teorias para explicar os dados observados.

As primeiras tentativas cosmogônicas² emergiram da necessidade do homem compreender e explicar o mundo que o cerca e, nesse contexto a mitologia, a filosofia e a religião desempenharam um papel fundamental na criação de modelos de universos que corresponderam as suas expectativas e crenças. Para Carvalho (2000, p.11)

Podemos dizer que a mitologia é a Cosmologia pré-científica. E a construção de modelos baseados numa complexa teia de mitos que ilustra uma das primeiras tentativas conhecidas para explicar o Universo com um pensamento sistemático. São de reconhecida importância histórica de algumas mitologias com origem em civilizações bastante diversas. A título de exemplo podemos citar a civilização Maia ou a Egípcia e a Judaica, e mais a oriente a civilização Babilônica, a Indiana e a Chinesa.

A Cosmologia científica moderna descende de uma extensa sucessão de ideias que emergiram das diversas civilizações e foram, posteriormente, desenvolvidas

[...] pelos gregos e preservados e elaborados pelos árabes, através da Idade Média, sendo depois reestruturados pelos escolásticos na Renascença e foram então, finalmente aproveitadas pelos homens modernos que a transformaram e, com isso, inauguraram a presente era da ciência (ROBERTSON, 1959, p.4).

Cada civilização empreendeu esforços intelectuais para construir sua visão de mundo, contudo “[...] a busca de uma teoria científica para o universo têm suas origens no declínio da visão mitológica ancestral do mundo” (SINGH, 2004, p.14).

² Cosmogonia diz respeito ao estudo da origem das estruturas visíveis do universo, desde os imensos aglomerados de galáxias até o sistema solar (SILK, 1985).

Até o século XVII d.C. pensava-se e defendia-se amplamente a ideia de que o homem ocupava um lugar especial no universo. A comunidade científica aderiu por aproximadamente dois mil anos o modelo criado e desenvolvido pela civilização grega, o modelo Geocêntrico, no qual, a Terra encontrava-se no centro do universo. Contudo, com a Revolução Copernicana, esta deixou de ocupar a posição privilegiada e, por meio da contribuição de importantes trabalhos realizados por cientistas, como Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Tycho Brache e Galileu Galilei, admitiu-se o Heliocentrismo como o novo paradigma³. Deste modo, percebe-se que os paradigmas adquirem seu *status*, em virtude de serem mais bem-sucedidos que seus competidores na resolução de alguns problemas, reconhecidos como graves por um grupo de estudiosos (KUHN, 1998).

Em meio ao momento histórico atual, a Cosmologia contemporânea dispõe de três principais modelos cosmológicos, sendo que um advoga em favor de um universo estacionário e os demais mostram-se favoráveis a um universo em expansão. Entretanto, vale ressaltar que estes ambos modelos apresentam características e argumentos que divergem entre si.

O modelo cosmológico que concebe o universo em expansão foi proposto pelo físico russo George Gamow (1904-1968), no fim da década de 1940 e o mesmo ficou conhecido como big bang. Todavia, este termo, conforme ressalta Soares (2010), foi cunhado pelo astrofísico e cosmólogo britânico Fred Hoyle de modo pejorativo, com o propósito de demonstrar o seu descontentamento com as teorias cosmológicas de expansão, originadas a partir de uma singularidade inicial, pois considerava que estas eram simplórias e inadequadas para a descrição do universo. A tradução geralmente empregada é “Grande Explosão”, entretanto, de acordo com Soares (2010) a mesma é totalmente insatisfatória, especialmente porque trai o espírito com que o termo foi cunhado, uma vez que, rigorosamente, a tradução apropriada de Grande Explosão para o Inglês é “Great Explosion”. Ao considerar que o adjetivo Big se apresenta como termo designativo do aumentativo em Inglês, o que em Português é designado pelo sufixo *ão*, Soares (2010) sugere que a tradução proposta para Big Bang, que satisfaz a ideia original de Hoyle, seria “Estrondão”. Desse modo, optar-se-á por trazer acompanhada a tradução “estrondão” ao referir-se ao termo “big bang”.

De acordo com teoria do big bang (estrondão), em resumo, o universo teria sido criado instantaneamente a partir do nada ou do vazio, há aproximadamente quinze bilhões de anos

³ No seu uso estabelecido, um paradigma é um modelo ou padrão amplamente aceito pela comunidade científica (KUHN 1998).

atrás, encontrando-se em expansão e resfriamento desde então. No princípio, esse universo primordial era extremamente pequeno, quente, denso e apresentava um volume inicial nulo. Tais afirmações caracterizam a chamada singularidade inicial e, de acordo com este modelo, o desvio das raias espectrais das galáxias para o vermelho (redshifts) é interpretado como sendo decorrente de um efeito Doppler óptico.

A segunda teoria cosmológica que se opõe parcialmente ao big bang (estrondão) é denominada Estado Estacionário, proposta, em 1948, por três cosmólogos britânicos de Cambridge, Hermann Bondi (1919-2005), Thomas Gold (1920-2004) e Fred Hoyle (1915-2001). Esta teoria admite a expansão do universo, porém propõe a criação contínua de matéria no decorrer do tempo e o desvio para o vermelho cosmológico também é interpretado como sendo resultado de um efeito Doppler óptico (ASSIS, 2015). Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge (1925-2010) e Jayant Narlikar (1938-) publicaram um livro denominado “A Different Approach to Cosmology: From a Static Universe through the Big Bang towards Reality” (Uma abordagem diferente para Cosmologia: De um universo estático através do Big Bang para a realidade), no qual defendem amplamente este modelo.

O terceiro modelo cosmológico refere-se a um universo infinito no espaço e no tempo, em equilíbrio dinâmico, contrário a expansão e a criação contínua de matéria, com uma densidade média de matéria do universo constante (ASSIS, 2015). Este modelo foi apresentado e defendido por autores como Charles Édouard Guillaume (1861-1928), Erich Regener (1882-1944), Walther Nernst (1864-1941), Louis De Broglie (1892-1987), Erwin Finlay-Freundlich (1885-1964), Max Born (1882-1970), entre outros e atribui o desvio para o vermelho cosmológico a um novo princípio da natureza que não está relacionado com o efeito Doppler óptico, ou seja, não apresenta relações com a velocidade de recessão das galáxias (ASSIS, 2015).

1.1. O PRINCÍPIO COSMOLÓGICO

O conhecimento adquirido através das observações, obtidas por meio dos telescópios ópticos, intrigam os cosmólogos, pois as observações são feitas a partir de um ponto específico do universo e a construção de modelos cosmológicos carece de um conhecimento generalizado da distribuição e das propriedades da matéria em todo o universo (SILK, 1985). Para contornar tal empasse, os cosmólogos aderem a um princípio universal, segundo o qual a amostra local do universo, que se tem acesso, não difere em nada de outras regiões distantes e inacessíveis.

Para Silk (1985) existem fortes razões filosóficas que advogam em favor desse princípio universal. A primeira razão corresponde ao fato de que as leis da física necessitam ser semelhantes em todo o universo, uma vez que, se não o fossem, as experiências não poderiam ser submetidas a repetições e, portanto, as leis físicas, que são conhecidas, seriam irrelevantes. O segundo aspecto diz respeito à ponderação de que o universo, no seu esboço geral, precisa ser o mais simples possível.

Nesta perspectiva foi proposto o princípio cosmológico, considerado o pressuposto básico da Cosmologia moderna. Este princípio presume que o universo é isotrópico e homogêneo à escala cosmológica, ou seja, em grandes escalas⁴. Isotrópico significa que o universo vai parecer o mesmo em todas as direções e homogêneo refere-se à suposição de que a Terra não ocupa um lugar privilegiado, uma vez que, todos os locais do universo são equivalentes (SINGH, 2004).

Há, contudo, cosmólogos que procuraram generalizar o princípio cosmológico introduzindo o conceito de invariância no tempo que, de acordo com o mesmo, o universo é eternamente imutável e, deste modo, o princípio cosmológico perfeito, estabelece que o universo observado de qualquer ponto no espaço e no tempo apresenta características semelhantes (SILK, 1985). Cada versão do princípio cosmológico conduz a uma concepção radicalmente distinta do universo, esta última, por exemplo, vai ao encontro dos pressupostos teóricos do modelo do Estado Estacionário, que será posteriormente discutido.

1.2. COSMOLOGIAS CONTEMPORÂNEAS

⁴ Considera-se que grandes escalas correspondem a dimensões superiores a cerca de 100 *Mpc*, onde 1*Mpc* corresponde a 3.260.000 anos-luz ou 30.900.000.000.000.000 quilômetros.

Conforme consenso entre pesquisadores da área acredita-se que a Cosmologia teve início na década de 1920, após Einstein escrever as equações da relatividade geral. Tais equações tinham o propósito de descrever o comportamento do espaço, tempo e matéria, bem como tudo o que existe no universo. Contudo, em 1905, Einstein já havia explicado a natureza do espaço e do tempo, por meio da teoria da relatividade especial⁵ e a respeito desta, Gribbin (1995) destaca que a característica básica consiste na unificação de ambas as grandezas em uma única, conhecida como espaço-tempo.

A teoria da relatividade geral proposta por Einstein ofereceu uma nova teoria da gravidade que apresentava resultados mais satisfatórios que a teoria de Isaac Newton, porque também obtinha êxito em ambientes de gravidade considerável, como por exemplo, próximo às estrelas.

Em essência, a lei da gravitação universal formulada por Newton afirma que cada corpo no universo atrai outro corpo e, mais especificamente, ele deduziu a força de atração gravitacional a partir das leis de Kepler, propondo-a então para explicar outros fenômenos como as marés e a precessão dos equinócios, conforme expressa a seguinte equação:

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

A força (F) entre dois corpos é diretamente proporcional ao valor das massas dos mesmos (m_1 e m_2) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre ambos os corpos (r^2). A constante gravitacional (G) corresponde a $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$.

A lei da gravitação universal proposta por Newton reinou no cosmos durante séculos, após a sua morte, pois os cientistas presumiam que o problema da gravidade havia sido explicado, uma vez que, acreditavam que a equação poderia ser empregada em todos os cenários, sejam eles terrestres ou espaciais. Todavia, Singh (2004) destaca que Newton suspeitava que o seu entendimento estivesse incompleto, pois sua teoria implicava em um universo colapsante.

Em 1915, quando Einstein concluiu sua teoria da relatividade geral, ele, assim como Newton, desenvolveu uma equação matemática para explicar e calcular a força da gravidade em todas as situações concebíveis, considerando válida a premissa da existência do espaço-tempo flexível (SINGH, 2004). Em ambientes, cuja gravidade era considerada baixa, tanto a teoria de Newton quanto a de Einstein, apresentavam resultados satisfatórios, contudo ambas as teorias foram testadas estudando-se a órbita de mercúrio e o desvio da luz em torno do sol,

⁵ O termo “especial” é empregado porque se aplica apenas a situações nas quais os objetos movem-se a uma velocidade constante (SINGH, 2004).

onde a gravidade possui valores extremos. O resultado obtido foi que a teoria de Newton falhou ao contrário dos fundamentos de Einstein, que se mostraram serem bem-sucedidos em todas as circunstâncias.

Mais tarde, ao aplicar a relatividade geral e a equação da gravidade ao universo, como um todo, Einstein percebeu que estas conduziam a um universo instável, onde todos os objetos se atraíam em escala cósmica, todavia ele “[...] tinha tanta certeza de que o universo precisava ser estático que modificou sua teoria para tornar isso possível, introduzindo em suas equações o que chamou de constante cosmológica” (HAWKING, 1942, p.61). Tal constante dava origem a uma força repulsora que atuava no sentido contrário à atração gravitacional de todas as estrelas, fazendo com que todos os elementos do universo mantivessem afastados. Em outras palavras “isso era uma espécie de antigravidade cuja força dependia do valor dado a constante” (SINGH, 2004, p.144). Em teoria, Einstein considerou que, atribuindo com devido cuidado, um valor para a constante cosmológica, poderia contrabalançar a atração gravitacional e impedir o colapso do universo.

O ajuste feito por Einstein, ao introduzir a constante cosmológica, alegrou os cosmólogos, pois permitiu que a teoria da relatividade geral fosse compatível com um universo estático e eterno, porém o renomado físico admitia que a mesma era deselegante, uma vez que, prejudicava a beleza formal da teoria. Contudo, alguns anos depois, em 1922, o matemático russo Aleksandr Friedmann (1888- 1925) adotou uma concepção oposta e após ler os trabalhos de Einstein, questionou o papel da constante cosmológica e desafiou a comunidade científica.

Friedmann iniciou os seus trabalhos como matemático concebendo a teoria da relatividade geral em sua forma esteticamente mais agradável, ou seja, sem a constante cosmológica. Os resultados de seus estudos descreviam como diferentes modelos de universo poderiam ser criados com distintos valores atribuídos a constante cosmológica, bem como delineavam um modelo de universo, no qual a mesma era estabelecida como zero (SINGH, 2004). Em suma, o trabalho de Friedmann ao desconsiderar a necessidade da constante cosmológica, dava origem a um modelo dinâmico e evolutivo do universo.

Para Einstein e alguns estudiosos, o modelo de universo desenvolvido por Friedmann estava condenado ao colapso e, portanto, não foi bem aceito. Todavia, Friedmann acreditava que o problema do dinamismo do universo estaria, supostamente solucionado, se o mesmo tivesse sido impulsionado por uma expansão inicial, pois desse modo o universo teria um ímpeto para competir com a força da gravidade. No contexto histórico da época, essa concepção de universo era radicalmente nova e trazia muitas implicações.

Mais tarde, Einstein reconheceu a validade dos trabalhos de Friedmann e retratou-se afirmando que havia cometido o maior erro de sua carreira científica, contudo é conveniente salientar que nesse período “[...] a noção de que o Universo era eterno e imutável estava tão profundamente arraigada, que até mesmo Einstein preferiu acomodar sua teoria a essa ideia dominante em vez de aceitar o que ele previa” (GRIBIN, 1995, p. 6-7). Tal acontecimento evidencia que o mundo do cientista pode ser tanto qualitativamente transformado como quantitativamente enriquecido pelas novidades fundamentais de fatos ou teorias (KUHN, 1998).

A ideia de um universo que expande e evolui manteve-se em meio as sombras, pois ainda não havia dados observacionais que pudessem comprovar ou refutar essa concepção. Após alguns anos, em 1927, Georges Lemaître (1894 – 1966), um clérigo e cosmólogo, desenvolveu seus trabalhos de modo independente, mas assim como Friedmann aplicou o princípio cosmológico de que o universo deve ser homogêneo e isotrópico e ousadamente admitiu que o mesmo poderia estar em expansão (SILK, 1985).

Lemaître concluiu que a relatividade geral implicava em um momento de criação, ou seja, ele inferiu que o universo teve origem em uma região pequena e compacta da qual explodiu e evoluiu com o tempo até transformar-se no universo que se conhece atualmente (SINGH, 2004). Em outras palavras, ele ponderou que “há um certo número de bilhões de anos toda a matéria do universo em um único lugar e formava uma estrutura denominada *átomo primordial*” (ASIMOV, 1977, p.98). Desse modo, Lemaître foi o primeiro cientista a fornecer uma descrição detalhada e, supostamente segura ao modelo cosmológico que atualmente denomina-se big bang (estrondão).

Após a divulgação dos trabalhos de Lemaître, os cosmólogos mantiveram-se crédulos à ideia de um universo estático e eterno, uma vez que, tal concepção ia ao encontro das crenças inerentes a maioria dos estudiosos. Entretanto, com objetivo de discernir entre o mito e a ciência, os teóricos voltaram-se para os astrônomos observacionais na tentativa de buscar respaldo em evidências observacionais para a confirmação ou refutação da teoria que consistia em prever um universo em expansão.

2. EVIDÊNCIAS OBSERVACIONAIS?

A Cosmologia enquanto ciência consiste em dois seguimentos complementares, a teoria e a observação. Na perspectiva de Sinhg (2004, p.161) “enquanto os teóricos analisam como o mundo funciona e constroem modelos da realidade, são os experimentais que testam esses modelos, comparando-os com a realidade”. Ao estudar o universo, teóricos como Einstein, Friedmann e Lemaître desenvolveram modelos cosmológicos contrários a concepção de um universo estático e eterno, no entanto, testá-los é uma tarefa complexa, que apresenta severas limitações.

2.1. Redshifts

Com o progresso da tecnologia, telescópicos foram construídos e aprimorados com o propósito de realizar observações que proporcionassem o conhecimento, ainda que, ínfimo do universo. No início da década de 1920, os astrônomos estavam começando a inferir que as estrelas que se observa no céu correspondem apenas a uma pequena fração do universo, porém antes dessa proposição, em 1915 a astrônoma americana Henrietta Swan Leavitt (1868-1921), ao estudar as fotografias tiradas da formação estelar, conhecida como Pequena Nuvem de Magalhães, demonstrou que o período de variação das estrelas variáveis cefeidas⁶ podia ser usado para indicar seu brilho real e estimar suas distancias. A respeito das cefeidas, Leavitt também identificou que a duração do período depende da massa e do brilho da estrela, bem como estabeleceu que “quanto maior a massa de uma variável cefeida e maior sua luminosidade, mais longo é o seu período” (ASIMOV, 1977, p.114).

O renomado astrônomo estadunidense que, posteriormente, explorou todo o potencial da descoberta de Leavitt foi Edwin Powell Hubble. Suas pesquisas foram fundamentais para o desenvolvimento de teorias cosmológicas, uma vez que, conseguiu provar que o universo visível estava muito além dos limites da Via Láctea e era composto por milhares de galáxias, semelhantes à nossa, contendo estrelas, poeira e gás interestelar (NEVES, 2011). Nas palavras de Arp (1988, p.1) “em 1924, Edwin Hubble demonstrou que as pequenas manchas, nebulosas de luz que vemos no céu em uma noite escura -as galáxias- são realmente enormes

⁶ Cefeidas são estrelas variáveis que apresentavam o mesmo tipo de variação periódica de luminosidade.

ilhas de bilhões de estrelas, como a nossa própria galáxia da Via Láctea, vista a uma grande distância⁷” (tradução nossa).

Hubble realizava suas pesquisas junto ao Observatório de Monte Wilson e com a ajuda do telescópio de cem polegadas e 2,5m, descobriu um padrão de medidas para distâncias intergalácticas (NEVES, 2011). E observando a galáxia de Andrômeda, Hubble obteve êxito ao conseguir separar dos ramos em espiral, as cefeidas, familiares a uma classe de estrelas da Via Láctea.

A partir das observações realizadas da luminosidade aparente das Cefeidas na nebulosa de Andrômeda e estimando, a partir dos respectivos períodos, a luminosidade absoluta, Hubble determinou a respectiva distância e, conseqüentemente a distância da nebulosa da Andrômeda, usando a regra simples de que a luminosidade aparente é proporcional à luminosidade absoluta e inversamente proporcional ao quadrado da distância (WEINBERG, 1980). O resultado encontrado por Hubble não correspondia com o valor da distância que se sabe atualmente, contudo o método empregado por ele era essencialmente correto.

Ao final da segunda década do século XX, Hubble já havia feito medidas de galáxias suficientes para perceber que, com exceção de nossas galáxias vizinhas mais próximas, tal como a Andrômeda, todas as demais galáxias pareciam se afastar de nós. Além disso, a velocidade de afastamento de cada galáxia (velocidade de recessão) se mostrava proporcional à distância entre a respectiva galáxia e a Terra e quanto mais afastada a galáxia, maior parecia sua velocidade de recessão.

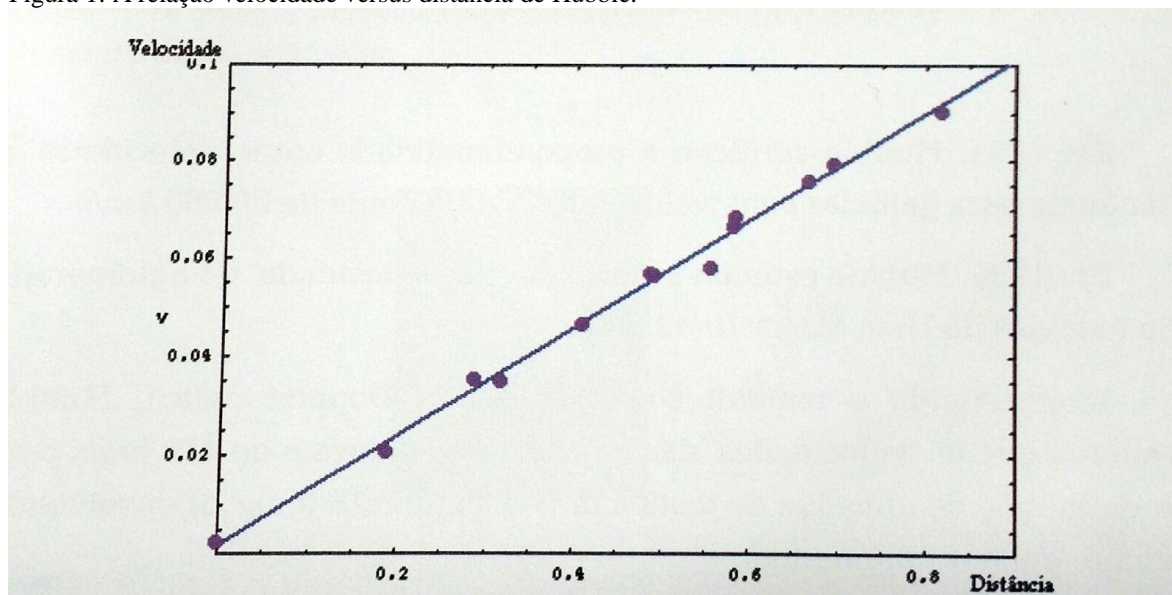
Em 1929, Hubble publicou as suas pesquisas em um artigo intitulado “A relation between distance and radial velocity among extragalact nebulae” (Uma relação entre as distancias e as velocidades radiais das nebulosas extragalácticas). Contudo, há autores que defendem que:

Na verdade, ele e seu colaborador Milton L. Humason nunca mediram diretamente as velocidades. O que eles mediram foram os desvios para o vermelho das nebulosas extragalácticas. Mas em seu importante artigo, Hubble considerou que os desvios para o vermelho representavam velocidades radiais reais das nebulosas (ASSIS; NEVES; SOARES, 2008, p.203).

Na figura a seguir está representado o gráfico proposto por Hubble, onde o mesmo inferiu que havia uma relação aproximadamente linear entre os desvios das raias espectrais para o vermelho e as respectivas distâncias das galáxias analisadas.

⁷ In 1924, Edwin Hubble demonstrated that the small, hazy patches of light we see in the sky on a dark night—the galaxies—are really enormous islands of billions of stars, like our own Milky Way galaxy seen at a great distance” (ARP, 1988, p.1).

Figura 1: A relação velocidade versus distância de Hubble.



Fonte: Figura 16 (NEVES, 2011, p.197)

Nesse mesmo período, com base nos seus estudos, Hubble anunciou que o deslocamento para o vermelho das linhas espectrais das galáxias (redshifts), interpretado como sendo um efeito Doppler óptico⁸, crescia de maneira aparentemente proporcional à distância entre a galáxia e a Terra. Para Arp,

Este efeito foi, em sua maior parte, simplesmente, atribuído a uma velocidade de recessão da fonte emissora - como a queda do tom de um apito de trem recuando. Por conseguinte, concluiu-se que quanto mais rápida e menor a galáxia, mais distante é, e mais rápido move-se para longe de nós. Esta é a relação da interpretação da velocidade do aparente brilho para o vermelho com a interpretação padrão da chamada lei de Hubble. (ARP, 1988, p.1, tradução livre).⁹

Nessa perspectiva, esta “[...] relação de magnitude luminosa aparente-desvio para o vermelho para a galáxia tornou-se conhecida como a lei de Hubble (com falta de rigor, é

⁸ “O fenômeno ou efeito Doppler é um fenômeno físico e, graças a ele, é possível mensurar se uma fonte sonora ou luminosa se aproxima ou se afasta de um observador. O caso sonoro é bastante conhecido: quando um carro de bombeiros se aproxima de nós, observadores-ouvintes, com a sirene ligada, ouvimos um som muito agudo (as frentes de onda se concentram à frente da onda, diminuindo o comprimento das ondas e, portanto, aumentando a frequência. No caso oposto, quando o caminhão se afasta, o som da sirene torna-se mais grave (as ondas sofrem uma espécie de “alargamento”, tornando-se maiores, o que, em consequência, diminui a frequência). Para o caso luminoso, o feito é o mesmo: para fontes que se afastam, linhas espectrais tendem a deslocar-se para a extremidade vermelha do espectro (grande comprimento de onda, baixa frequência) – esse é o que os astrônomos batizaram de “desvio para o vermelho (*redshift*)”; para fontes que se aproximam, as linhas espectrais tendem a deslocar-se para a extremidade azul do espectro (pequeno comprimento de onda, alta frequência) – *blueshift* (deslocamento para o azul)” (NEVES, 2011, p. 194).

⁹ This effect was most simply attributed to a recession velocity of the emitting source - like the falling pitch of a receding train whistle. It was therefore concluded that the faster and smaller the galaxy, the more distant it was, and the faster it was flying away from us. This is the velocity interpretation of the redshift-apparent brightness relation, the standard interpretation of the so-called Hubble law (ARP, 1987, p.1).

muitas vezes referida como a relação de distância-desvio para o vermelho) ” (ARP, 2001, p.18). A referida lei foi interpretada como uma evidência de que o universo estaria em expansão.

$$\text{Lei de Hubble: } V_{\text{radial}} = H_0 \cdot d$$

Em que, V_{radial} é a velocidade radial da galáxia, d a distância da mesma ao observador e H_0 uma constante, chamada *constante de Hubble*.

O valor atribuído a constante de Hubble depende das unidades que são empregadas para distância e velocidade. Esta última grandeza, geralmente, é medida em quilômetros por segundo, porém, por razões técnicas, os astrônomos preferem medir distâncias em megaparsecs (Mpc), de modo que, ao utilizar esta unidade, Hubble determinou que a sua constante apresentava um valor de 558 Km/s Mpc (SINGH, 2004).

A constante de Hubble tem duas implicações. A primeira refere-se à condição de que, se a galáxia estiver a 1 Mpc da Terra, ela deve estar deslocando-se a, aproximadamente, 5.580 km/s e, assim por diante. Desde modo, se a lei de Hubble for correta, é possível deduzir a velocidade de qualquer galáxia, medindo apenas a sua distância, ou, de modo inverso, pode-se determinar sua distância a partir de sua velocidade.

A segunda implicação diz respeito ao fato que, a lei de Hubble, fornece informações destoantes sobre a idade do universo. Em 1931, Hubble presumiu a distância e a, suposta, velocidade de afastamento do aglomerado de galáxias da Ursa Maior II e encontrou o valor de 42.000 km/s e, “interpretando o redshift como um efeito Doppler óptico, Hubble estimou que as ‘velocidades’ das galáxias aumentavam de 170 km/s para cada milhão de anos-luz de distância” (NEVES, 2011, p. 198).

Essa estimativa apresenta divergências, pois, se os redshifts fossem decorrentes do efeito Doppler, as galáxias deveriam ter estado, num passado muito remoto, a uma distância, consideravelmente menor, da que se tem conhecimento atualmente (NEVES, 2011). Não obstante, pesquisas geológicas haviam estimado a idade de algumas rochas terrestres com 3,4 bilhões de anos e, portanto, existia uma embaraçosa diferença de, pelo menos, 1,4 bilhão de anos (SINGH, 2004).

As medições de Hubble e seu assistente Humason implicaram no fortalecimento do paradigma atual de um universo com criação e possível extinção, no entanto Singh (2005) ressalta que Hubble manteve-se afastado de qualquer debate cosmológico, uma vez que, sua contribuição restringiu-se a descrever “as velocidades aparentes-deslocamentos”, sem aventurar-se a uma interpretação sobre seu significado cosmológico.

Para Soares (2009, p.7) “as observações de Hubble são consistentes com a ideia da expansão do universo, mas não necessariamente uma prova dela”, uma vez que, o próprio Hubble considerou que “os redshifts representam ou efeitos Doppler, recessão física da nebulosa, ou a ação de algum princípio ainda não identificado na natureza” ¹⁰(HUBBLE, 1942, p.104).

Nesse cenário, em que o modelo cosmológico de um universo em expansão estava conquistando, cada vez mais, espaço e credibilidade na comunidade científica, o jovem físico ucraniano George Gamow (1904-1968) foi estudar com Aleksandr Friedmann, que na ocasião ainda desenvolvia sua nascente teoria do big bang (estrondão). Mais tarde, em 1934, mudou-se para os Estados Unidos e, ao ingressar na Universidade George Washington, interessou-se na referida teoria em relação a nucleossíntese, isto é, a formação dos núcleos atômicos. Gamow buscava verificar se o big bang (estrondão) e a física nuclear podiam explicar a profusão atômica observada (SINGH, 2004).

Gamow questionava-se, se os momentos iniciais do big bang (estrondão), teriam sido responsáveis pela abundância de elementos como hidrogênio e hélio encontrados no universo, assim como intrigava-se com a possibilidade do big bang (estrondão) explicar as várias proporções de átomos pesados, que apesar de raros, são essenciais à vida. A confirmação ou refutação destas suposições implicavam diretamente na validação do big bang (estrondão), uma vez que, as mesmas poderiam ser consideradas evidências favoráveis ao modelo em expansão.

No início da década de 1940, Gamow empenhou esforços para explicar a criação dos elementos no rastro do big bang (estrondão) e como resultado obteve que “[...] poderia facilmente determinar a densidade do universo em qualquer ponto do tempo logo depois de sua criação (quente e denso) até a época atual (fria e dispersa)” (SINGH, 2004, p.294). Contudo, Gamow encontrou dificuldades no desenvolvimento dos cálculos matemáticos e, portanto, precisou de ajuda.

Com o avanço das descobertas relacionadas à física de partículas, na década de 1940, Gamow concebeu que o big bang (estrondão) começou com um núcleo muito quente de nêutrons que, por processos de decaimento radioativo, deu origem aos vários elementos químicos, que podem ser encontrados organizados na Tabela periódica. É pertinente ressaltar que “esse é o aspecto importante da teoria do Big Bang: unir a teoria relativística, que já

¹⁰ “Redshifts represent Doppler effects, physical recession of the nebulae, or the action of some hitherto unrecognized principle in nature” (HUBBLE, 1942, p.104).

existia, com os conhecimentos da física nuclear desenvolvidos na década de 1940” (MARTINS, 1994, p.159).

Gamow, também sugeriu, pela primeira vez, que a radiação do big bang (estrondão) estava em equilíbrio com a matéria e poderia atuar como “radiação de corpo negro” (BORGES, 2008). E, com a contribuição de seus colaboradores, Ralph Alpher e Robert Hermann, considerou a existência de um universo primordial, semelhante a uma sopa simples e densa de prótons, nêutrons e elétrons, na qual, era possível formar átomos, cada vez maiores, pela fusão e o calor do big bang (estrondão). Como resultado, conseguiu explicar porque o universo atual é composto de 90% de átomos de hidrogênio e 9% de hélio, contudo não obteve resultados satisfatórios sobre a formação de átomos mais pesados que o hélio.

O trabalho dos três pesquisadores resultou também na previsão da Radiação Cósmica de Fundo (CBR), porém foram incapazes de a detectar. Na concepção de Alpher e Hermann “o universo deveria estar cheio de uma débil luz de micro-ondas com o comprimento de um milímetro e ela deveria estar vindo de todas as direções [...]” (SINGH, 2004, p.312).

Em suma, o modelo cosmológico proposto por Gamow consistia em um universo primordial pequeno, quente e denso, que se expandia rapidamente à medida que se resfriava (WEINBERG, 1980). Nos primeiros instantes, o volume seria praticamente nulo, isto é, toda a matéria presente se encontrava concentrada em um ponto, de densidade infinita.

No livro intitulado “The First Three Minutes” (“Os Três Primeiros Minutos”), publicado em 1977, o físico Steven Weinberg forneceu a seguinte explicação para a origem do universo:

No princípio foi uma explosão. Não uma explosão como as que conhecemos na terra, principiando em um centro determinado e espalhando-se de forma a engolfar crescentemente as circunvizinhanças. A explosão primitiva ocorreu simultaneamente em toda parte, enchendo, desde o princípio, todo o espaço, com todas as partículas de matéria repelindo-se mutuamente. “Todo espaço”, neste contexto, pode ser ou a totalidade de um universo infinito, ou todo um universo finito, que é curvo, como a superfície de uma esfera. Nenhuma das duas possibilidades é fácil de compreender, mas isto não nos deixará embaraçados; que é inteiramente indiferente, no universo primitivo, que o espaço seja finito ou infinito (WEINBERG, 1980, p.2).

Estas particularidades do universo caracterizam a teoria do big bang (estrondão) como sendo o paradigma vigente, visto que a mesma é a mais aceita e difundida pela comunidade científica (NEVES, 2000). Para Kuhn (1998) homens que realizam pesquisas baseadas em paradigmas compartilhados estão comprometidos com as mesmas regras e padrões para a prática científica. Esse comprometimento e consenso aparente produzem os pré-requisitos para a gênese e a continuação de uma tradição de uma pesquisa determinada (KUHN, 1998).

2.2. Radiação Cósmica de Fundo (CBR)

No final da década de 1920, George Lemaître foi o primeiro cientista a tecer especulações sobre a possibilidade de observar os restos das fases muito primitivas do universo. Ao supor um início extremamente quente, admitiu que, poderia haver uma radiação remanescente dos primórdios do universo. No entanto, estimativas teóricas foram feitas em 1949, por Alpher e Hermann ao assumirem um modelo dinâmico de universo, estimaram a temperatura da radiação cósmica de fundo (Cosmic Background Radiation-CBR) residual que deveria banhar todo o universo, caso o mesmo tivesse tido uma origem (NEVES, 2000). Na perspectiva dos colaboradores de Gamow "a presente densidade de radiação, $\rho \approx 10^{-32} \text{ g/cm}^3$ corresponde a uma temperatura da ordem de 5 K. Isto significa que a temperatura do Universo pode ser interpretada como a temperatura de fundo resultante da expansão universal" (ALPHER; HERMANN, 1949, apud NEVES, 2000, p.191).

Em 1953, Gamow publicou um artigo presumindo que a temperatura da radiação cósmica de fundo deveria apresentar um valor de 7K, mas posteriormente, em 1961, em uma edição revisada de sua obra "The Creation of the Universe" ("A Criação do Universo") considerou uma temperatura de 50K. Nas palavras de Gamow,

Quando o universo tinha 1 segundo, 1 ano e 1 milhão de anos de idade, sua temperatura era, respectivamente, de 15 bilhões, 3 milhões e 3000 graus absolutos. Inserindo a atual idade do universo na fórmula nós encontramos $T_{\text{presente}}=50\text{K}$, o que está de acordo com a estimativa atual para a temperatura do espaço interestelar. Sim, nosso universo levou algum tempo para esfriar e o calor escaldante dos seus primeiros dias tornou-se o frio congelante de hoje! (GAMOW, 1952, p. 40, tradução nossa).

Em 1965, foram descobertos acidentalmente fótons muito fracos, indicativos de baixa temperatura, vindo regularmente de todas as direções do espaço ao nosso redor. Tal incidente ocorreu quando Arno Penzias (1933-) e Robert Wilson (1927-2002) estavam interessados em usar uma antena em forma de buzina em Crawford Hill para medir o ruído de rádio que se origina da Via Láctea, em direções bem afastadas do centro da mesma (GRIBBIN, 1995).

Posteriormente, quando Penzias e Wilson conseguiram completar a conversão da antena em um radiotelescópio, deram início às observações e ambos esperavam encontrar um pequeno ruído elétrico, proveniente da estrutura da antena. No entanto, curiosamente foi constatado um sinal muito mais forte do que o previsto, isto é, estavam recebendo uma fração bastante significativa de um ruído de micro-ondas¹¹ com comprimento de onda de 7,35cm oriundos uniformemente de todas as direções do espaço. Penzias e Wilson acreditaram

¹¹ "Micro-onda é o termo usado pelos radioastrônomos para designar as ondas de rádio de pequeno comprimento (aquelas com comprimento de onda inferior a alguns centímetros)" (SILK, 1985, p. 77).

inicialmente, que deveria haver algo de errado com o equipamento e, por isso o submeteram a processo de limpeza, desmontagem e remontagem. Porém, todos os testes mostravam que o sistema estava em perfeitas condições de funcionamento e, que eles estavam realmente detectando sinais de micro-ondas com uma temperatura de aproximadamente 3K.

De modo independente e atrasado, Robert Dicke e James Peebles, pesquisadores da Universidade de Princeton também postularam a existência da radiação cósmica de fundo e estavam construindo uma antena para detectar essa radiação primordial, quando tiveram notícias das notáveis descobertas de Penzias e Wilson, nos vizinhos laboratórios Bell (SILK, 1985). Os dois grupos de cientistas publicaram, simultaneamente, os resultados no *Astrophysical Journal*, porém coube a Dicke e sua equipe a interpretação dos mesmos. Todavia, em ambas as publicações pouco ou nenhum crédito foi dado aos estudos desenvolvidos por Gamow e seus colaboradores.

Em estudos subsequentes estimou-se que, a radiação de fundo das micro-ondas cósmicas possui elevado grau de uniformidade e a mesma, supostamente, atestaria que a emissão tem sua origem nas mais longínquas fronteiras do universo (SILK, 1985). Na perspectiva de Silk (1985, p. 79)

Uma radiação de fundo uniforme deve provir principalmente das partes mais distantes do universo, onde a maioria das fontes se encontra. Não temos de nos preocupar com a região local do espaço, onde muito pouca radiação poderia originar-se. Dessa forma, qualquer radiação de fundo isotrópica só pode ser produzida a distancias cosmológicas.

Essa é apenas uma interpretação da radiação cósmica de fundo que, vai ao encontro da ponderação que a mesma parece possuir um espectro de corpo negro¹² quase perfeito. Interpretando, tal fato, segundo os pressupostos teóricos da teoria do big bang (estrondão) conclui-se que:

Ao retrocedermos no tempo, percorrendo a história do universo, verificamos que a temperatura de radiação de corpo negro cósmica aumenta. Quanto mais retroagimos no tempo, mas quente se torna a radiação e mais denso o universo, até atingirmos o instante de criação da radiação de corpo negro. Nesse momento, as condições eram tais que existia um perfeito equilíbrio entre matéria e radiação; foi assim que se estabeleceu a natureza de corpo negro de radiação. A descoberta da radiação e a confirmação de sua natureza de corpo negro se tornaram uma das previsões mais positivas da teoria do Big Bang (SILK, 1985, p.80).

Gribbin (1995) acrescenta que a radiação, supostamente, proveniente do big bang (estrondão) não se expandiu para fora do local onde teria acontecido a explosão inicial, espalhando-se pelo espaço, mas sim, possivelmente, sempre preencheu o espaço que estava disponível para ser preenchido, e, na proporção em que o espaço se expandia, a radiação

¹² Corpo negro é entendido como um emissor ou absorvedor ideal hipotético da radiação (SILK, 1985).

também expandia junto com ele. Segundo esta perspectiva, expandir a radiação significa alonga-la, o que, poderia ter relação com seu deslocamento para o vermelho.

A detecção da radiação de fundo de micro-ondas, que provavelmente, preenche o universo, foi o avanço cosmológico mais importante desde a descoberta dos deslocamentos para o vermelho (WEINBERG, 1980). Muitos estudiosos defendem a ideia de que a radiação é oriunda diretamente do próprio big bang (estrondão), com uma temperatura muito elevada e que, na medida em que, o universo foi se dilatando e resfriando a mesma foi diminuindo até atingir o valor de 2,7K.

O modelo do big bang (estrondão) mostrou-se, cada vez mais congruente, e passou a ser aceito na comunidade científica, uma vez que, seus defensores alegaram que a mesma, não só previu a existência da radiação de fundo cósmico, como também estimou, precisamente, a sua temperatura. Para a maioria dos pesquisadores a descoberta dos redshifts, aliada a detecção da radiação cósmica de fundo, configuraram-se como evidências conclusivas a favor de um momento de criação de um universo em evolução. Contudo, situando a Cosmologia enquanto ciência, é importante refletir sobre as inquietações levantadas por Feyerabend (2007, p.34)

É possível, assim, criar uma tradição que é mantida coesa por regras escritas e, até certo ponto, que também é bem sucedida. Mas será que é *desejável* dar apoio a tal tradição a ponto de excluir tudo o mais? Devemos ceder-lhes o direito exclusivo de negociar com o conhecimento, de modo que qualquer resultado obtido por outros métodos seja imediatamente rejeitado? E será que os cientistas invariavelmente permaneceram nos limites das tradições que definiram dessa maneira estreita?

Apesar da radiação de micro-ondas ter sido descoberta na década de 1960, somente em abril de 1992 ela virou notícia, quando os jornais do mundo inteiro publicaram na primeira página, imensas manchetes relatando a descoberta, anunciada um dia antes em um Congresso da *American Physical Society*, em Washington. Afirmando-se na ocasião que, a radiação de fundo não era perfeitamente uniforme, mas apresentavam minúsculas ondulações na radiação de fundo, “[...] as quais correspondem a igualmente minúsculas flutuações de temperatura da energia da radiação de micro-ondas que nos alcançam, provenientes de diversas regiões do espaço” (GRIBBIN, 1995, p.20-21). Essas minúsculas ondulações da radiação, foram interpretadas como sendo decorrentes das variações de densidade no universo primordial, que supostamente, teriam dado origem a formação das galáxias.

A descoberta dessas irregularidades foi feita por cientistas que trabalhavam na Califórnia, usando instrumentos a bordo de um satélite da Terra não tripulado enviado pela NASA e denominado COBE, nome oriundo das iniciais de “Cosmic Background Explorer” (GRIBBIN, 1995). Para muitos cientistas, defensores da teoria do big bang (estrondão), o que

o COBE descobriu foi de extrema importância para a confirmação da mesma, pois as ondulações da radiação de fundo encontradas instituem-se como sendo uma peça fundamental que faltava para explicar a origem e evolução do universo.

Em 1992, os artigos dos cosmólogos estadunidenses, George Smoot (1945-) e John Mather (1946-), foram publicados com as medidas e as interpretações teóricas das flutuações de temperatura. Posteriormente, em 2003, outro satélite, denominado WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*) obteve medidas ainda mais precisas e, como os resultados encontrados satisfaziam as previsões da teoria do big bang- estrondão, os trabalhos de Smoot e Mather foram recebidos com grande sucesso, ao ponto de os pesquisadores serem agraciados com o prêmio Nobel de Física, em 2006.

Nesse contexto, o físico, Stephen Hawking (1992) chegou a mencionar, de modo enfático, que os resultados alcançados pelo COBE poderiam ser considerados a descoberta do século, se não a maior de todos os tempos. Contudo, conforme Gribbin (1995) ressalta, essas afirmações são exageradas, uma vez que, o COBE identificou uma variação, em cada ponto do espaço, da temperatura de uma radiação que havia sido descoberta a aproximadamente trinta anos antes.

2.3. Quasares

Em 1963 estavam sendo estudadas espectroscopicamente algumas radiofontes, isto é, corpos que emitem enormes quantidades de radiação em baixas frequências, que haviam sido identificadas como estrelas aparentes. Contudo, o que se acreditava serem espectros estelares enigmáticos, inesperadamente descobriu-se que eram linhas de emissão de espectros galácticos desviados em direção aos comprimentos de onda muito longos (ARP, 2001). Logo após a descoberta, houve alguma hesitação inicial em aceitar esses desvios para o vermelho como sendo devidos a velocidades de recessão que se aproximavam da velocidade da luz, pois isto indicaria grande distância (ARP, 2001). O fato mais surpreendente consistia em admitir que de acordo com suas distâncias estimadas pelos desvios para o vermelho, estes objetos teriam de ser 1000 (e possivelmente 10000) vezes mais brilhantes do que os demais objetos extragalácticos conhecidos anteriormente.

As posições das radiofontes viam de vários observatórios, contudo a identificação espectroscópica se deu, principalmente no refletor de 200 polegadas do observatório de

Palomar (situado na Califórnia). Tais observações e, posteriormente análises das mesmas foram feitas pelo renomado astrônomo Halton Arp, autor da importante obra, publicada em 1966, “O Atlas das Galáxias Peculiares”. Por muitos anos, o referido autor dedicou-se a estudar as galáxias, que apresentavam peculiaridades, com o propósito de investigar como elas eram formadas e como se deram as suas formações. Ao término de seus estudos, Arp descobriu que entre as galáxias mais peculiares, havia pares de radiofontes e, inesperadamente, algumas destas radiofontes mostraram-se serem quasares (ARP, 2001). E o curioso centrava-se no fato de que as galáxias não se encontravam muito distantes, mas sim, relativamente próximas.

Os quasares podem ser considerados objetos altamente energéticos e condensados.
Para Hoyle

¹³“[...] Os quasares são objetos altamente condensados. Uma teoria sustenta que um quasar é, na verdade, uma galáxia com uma condensação central, particularmente ativa, contendo um núcleo que se tornou tão extraordinariamente brilhante que chega a rivalizar-se com as luzes das estrelas de uma galáxia comum. Quando observados desde uma grande distância, estes objetos apareceriam como um ponto luminoso central” (HOYLE, 1997, p.95, tradução livre).

Os quasares são objetos astronômicos de um tipo especial, pois apesar de apresentarem características semelhantes às estrelas, não são consideradas estrelas. Conferiram a eles o nome de “quasar” como abreviação de *quase-stellar optical object* (QSO), que corresponde à “objeto óptico quase estelar. Os quasares foram descobertos, em 1963, pelo astrônomo Maarten Schmidt.

Antes disso, em 1960, em uma reunião da Sociedade Astronômica Americana, o astrônomo, Allan Rex Sandage, noticiou que havia sido identificada uma forte radiofonte, 3C-48, como sendo uma estrela pouco luminosa da constelação do Triângulo e associado a ela, havia algo que era semelhante a um filete de gás (MOORE, 1982). Sandage percebeu que o seu espectro era diferente de tudo o que se conhecia, mas a maioria dos astrônomos mostraram-se céticos e adotaram a suposição de que tratava-se de restos de supernovas. Em 1961, foram descobertas mais duas radiofontes com as mesmas características, bem como algumas outras no ano seguinte.

Nesse período, o principal problema da radioastronomia era a falta de poder de resolução, uma vez que, era extremamente difícil separar duas radiofontes vizinhas, bem

¹³[...] quasars are highly condensed objects of a similar kind. One theory holds that a quasar is actually a galaxy with a particularly active central condensation, a nucleus which has become so inordinately bright that it overwhelms the ordinary starlight of the galaxy. When seen from a great distance, such an object would appear as a central brilliant point of light, as quasars are observed to be (HOYLE,1977, p.95)

como determinar a posição de uma fonte isolada com precisão. Contudo, com a cooperação da natureza e com o auxílio do radiotelescópio, do observatório de Parkes, em New South Wales, os astrônomos C. Hazard, M. Mackey e A. Shimmins identificaram, com exatidão a posição de uma radiofonte, a 3C-273. A mesma era identificada com uma estrela azulada pouco luminosa, porém em vez de uma, havia duas radiofontes, uma de cada lado do objeto visível (MOORE, 1982).

As pesquisas subsequentes concentraram-se em descobrir como era a, suposta, estrela identificada e, por meio, do telescópio de 50 cm, do Observatório de Palomar, Schmidt fotografou o seu espectro e o estudou. Os resultados foram surpreendentes, uma vez que, o espectro não era estelar e as linhas de absorção devidas ao hidrogênio apresentam um extraordinário desvio para o vermelho, o que poderia significar que o objeto estava muito distante - talvez a bilhões de anos-luz.

As estrelas possuem uma luz, que ao ser decomposta, por um prisma ou uma rede de difração, revelam todas as cores do espectro, com algumas raias escuras e finas. Mas, ao contrário das estrelas, a luz dos quasares, quando decomposta, apresenta somente algumas faixas luminosas bastante finas, como se fosse um “negativo” do espectro das estrelas, desse modo é possível deduzir que a luz dos quasares é característica de gases muito quentes (MARTINS, 1994).

Discutiu-se, por muito tempo, se os quasares seriam objetos da Via Láctea ou de fora dela, mas, atualmente, acredita-se que eles estão fora da nossa galáxia, situados a distâncias extremas, configurando-se como os objetos mais longínquos do universo. Os quasares são poderosamente energéticos e irradiam uma quantidade enorme de luz, que pode ser até cem vezes superior do que todas as estrelas da Via Láctea juntas. No entanto, não são objetos muito grandes, por isso, provavelmente tenham sido confundidos, inicialmente, com estrelas, uma vez que, seu tamanho deve ser dez mil vezes menor do que o de uma galáxia.

Asimov (1973, p.193) afirma categoricamente que:

A explicação mais simples para isso era a de que os quasares estavam muito distantes; como o universo está se expandindo, as unidades galácticas estão se separando, e tudo parece se afastar de nós. Por isso, as linhas espectrais de todos os objetos distantes sofrem um desvio para ondas mais longas, pois é isso que se deve esperar quando uma fonte de luz está se afastando de nós.

Martins (1994, p. 165) é mais cauteloso ao exprimir que “pode ser que eles representem núcleos extremamente brilhantes de galáxias distantes”.

Os quasares podem apresentar grandes desvios para o vermelho de sua luz. Se os mesmos forem interpretados, como sendo decorrentes da velocidade com que estão afastando-

se da Via Láctea, concluir-se-ia, portanto, que estão se distanciando à uma velocidade de 90% da velocidade da luz. Contudo, a natureza destes corpos celestes ainda não está totalmente esclarecida.

Originalmente os quasares foram localizados devidos às suas radioondas, porém não são todos que as emitem. Há quasares, que podem apresentar emissão no infravermelho e no raio X, sendo este último, de modo muito variado. As características peculiares dos quasares, aos poucos foram identificadas e na tentativa de desvendar como e porque possuem tanta luminosidade, muitas teorias emergiram.

A primeira refere-se à possibilidade de os quasares serem abastecidos de energias por sucessões de supernovas, ou seja, corpos celestes originados após a explosão de estrelas. De acordo com essa perspectiva, cada supernova torna-se, aproximadamente, 15.000.000 vezes mais luminosa que o Sol e, portanto, um número considerável de supernovas poderia resultar em um quasar. Entretanto, como as supernovas possuem duração de apenas alguns meses, seria necessária uma imensa quantidade delas para resultar em um quasar e, como não há evidências que uma explosão desencadeia outras, esta teoria foi desacreditada.

A segunda hipótese considerou que a luminosidade intensa poderia ser decorrente de uma espécie de superaglomerado de estrelas excepcionalmente luminosas, porém a mesma não obteve êxito, pois a área total de emissão de luz seria muito maior que um quasar (MOORE, 1982). Já a terceira teoria foi proposta, originalmente, por Fred Hoyle e descrita por ele em um programa de televisão em 1964. Sua concepção concebia os quasares como sendo regiões no espaço, onde a matéria estaria aparecendo espontaneamente, ou seja, haveria criação contínua de matéria.

Em seguida, o físico sueco Hannes Alfvén lançou a ideia da antimatéria. Segundo o seu entendimento, o universo seria composto por matéria comum e antimatéria e, quando os dois tipos se encontram aniquilam-se mutuamente com emissão de energia. Desse modo, um quasar, seria resultado de uma colisão entre uma galáxia de matéria comum com outra de antimatéria, o que acarretaria em muita radiação. Contudo, como esta teoria não é passível de experiências, ela parece ser improvável e especulativa.

A quarta teoria, defende que um quasar poderia receber energia de um gigantesco buraco negro, aspirando toda a matéria a sua volta. Entre as demais concepções, esta foi considerada a mais promissora, pois ela encontrou respaldo no fato dos quasares serem também fontes de raios X.

Há, contudo, muitos questionamentos sobre a possibilidade de os quasares não serem tão luminosos e remotos, como acreditam a maioria dos astrônomos. Se os desvios para o

vermelho não forem cosmológicos, estes objetos podem estar mais próximos da Via Láctea, aproximadamente, a apenas alguns milhões de anos-luz. Nas palavras de Arp (2001, p.15)

Se a causa destes desvios para o vermelho é mal compreendida, então as distâncias podem estar erradas por fatores de 10 a 100, e as luminosidades e massas estarão erradas por fatores de até 10.000. Teríamos então uma visão totalmente errada do espaço extragaláctico e nos defrontaríamos com um dos malogros mais embaraçosos de nossa história intelectual.

Essa opinião é amplamente defendida por alguns dois mais eminentes astrônomos, como Halton Arp, Fred Hoyle e Geoffrey Burbidge.

Na ciência, em especial no campo da Cosmologia, as observações, muitas vezes, são autoridades, todavia quando as evidências observacionais contestam os pressupostos teóricos do paradigma vigente, estas são minimizadas e até mesmo suprimidas. Na visão de Arp (2001) há um esforço incansável para banir novas observações, que apresentam divergências, das conferências e para impedir as decorrentes publicações, uma vez que, “os cientistas, particularmente nas instituições de maior prestígio, suprimem regularmente e ridicularizam descobertas que contradizem suas teorias e suposições atuais” (ARP, 2001, p.30).

Halton Arp (1927-2013) foi um observador habilidoso e muito experiente e, por meio de uma série de fotografias tiradas e medições realizadas, ele concluiu que os quasares estavam associados fisicamente a uma galáxia, bem como constatou que, quando haviam dois ou mais quasares próximos das galáxias, estes estavam localizados em lados opostos. Contudo, a comunidade científica interpretou os seus dados observacionais, como sendo devidos a uma sobreposição de imagens, que com efeito, fazia com que parecessem próximos.

No que se refere ao nascimento das galáxias, o renomado astrônomo, em suas obras “Universo Vermelho” e “Quasars, Redshifts and Controversies”, propõe que “[...] elas são ejetadas de galáxias mais velhas como objetos compactos com massas pequenas. À medida que estas galáxias novas envelhecem e crescem em massa e tamanho, elas emitem, por sua vez, novas gerações num processo de cascata” (ARP, 2001, p.23). Nessa perspectiva, para Arp, o quasar pode ser a ejeção de matéria de um núcleo galáctico, o que implicaria diretamente nos elevados redshifts dos quasares associados a galáxias, que por sua vez apresentam, baixos redshifts.

Na tabela abaixo, proposta por Neves (2011) é possível observar as referidas afirmações feitas por Arp, com base, nos seus resultados observacionais.

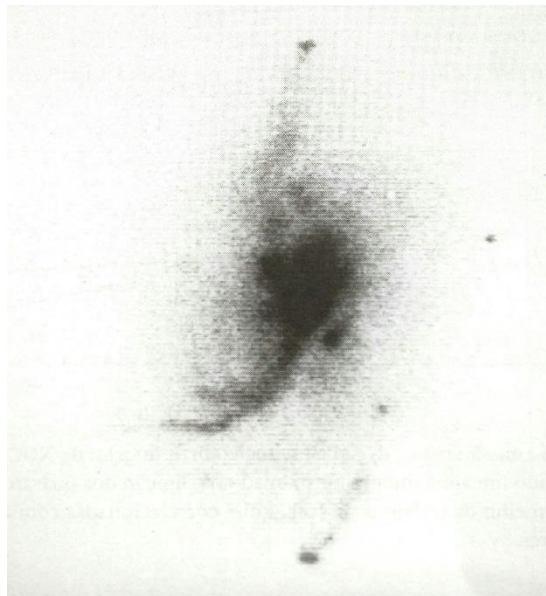
Tabela 1: Galáxias, quasares e respectivos redshifts

| Galáxia | Redshift | Quasar | Redshift |
|----------|----------|-------------------|-------------------|
| NGC 622 | 0,018 | UB1 e BS01 | 0,91 e 1,46 |
| NGC 470 | 0,009 | 68 e 68D | 1,88 e 1,53 |
| NGC 1073 | 0,004 | BS01, BS02 e RS0 | 1,94, 0,60 e 1,40 |
| NGC 3842 | 0,020 | QS01, QS02 e Qs03 | 0,34, 0,95 e 2,20 |

Fonte: Adaptação da tabela 4 (NEVES, 2011, p.208)

Tais concepções diferem da visão convencional, que consiste em supor, que as galáxias estão condensando-se a partir de um gás quente e tênue, que impregna homoganeamente o espaço. E, por apresentar e discutir observações que contradizem os teóricos do modelo do big bang (estrondão), as pesquisas de Arp eram julgadas improcedentes pelos avaliadores das principais revistas da área, uma vez que, consideram que se tratavam de casos isolados. O artigo de Arp, que foi recusado para publicação, consistia em mostrar, duas fontes de raios X que estavam seguramente emparelhadas lado a lado à uma galáxia bem conhecida por sua atividade eruptiva. Ambas as fontes, tratavam-se de quasares, NGC4258, uma vez que, possuíam redshifts maiores do que a galáxia central, o que indicaria que eles haviam se originado da mesma.

Figura 2: NGC258 fotografada na luz de emissão de hidrogênio alfa mostrando gás excitado emergindo das regiões nucleares



Fonte: figura 1-3 (ARP, 2001, p.31)

Para evitar o argumento que a NGC 4258 era “apenas um outro acaso isolado”, Arp percebeu que seria necessário tentar publicar um artigo que estabelecesse relação com outros eventos similares. Nessa perspectiva, dedicou-se ao estudo da associação, famosa e controversa, entre um objeto tipo quasar, Mark 205, com uma galáxia em espiral, a NGC

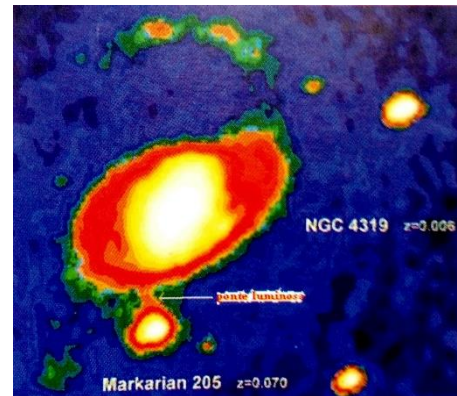
4319. Com o auxílio do telescópio espacial de raios X ROSAT (*Rontgen Observatory Satellite Astronomical Telescope*), Arp verificou que existiam três quasares confirmados no filamento de raio X saindo de Mark2055, sendo que os dois maiores estavam localizados nas extremidades, com desvios para o vermelho, que fornecem uma velocidade de projeção de $0,63c$ para cada.

Figura 3a: fotografia da galáxia NGC 4319



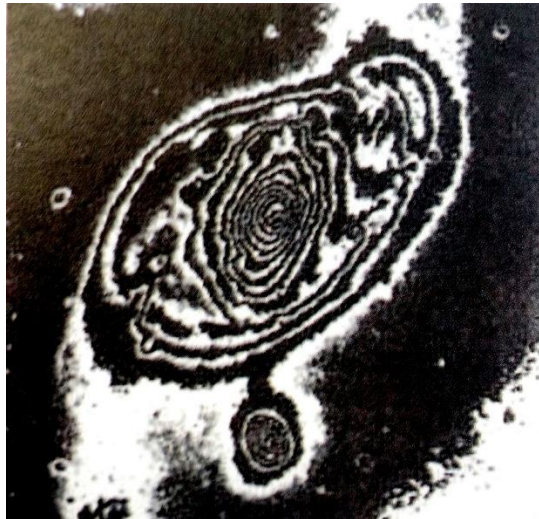
Fonte: figura 19a (NEVES, 2011, p. 208)

Figura 3b: Galáxia NGC 4319 e o objeto –quasar 205.



Fonte: figura 19b (NEVES, 2011, p. 209)

Figura 3c: Ponte luminosa entre NGC 4319 e Markarian 205



Fonte: a figura 19b (NEVES, 2011, p. 209)

Quando Arp mostrou para os demais astrônomos do instituto de pesquisa, que as suas observações condiziam com a premissa de que os dois quasares estavam ligados fisicamente por uma conexão luminosa a um objeto com baixo redshift, estes descartaram a associação de Arp entre quasares e galáxias e a atribuíram a ruídos e imperfeições nos instrumentos. Esta, contudo, não representou uma situação particular, pois, por diversas vezes a conexão entre os objetos foi atribuída a ruídos e, se este não fosse o caso, a alguma imperfeição no instrumento

de medida. Em muitas circunstâncias, Arp chegou a ser acusado de não compreender os movimentos superluminais ou de ignorar o efeito das lentes gravitacionais. Todavia, o notável astrônomo, manteve-se fortemente convicto aos resultados de suas observações, procurando sempre apresentar novas evidências.

A série de evidências apresentadas por Arp, o levaram a inferir que os quasares possuem um redshift intrínseco, ou seja, não estariam associados à distância do objeto celeste a Terra. O material mais jovem, ejetado das galáxias mais velhas e maiores, forma as galáxias companheiras menores e ao redor dela e, estas por sua vez, ejetam material que dão origem aos quasares e objetos BL Lac¹⁴ e, quanto mais jovem é objeto, maior é o seu redshift intrínseco. A razão para esses elevados redshifts é encontrada na teoria da gravitação, proposta por Fred Hoyle e Jayant Narlikar em 1964, que teve sua origem no Princípio de Mach¹⁵. Arp (2001) explica que, segundo esta teoria, toda partícula no universo deriva sua inércia do restante das partículas do universo. Considerando o exemplo de um elétron, ele teria massa nula ao nascer, mas a medida em que o tempo passa, ele recebe sinais de um volume de espaço que cresce na velocidade da luz e contém, cada vez mais partículas. A sua massa cresce na mesma proporção da quantidade intensidade dos sinais que recebe. Por conseguinte, se a massa de um elétron saltando de uma órbita atômica excitada para um nível mais baixo é menor, então a energia do fóton de luz emitido também é menor. Sendo assim, se o fóton é mais fraco, ele é desviado para o vermelho.

Arp também apresentou pesquisas indicando que, as estrelas também possuíam um desvio para o vermelho intrínseco, suas evidências centraram-se em mostrar os redshifts em excesso das Supergigantes das Nuvens de Magalhães. Contudo, novamente, ao expor seus resultados aos seus colegas, estes alegaram que Arp não podia confiar nos desvios para o vermelho de estrelas com ventos de perda de massa¹⁶. Eles acreditavam que Arp, estava vendo um efeito da velocidade destes ventos para o vermelho medido e, desse modo, foi dedicado pouco ou nenhum crédito às suas contribuições.

Em suma, as associações físicas entre os quasares, com altos redshifts, e as galáxias, com baixos redshifts, constituem-se como uma anomalia na teoria do big bang (estrondão).

¹⁴ Objetos BL Lac, são um tipo de quasar, que devem mostrar a mesma periodicidade do desvio para o vermelho que os quasares. São muito raros e apresentam emissões intensas de raio X e de rádio.

¹⁵ “Postulado apresentado por Ernest Mach que afirma que a inércia (massa) é o resultado da influência de todas as partículas dentro do universo. Isso contradiz a visão que a massa é um atributo de cada partícula individual” (ARP, 2001, p. 440-441).

¹⁶ Na concepção de Arp (2001, p.149) “estrelas supergigantes brilhantes emitem tanta radiação que a pressão causa ventos de “perda de massa” que deixam a superfície. Quando olhamos para a estrela, o gás interveniente mais frio que produz as linhas de absorção no espectro está se movendo em nossa direção e, portanto, tem um desvio espectral negativo”.

Segundo a concepção Kuhniana uma anomalia refere-se a um fenômeno, para o qual o paradigma da ciência normal não prepara o cientista e, quando a comunidade científica reconhece que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal, dá-se início

[...] então, uma exploração mais ou menos ampla da área onde ocorreu a anomalia. Esse trabalho, somente se encerra quando a teoria do paradigma for ajustada, de tal forma que o anômalo se tenha convertido no esperado. A assimilação de um novo tipo de fato exige mais do que um ajustamento aditivo da teoria. Até que tal ajustamento tenha sido completado – até que o cientista tenha aprendido a ver a natureza de um modo diferente – o novo fato não será considerado completamente científico (KUHN, 2013, p.128).

Com a descoberta dos quasares e suas implicações, instaurou-se, entre os membros da comunidade científica, uma série de questionamentos e tentativas de explicações a fim de fazer com que a teoria do big bang (estrondão) continuasse sendo a mais aceita. Nessa perspectiva, é possível compreender por que os dados observacionais de Halton Arp não tiveram o merecido prestígio, pois, se os mesmos estivessem corretos, a academia seria conduzida a abandonar a teoria do big bang (estrondão) e, desse modo, teria que adotar uma visão completamente distinta do espaço extragaláctico. Contudo, Arp recebeu o apoio de influentes pesquisadores, como Geoffrey Burbidge e Margaret Burbidge, que assim como ele, defendem a hipótese local dos quasares.

3. PROBLEMAS NO PARADIGMA

A maioria dos filósofos da ciência contemporânea rejeitam a concepção de que o desenvolvimento científico se dá, de modo, puramente linear e acumulativo. Eles concebem a ciência como uma construção humana e, portanto, admitem que o progresso científico é passível a crises, rupturas e profundas reformulações. O físico e filósofo, Thomas Kuhn, em sua principal obra “A Estrutura das Revoluções Científicas”, apresenta a progresso da ciência como uma sucessão de períodos de ciência normal, interrompidos por revoluções científicas. Nos períodos de ciência normal, a academia adere a um paradigma, enquanto que, nos períodos de revoluções científicas, o paradigma vigente sofre uma ruptura. Durante o processo de transição, o antigo e o novo paradigma disputam a preferência dos membros da comunidade científica, que por sua vez, apresentam distintas visões de mundo.

A teoria do big bang (estrondão), embasada nas evidências experimentais – redshifts e radiação cósmica de fundo – e nas previsões teóricas, constitui-se como um paradigma da Cosmologia moderna. Segundo a concepção Kuhniana,

(Paradigma) é um resultado científico fundamental que inclui ao mesmo tempo uma teoria e algumas aplicações tipo aos resultados das experiências e da observação. Mais importante ainda é um resultado cuja conclusão está em aberto e que põe de lado toda uma espécie de investigação ainda por fazer. E, por fim, é um resultado aceite no sentido de que é recebido por um grupo cujos membros deixam de tentar opor-lhe rival ou de criar-lhe alternativas (Kuhn, 1974, apud, NEVES, 2000, p.192).

Kuhn (1998, p.38), acrescenta que “para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa (e de fato isso nunca acontece) explicar todos os fatos com os quais pode ser confrontada”. A teoria do big bang (estrondão) é a mais aceita e difundida por pesquisadores e estudiosos da área, contudo a mesma é permeada por evidências empíricas, que se fossem, interpretadas com outros olhos, não corroborariam com a concepção de um universo que se expande.

Como alternativa e/ou teoria rival ao big bang (estrondão), há dois modelos de estado estacionário de universo. O primeiro, proposto em 1948 por Bondi, Gold e Hoyle consistia em descrever um universo em expansão, mas que, ainda era eterno e essencialmente imutável, uma vez que, o mesmo não foi e não será diferente do que é atualmente, pois, não houve um estado passado de concentração e explosão, assim como não haverá um estado futuro de dispersão e morte do universo.

Nas palavras de Hoyle (1959, p.92) “a teoria do estado estacionário implica muitas conclusões primordiais. Apontando apenas algumas tanto o espaço como o tempo seriam infinitos, e que a matéria está sendo criada continuamente em todo o espaço”. As

características do universo, de modo geral, não se modificam com o tempo, somente as galáxias e constelações de galáxias sofrem alterações. Se espalhar o seu material uniformemente através do espaço e, considerar as propriedades gerais do universo, este permanecerá imutável.

A expansão do universo seria apenas uma característica básica da teoria. Na medida em que, as galáxias vão se afastando uma das outras, ocorre criação lenta e contínua de matéria, de modo a compensar e preencher os vazios crescentes entre as galáxias em dispersão. Assim a densidade geral do universo permanece a imutável.

Hoyle mostrava-se incomodado com a ideia de um momento de criação abrupta em um instante determinado e, ao comparar os conceitos de criação na teoria do Estado Estacionário e no modelo do big bang (estrondão), ressalta que:

A questão mais óbvia a se fazer sobre a criação contínua é a seguinte: de onde vem a matéria criada? [...] Essa pode parecer uma ideia muito estranha e eu concordo que seja, mas na ciência não importa, mas na ciência não importa que uma ideia seja estranha desde que ela funcione- o que quer dizer, desde que a ideia possa ser expressa de uma maneira precisa e que suas consequências estejam de acordo com as observações. [...] Essa é certamente uma nova hipótese, mas ela só substitui a hipóteses que estava escondida nas teorias anteriores, que assumem, como eu disse anteriormente, que o universo inteiro foi criado num Big bang num certo instante no passado remoto. Em bases científica, essa suposição do “Big bang” é a mais agradável das duas. Por seus processos irracionais que não podem ser descritos em termos científicos. A criação contínua, por outro lado, pode ser representada por equações matemáticas cujas consequências podem ser analisadas e comparadas com as observações. Em bases filosóficas também, eu não posso ver uma razão para preferir a ideia do Big bang. Na verdade, ela parece ser para mim em um sentido filosófico uma noção especialmente não satisfatória, uma vez que coloca seu pressuposto básico fora da visão onde ela não pode jamais ser desafiada por um apelo direto a observação (HOYLE, 1950, p.124, apud HENRIQUE, 2001, p. 102-103).

Hoyle rejeitava a ideia de o universo ter se originado a partir de uma “explosão”, pois tal fato, ia ao encontro de uma espécie de milagre primordial, sem sentido como teoria científica. Na concepção do referido astrônomo, seria “contra o espírito científico investigativo atribuir causas desconhecidas pela ciência a efeitos observáveis” (KRAGH, 1996, p. 179). No âmbito em questão, a Cosmologia não podia fornecer explicações adequadas cientificamente para um universo que foi criado a partir do nada.

O astrofísico indiano Jayant Narlikar também questionou o conceito de singularidade inicial, presente na teoria do big bang (estrondão), pois segundo ele, este modelo envolvia violação das leis da natureza, visto que:

Argumenta-se que o universo começou subitamente numa grande explosão (portanto, o “Big Bang”) e que a aparente recessão das galáxias observada atualmente é um indício desta atividade violenta inicial. Mas como essa explosão inicial ocorreu? Por que e quando ela ocorreu? O que a precedeu? A matéria existia

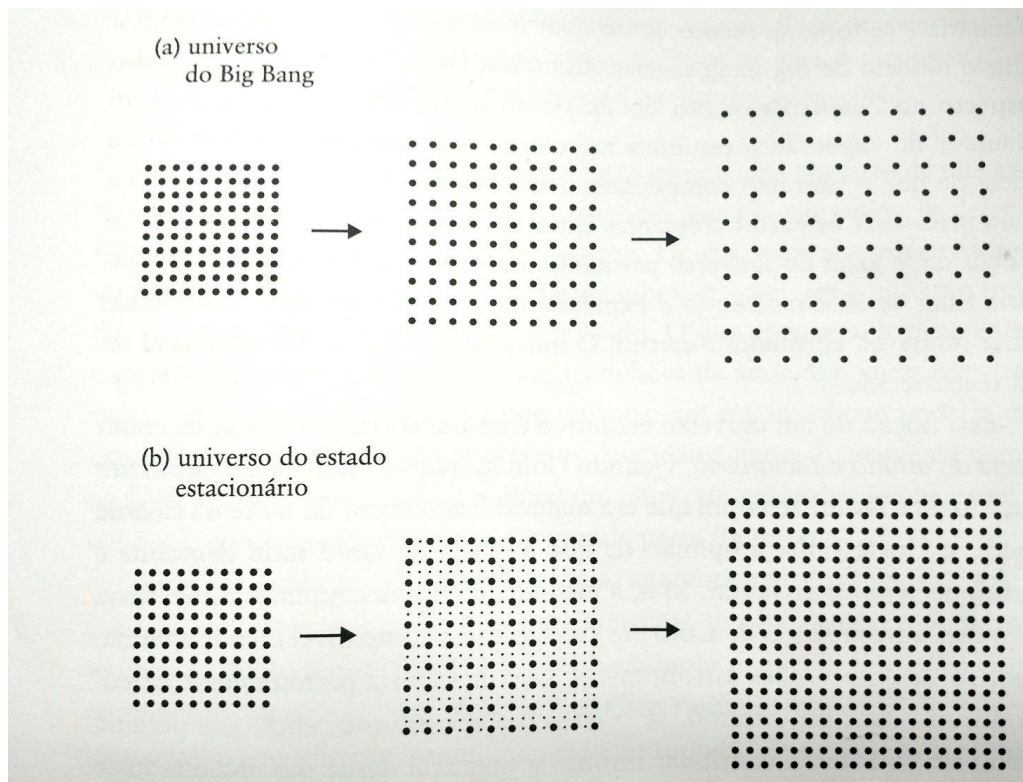
antes de $t=0$, ou foi criada na explosão? Se foi criada subitamente, isso não viola as leis da conservação de energia e da matéria? (NARLIKAR, 1981, p.86).

O pensamento cosmológico referente a teoria do big bang (estrondão) foi guiado pelo princípio cosmológico, que afirmava que todos os lugares do universo são essencialmente iguais. Thomas Gold, ao postular o princípio cosmológico perfeito, concluiu que:

Não somente a nossa região do universo é igual a todas as outras, mas nossa era no universo é igual a todas as outras. Em outras palavras, não habitamos nem um lugar especial no universo, nem uma época especial. O universo é o mesmo em toda a parte e também em todas as áreas (SINGH, 2004, p.323).

Gold defendia a ideia de que o modelo do Estado Estacionário do universo era uma consequência natural do seu princípio cosmológico perfeito.

Figura 4: O diagrama (a) mostra a expansão num universo do big bang (estrondão). Uma pequena porção do universo dobra a sua área e, então dobra de novo. Os pontos que representam as galáxias tornam-se cada vez mais dispersos de modo que, à medida que o tempo passa, o universo se torna menos denso. O diagrama (b) mostra a expansão do universo do estado estacionário. Novamente uma pequena porção do universo dobra até duas vezes, mas dessa vez novas galáxias aparecem entre as antigas, como mostrado no estágio intermediário da evolução. Essas sementes de galáxias crescem até se tornar galáxias completas, assim, uma terceira fase do universo parece ser igual à primeira.



Fonte: Figura 85 (SINGH, 2004, p.324)

Fred Hoyle (1959) apresentou dois aspectos, que segundo ele, seriam responsáveis pela surpresa, geralmente, causada na comunidade científica. O primeiro refere-se ao fato da teoria possuir uma base matemática bem definida e, o segundo corresponde à consideração que o modelo cosmológico é altamente suscetível de comprovação por observação.

Em relação ao segundo aspecto, Hoyle (1959) argumenta que, em escala cosmológica, há muitas comprovações possíveis. Com o auxílio dos telescópicos, por exemplo, é possível ver como eram os sistemas galácticos há um bilhão de anos ou mais e, desse modo, pode-se obter uma indicação de como os constituintes do universo comportavam-se no passado e, essa indicação pode, por sua vez, pode ser comparada com os acontecimentos cósmicos que se verificam próximos a Via Láctea, no espaço e no tempo. E, como a teoria do estado estacionário impõe que não há diferença nas propriedades, de modo geral, entre o passado e o presente, fica a teoria exposta à prova por essa comparação.

Fred Hoyle também sugeriu que há provas passíveis de serem realizadas, sem que, seja necessário, lançar um olhar longínquo para o universo. Como exemplo, ele propõe que a formação de novas galáxias seja equivalente ao nascimento, no sentido biológico, e a sua separação pela expansão como sendo correspondente à morte. Nos termos dessa analogia, nasce uma nova geração de galáxias a cada alguns bilhões de anos. Para Hoyle (1959, p. 102)

[...] de acordo com a teoria do estado estacionário, não são as galáxias um produto de flutuações e condensações desordenadas, como na teoria evolutiva, mas representam um sistema muito rigorosamente controlado, obedecendo a uma espécie de ecologia cósmica, com a origem da matéria tomando um papel crítico.

Essa diferença crucial entre as duas teorias pode constituir a base para comprovações, uma vez que, os testes podem ser aplicados a propriedades como a densidade das galáxias no espaço e a distribuição de grandezas em massas das galáxias.

Para melhor distinguir alguns dos critérios potenciais entre as duas teorias—big bang (estrondão) e Estado Estacionário, Singh (2004) propõe uma tabela, onde cada um é brevemente avaliado, com o propósito de indicar qual modelo era mais bem-sucedido, de acordo com os dados disponíveis em 1950.

Tabela 2: critérios comparativos entre os dois modelos cosmológicos. As cruces e os vês dão uma indicação aproximada do desempenho de cada modelo em relação a cada critério e ponto de interrogação indica a ausência de dados.

| Critério | Modelo do big bang (estrondão) | Sucesso | Modelo do Estado Estacionário | Sucesso |
|-----------------------------------|--|---------|--|---------|
| Desvio para o vermelho e expansão | Esperado de um universo que foi criado num estado denso e então se expande. | √ | Esperado de um universo eterno que se expande, com matéria nova sendo criada nos espaços vazios. | √ |
| Formação de galáxias | A expansão do big bang (estrondão) teria talvez desmanchado as galáxias-bebês antes que elas pudessem crescer; não obstante, as galáxias evoluíram e ninguém podia explicar como. | X | Há mais tempo e nenhuma expansão inicial violenta; isso permite às galáxias se desenvolverem e morrerem, sendo substituídas por novas galáxias formadas da matéria criada. | √ |
| Distribuição das galáxias | As galáxias jovens existiram no universo primordial e, portanto, deveriam ser observadas somente a grandes distâncias, o que, efetivamente, fornece uma janela para o universo primordial. | ? | Galáxias jovens devem aparecer com uma distribuição uniforme, porque podem nascer em qualquer parte e em qualquer tempo da matéria criada entre as galáxias velhas. | ? |
| Radiação Cósmica de Fundo (CBR) | Este eco do big bang (estrondão) ainda deveria ser detectável com equipamento sensível o bastante. | ? | Não houve big bang (estrondão) e, portanto, nenhum eco e por isso não podemos detectá-lo. | ? |
| Criação | Não há explicação para o que causou a criação do universo. | ? | Não há explicação para a criação contínua de matéria no universo. | ? |

Fonte: Adaptação da tabela 4 (SINGH, 2004, p.344-345)

As duas colunas refletem os sucessos e os fracassos específicos de ambos modelos rivais. Percebe-se, assim, que nenhuma das teorias é completamente satisfatória. Contudo, com a detecção da radiação cósmica de fundo, a teoria do Estado Estacionário foi descartada, uma vez que, consideraram que a mesma não mencionava a existência da CBR, bem como não podia conceber um cenário, no qual o universo estivesse permeado de micro-ondas.

Diante dessa evidência, Fred Hoyle, juntamente com seus colegas, Jayant Narlikar e Geoffrey Burbidge, adaptou e transformou o modelo do Estado Estacionário em outro que, começava a parecer mais compatível com as observações astronômicas. Esse novo modelo, denominado teoria do Estado Quase Estacionário, admitia um universo que tinha fases

regulares de contração entre a expansão a longo prazo, bem como, concebia que, ao invés da matéria ser criada continuamente, o modelo revisado dependia da matéria sendo criada em descargas intensas (SINGH, 2004).

Os três pesquisadores publicaram um livro, em 2005, denominado “A Different Approach to Cosmology: From a Static Universe through the Big Bang towards Reality” (Uma abordagem diferente para Cosmologia: De um universo estático através do Big Bang para a realidade), no qual, argumentam que a radiação cósmica de fundo, entendida como um remanescente de acordo com big bang (estrondão), nada mais é, do que o resultado da difusão da luz das estrelas. Todavia, tanto o modelo do estado estacionário, quanto o do quase estacionário não conseguiram conquistar um amplo apoio dos demais pesquisadores da área, pois conforme Kuhn ressalta

Regularmente e de maneira apropriada, a invenção de novas teorias evoca a mesma resposta por parte de alguns especialistas que vêem sua área de competência infringida por essas teorias. Para esses homens, a nova teoria implica uma mudança nas regras que governam a prática anterior da ciência normal¹⁷. Por isso, a nova teoria repercute inevitavelmente sobre muitos trabalhos científicos já concluídos com sucesso. É por isso que uma nova teoria, por mais particular que seja o âmbito de aplicação, nunca ou quase nunca é ao mero incremento ao que já é conhecido. Sua assimilação requer a reconstrução da teoria precedente e a reavaliação dos fatos anteriores (KUHN, 1998, p.26).

Nesse sentido, era preferível, entre os astrônomos, admitir serem mais satisfatórias as Cosmologias relativísticas, uma vez que, a falta de dados experimentais contribuía significativamente para que isso ocorresse.

Em relação à descoberta feita pelo COBE, muitos cientistas, defensores da teoria do big bang (estrondão), enfatizam que a mesma foi de extrema importância, pois as ondulações da radiação de fundo encontradas instituem-se como sendo uma peça fundamental que faltava para explicar a origem e, suposta evolução do universo. Contudo, para Arp (2001) as irregularidades da CBR correspondem a um argumento a favor de um universo que não se expande, uma vez que, isso acontece porque o meio intergaláctico pode ser observado daqui até um ponto tão distante quanto se queira sem qualquer distorção da velocidade devido à expansão. De acordo com o autor, “a interação através desta maior distância possível é a que é mais capaz de suavizar todas as flutuações na radiação de fundo recebida de todas as profundezas do universo” (ARP, 2001, p.352). Nesse sentido, para o universo sem expansão a explicação mais eloquente e mais simples para a CBR é a de que estamos vendo simplesmente a temperatura no meio intergaláctico subjacentes (ARP, 2001).

¹⁷ Para Kuhn (1998) o termo “ciência normal” significa a pesquisa baseada em uma ou mais realizações científicas passadas.

Para ilustrar a aparente superioridade do big bang (estrondão) sobre o Estado Estacionário, Singh (2004) apresenta uma nova tabela com critérios que fornecem apoio ao modelo cosmológico em expansão.

Tabela 3: critérios comparativos entre os dois modelos cosmológicos. As cruzes e os vês dão uma indicação aproximada do desempenho de cada modelo em relação a cada critério e ponto de interrogação indica a ausência de dados.

| Critério | Modelo do big bang (estrondão) | Sucesso | Modelo do Estado Estacionário | Sucesso |
|-----------------------------------|--|---------|--|---------|
| Desvio para o vermelho e expansão | Esperado de um universo que foi criado num estado denso e então se expande. | √ | Esperado de um universo eterno que se expande, com matéria nova sendo criada nos espaços vazios. | √ |
| Formação de galáxias | A expansão do big bang (estrondão) poderia ter desfeito as galáxias-bebês antes que elas pudessem crescer; não obstante, as galáxias evoluíram, mas ninguém pode explicar como. | X | Existe mais tempo e nenhuma expansão inicial violenta; isso permite às galáxias se desenvolverem e morrerem, sendo substituídas por novas galáxias formadas a partir da matéria criada. | √ |
| Distribuição das galáxias | As galáxias variam com a distância; galáxias jovens (como quasares) são observadas, mas apenas as grandes existiram no universo primordial e, portanto, deveriam ser observadas somente à grandes distâncias, o que, efetivamente, já que teriam existido após o big bang (estrondão). | √ | Galáxias jovens deveriam ter uma distribuição uniforme, porque elas podem nascer em qualquer parte e em qualquer tempo da matéria criada nos espaços entre as galáxias velhas, mas isso não é pela observação. | X |
| Radiação Cósmica de Fundo (CBR) | O eco do big bang (estrondão) foi previsto por Gamow, Alpher e Herman e encontrado por Penzias e Wilson. | √ | Não pode explicar a CBR observada. | X |
| Criação | Ainda não existe explicação para a criação do universo. | ? | Ainda não há explicação para a criação contínua de matéria. | ? |

Fonte: Adaptação da tabela 6 (SINGH, 2004, p.411-412).

Ao adotar a teoria do big bang (estrondão) como um paradigma, a comunidade científica presume que todas as irregularidades inerentes a mesma, foram solucionadas, de modo que, as demais teorias alternativas são esquecidas e, até mesmo desprezadas.

Neves (2000) faz uma revisão histórica apresentando evidências teóricas comprovando que os modelos de estado estacionário previram valores da temperatura da radiação cósmica de fundo, muito mais próximos, do que os valores teóricos apontados pelos defensores de um universo evolucionário.

No artigo intitulado “Tradução comentada do artigo de Guillaume de 1896 sobre a temperatura do espaço” Assis e Neves (2004) evidenciam que a estimativa mais antiga sobre a temperatura do espaço interstelar foi prevista por Charles Édouard Guillaume (1861-1928), muito antes do nascimento de G. Gamow (1904-1968). Ainda em 1896, Guillaume estimou o total de energia das estrelas e, ao fazer uso da lei de Stephan-Boltzmann, concluiu que o valor da temperatura do espaço interstelar seria equivalente a 5,6 K, adotando a teoria de um universo estático (NEVES, 2000a).

O astrônomo britânico Arthur Eddington (1882-1944), em seu livro “The Internal Constitution of the Stars” (“A Constituição Interna das Estrelas”), publicado em 1926, estimou, com relativa precisão, a temperatura do espaço cósmico. Na concepção de Eddington, “o campo de radiação total emitida pelas fontes estelares é contrabalançado pela radiação incidente sobre elas e absorvido por elas” (NEVES, 2001, p.203).

O valor estimado por Eddington para a temperatura do espaço cósmico, concebendo um modelo de universo não expansivo, correspondeu a 3,2K. Tal previsão foi possível devido a equação matemática, denominada lei de Stephan-Boltzmann, $F = \sigma T^4$ (onde F = fluxo de energia emitida, σ = constante de Stephan-Boltzmann e T = temperatura do espaço). Posteriormente, Eddington mudou seus pontos de vista cosmológicos e aceitou a ideia de um universo em expansão, especialmente após a publicação do livro “The Expanding Universe” (O Universo em Expansão) (ASSIS, NEVES, 2013).

O físico alemão Erich Regener (1882-1944), em 1933, também embasado num modelo cosmológico sem expansão, analisou a energia dos raios cósmicos que chegam à Terra e, a partir desse estudo inferiu que a temperatura do meio interstelar deveria ser de 2,8 K (NEVES, 2000a). Mais tarde, em 1937, o físico-químico Walther Nernst (1864-1941), considerado o pai da terceira lei da Termodinâmica, publicou um artigo, no qual presumiu que a temperatura era de aproximadamente 2,8K, tendo em vista a ideia de um universo estático.

Em 1953, o astrônomo Erwin Finlay-Freundlich (1885-1964) supôs uma temperatura de 2,3 K. Contudo, no ano seguinte, em 1954, em novo artigo, Freundlich “[...] sugere uma hipótese de perda de energia do fóton, devendo a temperatura do espaço intergaláctico estar entre os valores de 1,9 K e 6,0 K” (NEVES, 2011, p.203).

Contudo, é pouco conhecido que estes autores estimaram o valor correto da temperatura da radiação cósmica de fundo antes do trabalho de Gamow e de seus colaboradores. Isto significa, portanto, que a detecção da CBR não pode ser considerada uma evidência decisiva em favor do modelo do big bang (estrondão), uma vez que, já que existia um modelo alternativo que também previu, com determinada precisão, o valor correto da temperatura (ASSIS, NEVES, 2013).

Neves e Assis (20013) propõe uma tabela, onde apresentam as previsões da temperatura da radiação cósmica de fundo, segundo os valores obtidos pelos autores mencionados.

Tabela 4: Previsões da CBR (radiação cósmica de fundo)

| Ano | Universo Estacionário | Big bang | Temperatura (K) |
|------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| 1896 | Guillaume | | 5,6 |
| 1926 | Eddington | | 3,2 |
| 1933 | Regener | | 2,8 |
| 1937 | Nernst | | 2,8 |
| 1949 | | Alpher & Hermann | 5 |
| 1953 | | Gamow | 7 |
| 1953 | Finlay-Freundlich | | 2,3 |
| 1953 | Finlay-Freundlich | | $1,9 \leq T \leq 6,0$ |
| 1961 | | Gamow | 50 |

Fonte: Adaptada da tabela 3 (NEVES, 2011, p.204)

Percebe-se assim, que ao contrário do que, geralmente, é apresentado nos livros de divulgação científica, os defensores de um universo estacionário estimaram valores muito mais próximos do valor obtido experimentalmente por Penzias e Wilson, quando comparado aos valores apresentados pelos adeptos ao modelo de um universo em expansão.

Outro aspecto relevante a ser discutido e difundido no ambiente acadêmico e também fora dele, refere-se à interpretação dos redshifts segundo a teoria do Estado Estacionário, uma vez que, abordar as diferentes interpretações desta evidência, conduz a democratização do conhecimento científico, bem como à superação das visões deformadas da ciência.

Apesar das observações de Hubble serem consistentes com a teoria de um universo em expansão, estas não são necessariamente uma confirmação incontestável e definitiva dela, uma vez que, o renomado astrônomo procurou, insistentemente, compreender o que causaria os desvios para o vermelho (ASSIS, NEVES, SOARES, 2008).

Neves (2000a) salienta que, além das previsões muito próximas da temperatura da CBR, os pesquisadores favoráveis a teoria de um universo estacionário, interpretam o redshift

como sendo um efeito decorrente da perda de energia do fóton de luz em sua longa jornada através do espaço (um decaimento da frequência do fóton de luz). Tal interpretação ficou conhecida como teoria da "luz cansada".

Contudo, ainda em 1929, foram publicados dois importantes artigos nos Anais da Academia Nacional de Ciências, nos Estados Unidos, sendo um escrito por Edwin Hubble e o outro por Fritz Zwicky (SOARES, 2014). No primeiro artigo, Hubble demonstra a relação, aparentemente, linear entre velocidades e as respectivas distâncias das galáxias. No segundo, o astrônomo Fritz Zwicky (1898–1974) apresenta uma teoria alternativa ao modelo de expansão do universo, que ficou conhecida como o “paradigma da luz cansada”.

Zwicky não interpreta os redshifts como sendo decorrentes do efeito Doppler Óptico. Ele introduz a ideia de a luz ao “viajar” de uma fonte distante, como por exemplo, uma galáxia, perde energia gradativamente, em outras palavras, pode-se considerar que a luz se “cansa”. Soares (2014) explica que a luz é caracterizada por uma frequência ν e por um comprimento de onda $\lambda = c/\nu$ e, seu quantum de energia, o fóton, possui energia correspondente a $E = h\nu$, onde h é a constante de Planck. Se a energia sofre um decaimento devido a fadiga causada pela viagem, isso implica numa diminuição em ν , acarretando em um aumento em seu comprimento de onda λ , uma vez que, λ é inversamente proporcional a ν . Desse modo, quanto maior a distância da fonte, maior será o aumento de λ , ou seja, maior é o desvio para o vermelho. Soares (2014) ressalta que no espectro visível, o violeta possui o menor comprimento de onda e o vermelho o maior, portanto, a nomenclatura “desvio para o vermelho” estaria referindo-se ao comprimento de onda, seja na faixa do visível ou não.

A contribuição de Zwicky foi muito significativa, pois, além de lançar a hipótese do paradigma da luz cansada, também sugeriu um mecanismo físico para a fadiga da luz em sua longa jornada. O mecanismo considerado por ele é “uma espécie de análogo gravitacional do efeito Compton” (“a sort of gravitational analogue of the Compton effect” (ZWICKY, 1929, p. 773, apud SOARES, 2014). O referido astrônomo propõe que “o fóton perde energia devido ao arrasto gravitacional (atrito dinâmico) durante sua viagem da fonte ao observador, arrasto este causado pela matéria existente ao longo da trajetória” (SOARES, 2014).

Algumas décadas depois, em 1953, Finlay-Freundlich (1885-1964) questionou os redshifts das estrelas B e O¹⁸, pertencentes ao grupo da Nebulosa de Orion. Ao estudar a

¹⁸ As estrelas são catalogadas em razão de suas temperaturas superficiais: O, B, A, F, G, K e M. As estrelas do tipo O são azuis, com temperatura superficial superior a 25.000K, 15 vezes o raio solar e 60 vezes a massa do sol. As estrelas do tipo B são, também, azuis, mas com temperaturas que variam de 11000 a 25.000K. Têm sete vezes mais o raio do Sol e cerca de 18 vezes a massa solar” (NEVES, 2011, p. 205).

influência do potencial gravitacional sobre os resultados dos desvios para o vermelho observados, apresentou seus resultados para as estrelas B afirmando que:

As estrelas B na nebulosa de Orion mostram um desvio para o vermelho sistemático em relação às linhas na nebulosa que chegam a pelo menos + 10 km/s. Este valor é maior, por um fator da ordem de dez, do que o desvio para o vermelho previsto pela teoria da relatividade (FINLAY-FREUNDLICH, 1953, p.100, apud NEVES, 2011, p.205).

Em relação as estrelas de tipo O, Freundlich constatou que os redshifts eram de aproximadamente + 18 km/s. E, ao estudar os sistemas de estrelas binárias, verificou redshifts maiores, por um fator de 10 ou 20, do que os valores estimados pela relatividade geral (desvio para o vermelho gravitacional). A respeito desse fato, Freundlich considera que

É bastante improvável que eles sejam produzidos por um movimento simétrico das estrelas na nebulosa de Orion em relação à própria nebulosa, ou por um movimento sistemático das estrelas O em relação às estrelas B no mesmo aglomerado. Vemos, pois, que os valores elevados de redshifts revelam um efeito físico que não pode ser interpretado como um deslocamento gravitacional nem como um verdadeiro efeito de recessão (FINLAY-FREUNDLICH, 1954, p.315, apud NEVES, 2011, p.205).

Para tentar fornecer uma interpretação para os redshifts observados, o referido astrônomo propõe

[...]introduzir como hipótese adicional (o fato de) que a luz, passando através de profundas capas de campos intensos de radiação, perde energia - talvez devido a uma interação fóton-fóton - e que a energia perdida seja proporcional tanto à densidade do campo de radiação quanto ao comprimento do caminho atravessado pela luz através do campo de radiação (FINLAY-FREUNDLICH, 1954, p.316, apud NEVES, 2011, p.205).

Freundlich, ao encerrar sua discussão, enfatiza que:

O redshift não é devido a uma expansão do Universo, mas devido a uma perda de energia que a luz sofre nas imensas distâncias do espaço que ela atravessa, vinda dos mais distantes sistemas estelares. Assim, a luz deve estar exposta a algum tipo de interação com a matéria e a radiação no espaço intergaláctico (FINLAY-FREUNDLICH, 1954, p.319, apud NEVES, 2000a, p.195).

Mais tarde, em 1962, o físico Louis De Broglie (1892-1987), em conformidade com a interpretação que redshifts observados eram consequências do enfraquecimento da luz em sua longa viagem através do espaço, escreve que:

Um fóton vindo de uma nebulosa muito distante teria sua onda enfraquecida através de uma pequena atenuação ou absorção pela extremamente tênue matéria absorvedora que sabemos existir no espaço interestelar. Isto poderia resultar num gradual decréscimo do quantum h. e produzir assim um redshift através de um mecanismo bastante diferente da forte absorção do fóton ou do efeito Compton. O mecanismo real seria a contínua absorção 'fraca' da onda (De Broglie, 1962, p.443), apud NEVES, 2000a, p.195).

As teorias de “luz cansada”, caracterizam-se como tentativas de oferecer explicações distintas para os redshifts. Halton Arp, por exemplo, ao rejeitar a hipótese de um universo evolutivo, propõe, com base em dados observacionais que os mesmos são indicativos da idade

da matéria e, portanto, são intrínsecos a quasares e galáxias. Nessa perspectiva, é importante alertar sobre a importância de analisar todas as teorias criticamente, uma vez que,

As novas teorias científicas não são um produto de acumulação de informação, não são a simples adição de novas ideias, fatos vindos de teorias antigas. São antes o resultado de processos de construção e de elaboração árduos e laboriosamente pensados por investigadores frequentemente em discórdia, com argumentos e contra-argumentos. São quase sempre frutos de dezenas de anos em busca de afirmação e não um simples processo de substituição e de revisão (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2005, p.75).

Vale acrescentar, contudo, que a elaboração de uma nova teoria, especialmente no campo da cosmologia, geralmente, é recebida com ceticismo pela comunidade científica, fazendo com que, relevantes trabalhos sejam ocultados nos livros textos e da bibliografia em geral. Os desacordos entre teorias, muitas vezes, são negligenciados, constituindo, assim a face oculta da ciência.

3.1. OUTRAS ALTERNATIVAS AO MODELO COSMOLÓGICO PADRÃO

A teoria do big bang (estrondão), também conhecida como modelo cosmológico padrão, consagrou-se no meio científico e, também em ambientes não formais de ensino, devido a sua ampla popularização nos livros de divulgação científica e na mídia, em geral. Pode-se considerar também que, historicamente a Cosmologia, enquanto ciência, possui uma íntima relação com a religião, pois doutrinas religiosas, por vezes, influenciaram o desenvolvimento científico.

Recentemente, o atual papa da Igreja Católica, na Pontifícia Academia de Ciências, consentiu que as teorias científicas da evolução e do big bang (estrondão) estão corretas e, portanto, não são incompatíveis com a existência de um criador. Porém, antes de Francisco, o papa Pio 12 já havia aceito as ideias do evolucionismo e do big bang (estrondão), bem como o pontífice João Paulo II, que chegou a mencionar que a evolução era um fato comprovado. Já o papa Bento 16 argumentou que a seleção natural, por si só, não explicava a complexidade do universo, ou seja, a evolução não era fruto, puramente, do acaso. Há cientistas e pesquisadores que partilham do mesmo ponto de vista, isto é, admitem que ciência e religião são distintas e independentes, uma vez que, as ciências estudam os fenômenos naturais, por meio da razão e da experimentação, enquanto que, a religião busca compreender o mundo espiritual, tendo como base as crenças e a fé. Contudo, essa relação de incompatibilidade entre ciência e

religião, muitas vezes, não é observada, pois não são raras as situações em que a atividade científica sofre influência de interesses particulares.

Há diversas teorias, sejam elas religiosas ou científicas, com diferentes interpretações, que buscam compreender a origem e constituição do universo. Tanto a teoria do Estado Estacionário, como a do big bang (estrondão) foram alvos de muitas críticas. Nesse contexto, a Cosmologia do Plasma emerge, adotando como premissa a característica que aproximadamente 99% da matéria observada no universo esteja no estado de plasma¹⁹.

O físico de plasma, Hannes Alfvén, ganhador do prêmio Nobel de Física de 1970, em conjunto com seu colega Oskar Klein, desenvolveu, em 1961, um mecanismo pelo qual a matéria e a antimatéria poderiam ser separadas em regiões distintas, a chamada teoria do ambiplasma (ROCHA, 2008). Atualmente, os físicos Eric Lerner e Anthony Peratt são os maiores defensores da Cosmologia do plasma. No livro intitulado “The Big bang Never Happened” (O Big Bang nunca aconteceu) embasada nos estudos de Alfvén, Lerner apresenta modelos, baseados nos resultados da física de plasma obtidos em laboratório e em simulações computacionais, para explicar estruturas do universo em larga escala (ROCHA, 2008). Desse modo, Lerner busca compreender os quasares, a formação das galáxias, bem como, os aglomerados e superaglomerados.

A Cosmologia do plasma configura-se como não-padrão, contudo, assim como as demais teorias, procura fornecer explicações qualitativas para a evolução do universo, a partir da radiação cósmica de fundo, formação das galáxias e da estrutura geral do universo, em larga escala.

Outra alternativa à teoria do big bang (estrondão), refere-se à teoria do universo inflacionário, proposta pelo físico Alan Guth (1947-) em 1981, a partir das contribuições inerentes as descobertas relacionadas à física de partículas, todavia,

A teoria do universo inflacionário utiliza não apenas a teoria da relatividade e a física nuclear- como o Big Bang- mas também outras teorias mais recentes, sobre a estrutura das partículas elementares e sobre as forças que existem entre elas. Ela parte de uma visão na qual todas as forças do universo- como a gravidade, a eletrecidade, o magnetismo, etc.-são, no fundo manifestações diferentes de uma só coisa (MARTINS, 1994, p. 170).

A referida teoria apresenta como propósito contornar os seguintes problemas identificados no modelo do big bang (estrondão), na década de 1970: o problema da planura; o problema da abundância dos monopolos magnéticos e o problema do horizonte.

¹⁹ O plasma pode ser considerado uma coleção de átomos neutros, elétrons livres e íons positivos, cuja formação se dá através do fornecimento de energia suficiente aos átomos, para que eles se desassociem, de modo que, é necessária uma alta temperatura.

A inflação cósmica postula que o universo, no seu momento inicial, passou por um crescimento exponencial devido a uma energia de vácuo negativa, ou, em outras palavras, uma pressão negativa. Ela também prevê a existência de energia escura e matéria escura, ou seja, entidades não observadas.

Rocha (2008, p.12) explica que

O campo responsável pela inflação é necessário no modelo padrão para se explicar a homogeneidade e a isotropia da radiação cósmica de fundo observada e, assim, resolver o problema do horizonte. A matéria escura, por outro lado, é necessária para se explicar a formação de estruturas como galáxias e aglomerados de galáxias, a idade do universo, caso contrário o universo seria mais novo do que algumas de suas estrelas, e a origem dos elementos leves. Finalmente, a energia escura, termo cunhado pelo cosmólogo Michael Turner em 1998, é responsável, no modelo do Big Bang, pela aceleração cósmica.

Assim, diante do exposto, percebe-se que existe uma pluralidade de teorias cosmológicas, que necessitam serem mais divulgadas e exploradas, tanto do ponto de vista conceitual, quanto histórico, a fim de que, modelos sejam aprimorados ou refutados.

4. ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

A fenomenologia pode ser considerada uma escola filosófica fundada por Edmund Husserl na Alemanha no fim do século XIX e primeira metade do século XX, cuja preocupação reside no estudo da essência das coisas. Para Bueno (2003) ela

[...] é uma ciência que se faz enquanto tal, pelo contato direto com o ser absoluto das coisas: capaz pelo seu rigor, revelar a essência; pela sua incompletude, pela sua objetividade, pelo seu rigor, pela sua veracidade, ser a ciência orientadora e esclarecedora dos desígnios filosóficos do homem. (BUENO, 2003, p. 12).

Em outras palavras, a fenomenologia proposta por Husserl é uma corrente filosófica com método próprio que caminha em direção ao rigor do conhecimento. Em sua primeira fase, a fenomenologia, preocupava-se permanentemente com os problemas do conhecimento, na tentativa de encontrar um método e um ponto de partida para a filosofia (FRANÇA, 1989). Ela, “buscava um princípio de todos os princípios e propunha a filosofia como “ciência do rigor”” (FRANÇA, 1989, p.9), isto é uma ciência que se caracterizasse como sendo mais rigorosa que as demais, pois, para Husserl era preciso construir uma filosofia desprendida de divergências e livre da ameaça de um ceticismo, que segundo o mesmo seria prejudicial à própria filosofia. Nesse sentido, Husserl defendia a ideia de alicerçar a filosofia sobre bases concretas, apoiando-a em evidências absolutas (ou apodícticas), ou seja, em uma “ausência absoluta de dúvida” (1931, p. 12).

Na segunda fase, Husserl propôs uma fenomenologia experimental (existencial), que para Resende consistia em uma “[...] proposta de *volta às próprias coisas* entendida não mais em sentido transcendental, abstração feita da própria existência, mas precisamente como retorno ao mundo da experiência...” (RESENDE, 1978, p.8). Contudo, a fenomenologia não se restringe em buscar aquilo que surge, que se mostra à percepção do investigador fenomenológico, ela vai além, pois

[...] procura ver as coisas de uma forma nova, como fenômenos, isto é, como se mostram ao pesquisador, em toda a sua riqueza, mas, também, no seu incompletamento, independente de estarem ou não tais fenômenos combinados com a realidade correspondente (MARTINS, 1988, p. 56).

O interesse em compreender o “como” os fenômenos se mostram, aparecem ou surgem é essencialmente verdade no caso da consciência voltada para os objetos, ou seja, à intencionalidade, uma vez que “aí torna-se importante e significativo explorar as formas através das quais os fenômenos na sua multiplicidade mostram-se através de vários aspectos e perspectivas mais ou menos adequadas ou inadequadas” (MARTINS, 1988, p. 57).

A fenomenologia entende que a melhor forma de se compreender a experiência não pode ser a mesma pela qual se conhece a realidade física ou biológica. Sendo assim, é importante empregar

[...] um método próprio que focalize a experiência vivida e sua significação, não sendo possível explicá-la por uma relação de causa e efeito, reduzindo-a leis, princípios ou conceitos, mas somente descrevê-la na sua singularidade, tal como ela se apresenta na consciência do sujeito que a expressa através do discurso falado, escrito, gestual etc (FRANÇA, 1989, p. 29).

Dessa forma, o investigador fenomenólogo carece estar atento para perceber os fenômenos em sua completude, uma vez que o pesquisador entende que as coisas não acontecem de forma isolada de sua manifestação. Segundo Neves (2005, p. 49)

A tarefa do pesquisador fenomenológico é chegar até essa consciência que da consistência ao fato (fato, entendido aqui como o acontecimento controlado após a definição que lhe dá o ser em seu referencial) e ao mundo no qual se dão as experiências definidoras da vida.

A Fenomenologia, concebida como um método de pesquisa é uma forma radical de pensar, pois ela parte, “[...] necessariamente, de caminhos conhecidos de fazerem-se as coisas, desafia os pressupostos aceitos e busca estabelecer uma nova perspectiva para ver o fenômeno (MARTINS; BICUDO, 1983, p.11) ”. O fenômeno, abordado diretamente pela fenomenologia é tudo aquilo o que se manifesta a si mesmo, sem concepções ou crenças prévias sobre o mesmo. Ao estudar o fenômeno, de modo a se manter no percurso do movimento do pensar fenomenologicamente é importante “*ir-à-coisa-mesma* tal como ela se manifesta, prescindindo de pressupostos teóricos e de um método de investigação que, por si, conduza à verdade” (BICUDO, 2000, p.71).

O desafio está em como ir às próprias coisas, uma vez que a fenomenologia tem como ponto de partida o que é empírico, ou seja, com o que é “dado” para ser experienciado, seja um texto escrito ou uma entrevista transcrita. Nas palavras de Martins e Bicudo,

Esse começo empírico radical e não depende de pré-conceitos ou de pré-supostos de uma teoria e nem de uma teoria que o explique. Nesse aspecto, ela se mostra como oposta aos procedimentos iniciais das “teorias científicas”, as quais exigem conceitos prévios. O primeiro movimento da Fenomenologia é contornar e evitar as espécies de pré-definições ou de pré-conceitos sobre o “dado”. (MARTINS; BICUDO, 1983, p.11-12).

Portanto, para alcançar o objetivo de abster-se de conceitos e previsões teóricas sobre o fenômeno, procura-se aborda-lo diretamente, indagando-o, tentando descrevê-lo e buscando extrair a sua essência. Segundo a postura fenomenológica, o inquiridor dirige-se para o fenômeno da experiência, ou seja, para o que é “dado” e procura “enxergar” esse fenômeno da forma que ele se mostra na própria experiência. Isso significa dizer que, “[...] há um mundo ao redor do fenômeno, que surge e que se doa ao pesquisador à medida que esse se dirige ao

mesmo” (MARTINS; BICUDO, 1983, p.10-11). Nesse sentido, para o pesquisador fenomenológico a-coisa-mesma não se caracteriza como sendo um objeto essencial, enquanto um objeto que está-aí-diante-dos-olhos, porém ela é a forma desse fenômeno se dar à experiência do “ver” do investigador (MARTINS; BICUDO, 1983).

A interrogação fenomenológica voltada para o retorno à-coisa-mesma, livre de pressupostos e julgamentos constitui-se a “*époche*”, que significa “[...] dar um passo atrás” e parar com as formas familiares e comuns de olhar as coisas, as quais impedem que sejam vistas” (MARTINS; BICUDO, 1983, p.12). Dessa forma o pesquisador procura “ver” o fenômeno, tal como ele se apresenta.

Ao se adotar o método fenomenológico, caracterizado pela descrição, redução e interpretação, faz-se necessário compreender o significado de cada termo. O ato de descrever, segundo o pensar fenomenológico

[...] coloca o inquiridor fenomenológico mais próximo do fenômeno na tentativa de torna-lo presente, sua finalidade de fazer com que o fenômeno se mostre o mais plenamente possível. Descrever consistirá, então, no esforço de enumerar aqueles aspectos que são imprescindíveis para ficar se conhecendo que fenômeno é este que se está investigando (FRANÇA, 1989, p. 30-31).

A descrição se expressa por meio da linguagem e tem a finalidade de descrever o visto, o sentido, a experiência vivenciada pelo sujeito, bem como de relatar o percebido na percepção, na sua totalidade, buscando-se isolar-se de julgamentos e concepções que possam interferir na mesma.

Descrever o fenômeno permite compreendê-lo na sua essência e esta, por sua vez proporciona esclarecer o que existe pelo modo como existe. Contudo, a postura fenomenológica, não se reduz a ela, pois, “ela trabalha com os dados fornecidos pela descrição e vai além, analisando-os e interpretando-os de acordo com critérios de rigor” (BICUDO, 200, p. 75).

As descrições tornam-se possíveis devido ao princípio da intencionalidade, que refere-se à “[...] consciência que é sempre compreendida como consciência de *alguma coisa*, ou seja, a consciência só é consciência quando ela está *dirigida para* o objeto, sendo esse objeto definido na sua relação com a consciência do ser; objeto como *objeto-para-o-ser* (NEVES, 2005, p.49). Nesse sentido, no prefácio da obra de Husserl, *Meditações Cartesianas: Introdução à Fenomenologia*, Márcio Pugliesi, destaca que

Todas as coisas do mundo aí estão, percebamo-las ou não”. A consciência é constituída por atos (*noesis*) que visam alguns componentes desse mundo (*noema*). Assim, diversas *noesis* podem referir-se a um único *noema*. Assim a fenomenologia sendo a pesquisa descritiva pura das vivências é uma psicologia descritiva e a fundamentação última do conhecer só pode ocorrer a partir de uma pesquisa sobre os atos do conhecimento (HUSSERL, 2001, p. 19)

Assim, pode-se considerar que todo “ato” configura-se como uma vivência não necessariamente intencional, pois há a princípio, dois conceitos de consciência. Um deles reporta-se a uma relação consciente com algo, isto é, a intencionalidade ou vivência intencional e o outro conceito é representado apenas por uma corrente de vivências, intencionais, num fluxo contínuo, um movimento permanente de fenômeno, o fenômeno imaginário (HUSSERL, 2001).

Expresso em outras palavras, o princípio da intencionalidade pretende lançar uma questão norteadora e essencial, o qual por sua vez, conduz “[...] o ser a posicionar-se em seu *logos* e a procurar um sentido aos objetos do mundo que se relacionam com a sua consciência. É a correlação do *noema*, o que é visto, com a *noesis*, o ato de ver.” (NEVES, 2005, p.49). Nesse sentido, ainda de acordo com o autor, é tarefa do pesquisador qualitativo propor

[...] através da intersubjetividade, a interrogação significativa, onde as descrições dos resultados levem à uma inteligibilidade articulada do tema tratado. Articulação que lance luz ao tema, tematizando-o, reavivando-o e elucidando-o em generalizações possíveis. O acesso perspectival do fenômeno na apreensão do que ele é, só é possível na experiência intersubjetiva de pesquisador e pesquisado: é o encontro de duas subjetividades, esclarecedoras e potencialmente objetivas (NEVES, 2005, p.50).

Assim, a interrogação a ser dirigida para o sujeito experienciador necessita ser bem formulada, a fim de que possa fornecer subsídios para a interpretação e compreensão dos fenômenos presentes na consciência do ser. Contudo, como a fenomenologia é uma metodologia inerente à pesquisa qualitativa, esta encontra-se permanentemente aberta a modificações no decorrer do percurso da sua realização e o seu campo de indagações amplia-se, tornando-se relativamente livre de estruturas que poderiam aprisioná-los (MARTINS; BICUDO, 1983).

Após as leituras e releituras das descrições, inicia-se o método de redução fenomenológica, o qual em conformidade com o mesmo pode-se

[...] remover as barreiras cognitivas inerentes à essência de todo modo natural de investigar, diversificando a direção unilateral própria ao olhar até obtermos o livre horizonte dos fenômenos “transcendentalmente” purificados e, com ele, o campo da fenomenologia em nosso sentido próprio (HUSSERL, 2006, p.27).

Segundo Neves (2005, p.51), a redução “é *claridade*, a compreensão da *possibilidade* do aprender, do fazer, do estar, do ser e do vir-a-ser”. E, nesse processo os discursos são compreendidos na sua totalidade, para que, posteriormente, os trechos de discursos ditos “ingênuos”, possam ser desconsiderados. Já os trechos que comportam essencialidades são extraídos e, dessa forma, emergem as unidades de significados, que por sua vez “[...] podem revelar as essências dos fenômenos posto em questão” (NEVES, 2005, p.51).

As unidades de significado referem-se aos fragmentos de discursos do sujeito que possuem significado e configuram-se como uma fonte de essências puras, que são passíveis de serem compreendidas de acordo com o campo de perspectivas do pesquisador (NEVES, 2005). Segundo a percepção do investigador fenomenológico, as unidades de significado podem não construir as mesmas unidades para distintos pesquisadores, uma vez que as relações entre sujeitos são diferentes.

Já o terceiro passo da pesquisa fenomenológica refere-se à interpretação dos dados, que pode sofrer algumas alterações de acordo com o referencial adotado. Aqui, em particular, optou-se por trilhar o caminho da compreensão ideográfica e nomotética. Inicialmente, após as identificadas as unidades de significado, busca-se compreendê-las individualmente, bem como procura-se transformar as expressões empregadas pelos interlocutores em uma linguagem psicológica, cuja denominação atribuída por NEVES (2005) é “Compreensão da Situação Relatada na Unidade”. Segundo o autor, esse procedimento somente torna-se possível devido ao uso da reflexão e da variação imaginativa, pois “variar imaginativamente as unidades, significa a verificação, nos diferentes momentos do dia, da alteração do significado da estrutura psicológica. Se as estruturas se mantêm é porque as essencialidades do fenômeno estão situadas” (NEVES, 2005, p.53).

Na sequência, efetua-se a compreensão ideográfica, onde o pesquisador fenomenológico analisa e interpreta os discursos individualmente, buscando “[...] resgatar de cada conjunto de unidades uma inteligibilidade do indivíduo” (NEVES, 2005, p. 53). Contudo, essa etapa demanda esforços, pois requer tempo, diferentes percepções e paciência para que os “*insights*”²⁰ psicológicos possam surgir para contribuir na caracterização do sujeito no seu contexto e essência, uma vez que “[...] o pesquisador precisa fazer e integrar os *insights* contidos nas Unidades de Significado transformadas em uma descrição consistente da estrutura do fenômeno” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.100).

Após o término das representações ideográficas, que apresentam as estruturas de cada indivíduo, pretende-se chegar às categorias, bem como revelar as convergências presentes nos discursos dos sujeitos e entre os discursos dos mesmos. Esse procedimento é denominado de Compreensão Nomotética.

²⁰“*Insight* significa evidência e refere-se àquilo que se doa à consciência e é, no seu sentido mais elevado, um ato da razão. Trata-se de um ver dentro da situação. O termo *insight* pode ser também substituído por *aspectos* ou *compreensões* ou por alguns significados constituintes ou relações. Estes significados constituintes ou relações articuladas na estrutura psicológica individual já são verdadeiros em todos os casos, mesmo quando essas generalidades convergentes não tenham sido o objetivo explícito da análise individual” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.107).

Após definidas as categorias, busca-se realizar a Compreensão Eidética das mesmas, cuja preocupação concentra-se em analisar as convergências existentes em cada categoria.

4.1. CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA

Com o propósito de contribuir para desvelar o problema central da pesquisa “O que é a Cosmologia no discurso do professor e como ela se constitui como ciência natural”? buscou-se realizar entrevistas com professores e investigadores, de acordo com os pressupostos teóricos e metodológicos da pesquisa fenomenológica, de duas instituições de ensino superior, sendo uma nacional e a outra internacional.

O estudo desenvolvido teve como campo de pesquisa o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) e a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. A primeira instituição de ensino superior foi escolhida em decorrência de ofertar o curso de Licenciatura Plena em Física o qual, em sua matriz curricular disponível em endereço eletrônico, consta a disciplina de “Tópicos de Astronomia”, cuja ementa prevê a abordagem de “Tópicos de Cosmologia (Expansão e modelos de Universo) ”.

Já a oportunidade de desenvolver a investigação na Universidade do Porto surgiu por intermédio do Programa de Mobilidade Internacional promovido pelo Escritório de Cooperação Internacional-Universidade Estadual de Maringá (ECI-UEM). A referida instituição também oferece o curso de Licenciatura em Física e de acordo com o seu plano de estudos, no segundo semestre do curso é disponibilizado a disciplina de “Tópicos de Física Moderna e Astrofísica”, cujo objetivo consiste em proporcionar aos estudantes uma introdução histórica e conceitual sobre a Cosmologia.

A pesquisa caracteriza-se como sendo fenomenológica, uma vez que esta

[...] trabalha sempre com o qualitativo com o que faz sentido para o sujeito, com o fenômeno posto em suspensão como percebido e manifesto pela linguagem; e trabalha também com o que se apresenta como significativo ou relevante, no contexto no qual a percepção e a manifestação ocorrem (BICUDO, 2000, p. 74).

Segundo esta abordagem, inicialmente é necessário situar o fenômeno, uma vez que o mesmo somente existe com a condição de que haja um sujeito, no qual ele possa situar-se. Dessa forma,

[...] o pesquisador está interessado no *sujeito que está aprendendo*, no *sujeito que está ansioso*, no *sujeito que está com medo*, etc. Há sempre um sujeito, em uma situação, vivenciando o fenômeno. Por vivência é entendido, também, experiência, mas é a experiência percebida de modo consciente por aquele que a executa. Essa experiência também é denominada *experiential* (BICUDO, MARTINS, 1989, p. 75-76)

Com o objetivo de saber o que faz sentido para o sujeito, a pesquisa fenomenológica, procura ir-à-coisa-mesma, não se restringindo à busca por conceitos e ideias que tratem somente da coisa (BICUDO, 2000). Nesse sentido, buscou-se definir os interlocutores a fim de investigar como os mesmos percebem e significam o ensino da Cosmologia contemporânea.

Os sujeitos da investigação foram 3 (três) docentes que ministram aulas para o curso de Licenciatura Plena em Física do IFRS-BG e 3 (três) professores/investigadores que desenvolvem pesquisas na área da Cosmologia junto ao Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade do Porto (CAUP), Portugal.

4.2. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A fenomenologia interessa-se em compreender os atos intencionais, o vivido, o mundo da vida, os correlatos intencionais (HUSSERL, 2001). Nessa perspectiva, optou-se por adotar como estratégia de coleta de dados entrevistas filmadas, pois por meio das mesmas é possível imergir nas concepções dos interlocutores, ou seja, a entrevista favorece a compreensão das crenças, opiniões, valores e significados que os interlocutores atribuem aos fatos e fenômenos.

A trajetória fenomenológica requer um olhar diferenciado, ou seja,

[...] consiste em olhar o mundo sob um novo enfoque, o que significa não acreditar na experiência do cotidiano. Trata-se de aguçar a vida com relação a crença natural do que se supõe existir, invalidando, inibindo e desqualificando todas as posições assumidas previamente em relação ao objeto experienciado (BICUDO; MARTINS, 1983, p.51).

Esse procedimento permite observar o mundo de uma forma desinteressada, para que se possa atribuir-lhe um significado diferente. O objeto de experiência torna-se um fenômeno, visto que, “[...] embora se reconheça o apelo feito pelo objeto, suspende-se temporariamente, qualquer julgamento sobre a validade desse apelo. Permanece, assim, apenas o mundo como objeto puro ou como puro fenômeno” (BICUDO; MARTINS, 1983, p.51).

O investigador fenomenológico preocupa-se com a natureza do que se propõe a investigar, de modo que, não há, para ele uma compreensão prévia do fenômeno, pois, “ele não possui princípios explicativos, teorias ou qualquer indicação definidora do fenômeno” (BICUDO, MARTINS, 1989, p. 92). O pesquisador inicia a sua investigação interrogando diretamente o fenômeno, sem ter conhecimento das características essenciais do mesmo. E, quando surgem dúvidas a respeito do fenômeno pesquisado, a postura do fenomenólogo é importante, uma vez que ele precisa respeitá-las e procurar “[...] mover-se lenta e

cuidadosamente de forma que ele possa permitir aos seus sujeitos trazerem à luz o sentido por eles percebidos sobre o mesmo” (BICUDO, MARTINS, 1989, p. 92).

Nesse contexto, as entrevistas não apresentavam roteiros pré-estabelecidos, mas sim eram guiadas por uma interrogação significativa, que, com efeito, pretendia captar a essência do fenômeno. Considerando o objetivo da pesquisa, que consiste em investigar o discurso de professores/ investigadores sobre o ensino da Cosmologia contemporânea, fez-se a seguinte indagação “O que é a Cosmologia para você?”. E, conforme os fundamentos fenomenológicos, nesse momento os pressupostos teóricos e conceituais ficaram suspensos, isto é, foi realizado a “epoché”. Este rigor fenomenológico permite ao fenômeno mostrar-se nas multiplicidades de suas formas

As entrevistas com os professores/investigadores de ambas as instituições de ensino superior se deram nas suas próprias instalações físicas com data e horário agendado, conforme suas disponibilidades, a fim de não atrapalhar a rotina acadêmica. O trabalho investigativo teve início com a realização da pergunta norteadora e, na sequência, os discursos dos interlocutores não sofreram interrupções, pois tinha-se o propósito de proporcionar-lhes a oportunidade de discursarem livremente sobre suas concepções e argumentações. Todavia, em determinados momentos foi necessário realizar algumas interrupções que foram operadas com o objetivo de fazer uma ligação entre os discursos ou esclarecer alguns pontos que ficaram confusos, porém estas não exerceram influência no discurso.

As narrativas dos sujeitos de pesquisa representam uma forma bastante apropriada de produzir saberes, sentidos e significados, pois, eles expressam por meio da linguagem as suas ideias e defendem os seus pontos de vistas. Através dos discursos, também é possível compreender as vivências dos professores-interlocutores, bem como as suas trajetórias acadêmicas e profissionais, pois, “o mundo no qual o homem vivencia suas experiências é um mundo social e cultural, onde as pessoas se relacionam de formas múltiplas em suas interações com semelhantes aos quais conhece em graus diversos de intimidades e de normas” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.96). Contudo, alguns interlocutores demonstraram dificuldades para se expressarem, ou seja, quando questionados respondiam apenas o necessário, de maneira precisa e objetiva. Percebia-se certa apreensão e insegurança em suas expressões faciais.

4.3. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

As entrevistas com os sujeitos de pesquisa foram filmadas e, posteriormente, transcritas a fim de que fosse possível o início das descrições das mesmas. Nas palavras de Bicudo e Martins (1989, p.98) “embora a descrição seja o instrumento de acesso ao mundo-vida do sujeito, não há uma teoria cientificamente orientada com a qual se pode contar na análise das descrições”. Dessa forma, o investigador fenomenólogo ainda está a caminhar em direção à obtenção de recursos metodológicos que proporcionem resultados positivos na compreensão das mesmas.

Ao transcrever os discursos dos interlocutores da investigação e o modo como eles se deram obteve-se as descrições, no entanto o ato de descrever “[...] exige um cuidado muito especial, pois é preciso que se procure identificar o fenômeno que está sendo descrito sem que se imponha algo sobre ele, apressadamente” (MARTINS; BICUDO, 1983, p.14).

Para apresentar o significado de “descrever” conforme o pensar fenomenológico, Bicudo (2000, p.75) diferencia “descrição” e “fenomenologia”. Dessa forma, a primeira pode ser

[...] entendida como um procedimento para obter dados que deverão ser analisados e interpretados fenomenologicamente, visando à busca da essência de sua transcendência, postas em termos contextuais – e *fenomenologia*, termo que, algumas vezes, tem sido usado por pesquisadores não fenomenólogos ou iniciantes na fenomenologia para significar apenas uma descrição pormenorizada de uma situação.

Para ajudar na análise das descrições, Bicudo e Martins (1989) sugerem que, inicialmente estas sejam lidas na íntegra visando familiarizar-se com o texto que descreve a experiência vivida. Nesse momento, segundo os referidos autores, o pesquisador carece de “[...] colocar-se no lugar do sujeito e tentar viver a experiência vivida pelo sujeito, de forma que ele não seja um mero espectador, mas alguém que procura chegar aos significadores atribuídos vivencialmente” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.95).

As descrições não comportam avaliações e opiniões do sujeito sobre a experiência vivida, mas sim relatam “[...] de modo tão preciso quanto possível, o que ocorre com ele ao viver suas experiências” (BICUDO, MARTINS, 1989, p. 94). Todavia, como a investigação fenomenológica vai além da descrição, deu-se início ao processo de redução, onde as descrições foram lidas repetidamente a fim de descartar os discursos considerados “ingênuos” e destacar as Unidades de Significados “[...] dispondo-as em forma das asserções e indicando, o mais fielmente possível, as ideias articuladas no discurso” (BICUDO, 2000, p. 86-87).

Após reler as descrições, quantas vezes forem preciso, objetiva-se discriminar as Unidades de Significados. Esta etapa não é uma “[...] fase rígida, com prescrições a serem seguidas, pois é possível que diferentes pesquisadores indiquem diferentes significados, de acordo com suas perspectivas e interrogações” (BICUDO, MARTINS, 1989, 0.95). Contudo, esse momento do estudo carece de cuidado, visto que se deve adotar uma perspectiva fenomenológica, buscando focalizar o fenômeno que está sendo pesquisado.

A discriminação das unidades é imprescindível para a realização das análises, visto que é inviável analisar o texto na íntegra de forma simultânea. Sendo assim, faz-se necessário selecioná-las de acordo com um critério psicológico, pois elas somente existem “[...] em relação à atitude, disposição e perspectiva do pesquisador” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.99).

Nessa perspectiva, pode-se considerar que as Unidades de Significados surgem como consequência da análise, pois “são discriminações espontaneamente percebidas das descrições dos sujeitos quando o pesquisador assume uma psicológica e a certeza de que o texto é um exemplo do fenômeno pesquisado” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.99).

Ao debruçar-se sobre os significados expressos pelos interlocutores relativos às suas experiências, o pesquisador se depara com determinantes inerentes às situações e aos sujeitos, que podem apresentar-se como dados. Todavia ele não está interessado somente nos dados, mas também nos significados atribuídos a estes, pelos sujeitos do estudo, pois, conforme destacado pelos autores,

O alvo da investigação é chegar aos significados atribuídos pelos sujeitos à situação que está sendo pesquisada. Os dados obtidos são as situações vividas que foram conscientemente tematizadas pelo sujeito. Os significados são os aspectos do evento que o sujeito tematizou conscientemente (BICUDO, MARTINS, 1989, p.94).

Vale ressaltar que segundo a perspectiva fenomenológica, o pesquisador orienta-se por um *sentido*, isto é, “[...] pelo conhecimento imediato, intuitivo, lógico que tem do fenômeno a ser investigado e por critérios científicos” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.93). Estes critérios a serem adotados pelo pesquisador são determinados por seus objetivos, sendo assim, não há um método rigoroso a ser seguido e, portanto, a probabilidade está ao lado do investigador.

Após definidas as Unidades de Significados, que comportam os fragmentos considerados essenciais do discurso, iniciou-se a compreensão da Situação Relatada na Unidade de cada unidade destacada. Em seguida, foi realizado Compreensão Ideográfica de cada sujeito, que se refere ao “emprego de ideogramas, ou seja, de representações de ideias por meio de símbolos. Efetivamente, trata-se da análise da ideologia que permeia as descrições ingênuas do sujeito” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.101).

A análise ideográfica demanda cuidado e atenção, pois esta fase é considerada por Bicudo e Martins (1989) a mais difícil da pesquisa, por dois motivos. “Em primeiro lugar, porque o sentido excitante da descoberta dos significados ou da identificação dos mesmos pode, algumas vezes, absorver completamente a atenção do pesquisador e ele achar que pode parar por aí” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.101). Contudo, é fundamental que o investigador fenomenológico vá além da exploração do fenômeno e busque não romper a sua ligação íntima com o mesmo, a fim de prosseguir descobrindo novas significações.

O segundo aspecto refere-se à necessidade de ter os “insights” psicológicos, que auxiliam no entendimento e caracterização do ser na sua essência, uma vez que “[...] a forma pela qual se chega a um *insight* permanece sempre em mistério, pois o *insight* psicológico parece ocorrer mais como resultado de uma excitação espontânea do que de regras explícitas; em grande parte é de caráter intuitivo” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.101).

Para finalizar a pesquisa, buscou-se chegar às categorias, as quais “[...] expunham as grandes convergências e indicavam as características do fenômeno que abrangiam” (BICUDO, 2000, p.84). Esta etapa, denominada de Compreensão Nomotética²¹ do conjunto de sujeitos, refere-se à compreensão das convergências presentes nos discursos de cada interlocutor e, posteriormente, as convergências entre os discursos. O objetivo desta etapa é chegar à estrutura geral psicológica. Segundo Bicudo e Martins (1989, p.106)

Esse empreendimento envolve uma compreensão dos diversos casos individuais como exemplos de algo mais geral e a articulação desses casos individuais, como exemplos particulares, em algo mais geral. A estrutura psicológica geral é a resultante da compreensão das *convergências* e das *divergências* que se mostram nos casos individuais.

A postura do pesquisador, ao conduzir a investigação em direção à generalização necessita superpor-se em uma “[...] combinação sincrética, ou seja, em uma fusão que se realiza no momento da pesquisa” (BICUDO, MARTINS, 1989, p. 107).

Por último, após definidas as categorias, foi realizado a Compreensão Eidética²² das mesmas, procurando analisar as convergências de cada categoria.

²¹ “O termo *nomotético* deriva-se de *nomos* que significa uso de leis. Nomotético indica a elaboração de leis, portanto indica algo de caráter legislativo que se origina de fatos ou que se baseia em fatos” (BICUDO, MARTINS, 1989, p.105).

²² A Compreensão Eidética, segundo os pressupostos de Husserl (1986), é relativa à essência das coisas e não a sua existência.

4.4. O DISCURSO DA ACADEMIA SOBRE A COSMOLOGIA E SEU ENSINO

Este capítulo visa apresentar na íntegra os discursos dos seis sujeitos de pesquisa, referentes à interrogação “*O que é a Cosmologia para você?*”. Os mesmos possuem formações e áreas de atuação diversas, porém, possuem relação com o ensino ou pesquisa em Cosmologia em cursos de formação de professores, seja inicial ou continuada.

O sujeito 1 é do gênero masculino, possui graduação em Física, mestrado em Física teórica, doutorado em matemática e Ph.D (Philosophy Doctor) em física teórica. Atuou, por alguns anos, como professor de Física e Matemática em espaços não formais de educação e no ensino superior atua há vinte e quatro anos (24). Atualmente é professor catedrático associado ao Departamento de Física e Astronomia. Desenvolve pesquisas relacionadas aos problemas da Cosmologia, física das astropartículas, gravitação clássica e quântica e testes de Física fundamental no espaço. Também participa de atividades de divulgação científica sobre os seguintes temas: unificação das interações fundamentais, big bang, explosão de raios gama, origem na vida no universo, ciência e literatura, a vida e obra de Albert Einstein, entre outros.

O sujeito 2 é do gênero masculino. É licenciado em Astronomia, mestre em matemática e doutor em física teórica. Atua como investigador há oito anos (8) dos temas relacionados à Cosmologia, Astrofísica de partículas. Em especial interessa-se por testes da consistência do paradigma cosmológico padrão. Eventualmente, ministra alguns cursos para os programas de doutorado, cursos de formação continuada e divulgação científica.

O sujeito 3 também é do gênero masculino. Possui licenciatura em Física/Matemática aplicada, mestrado em Astronomia e doutorado em Física teórica. Nunca ministrou aulas para o ensino básico e atua como investigador há dezesseis (16) anos na Universidade e possui vínculo de professor auxiliar junto ao Departamento de Física e Astronomia da mesma instituição. Desenvolve pesquisas na área de: evolução e consequências cosmológicas; testes observacionais de modelos cosmológicos; matéria e energia escura; variação de acoplamentos fundamentais; gravidade modificada; história do universo; modelos inflacionários; buracos negros primordiais; inflação da massa em buracos negros e dinâmica de interfaces em matéria condensada e biologia.

O sujeito 4 é do gênero feminino. Possui Licenciatura em Física, mestrado em Ensino de Física e, atualmente, está cursando doutorado na mesma área. Atuou por 5 (cinco) anos no

ensino básico e está atuando como docente do ensino superior a aproximadamente 2 (dois) anos.

O sujeito 5 é do gênero masculino. É graduado em Farmácia, licenciado e bacharel em Física e mestre em Ensino de Física. Atua como professor de física no ensino básico a 33 (trinta e três) anos e no ensino superior há onze anos (11), ministrando aulas para o curso de licenciatura plena em física.

O sujeito 6 é do gênero feminino. Possui licenciatura, bacharelado em Física e mestrado na mesma área. Nunca lecionou no ensino básico e está atuando como professora no ensino superior há 6 seis (6) anos.

Optou-se por manter a originalidade de todos os discursos, ou seja, não foram feitas correções ortográficas e gramaticais, assim como todos os vícios de linguagem foram preservados, pois estes podem indicar pausas, apreensão, dúvidas, nervosismo entre outras percepções que possam ser essenciais na interpretação dos dados. As reticências foram empregadas em alguns momentos do discurso para indicar suspensão da frase, continuidade de uma ação ou fato ou para representar, na escrita, hesitações comuns na língua falada.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. UNIDADES SIGNIFICATIVAS E COMPREENSÃO IDEOGRÁFICA DOS DISCURSOS

Neste capítulo dá-se início a redução fenomenológica, cuja primeira etapa consiste em identificar as Unidades de Significado, guiadas pela interrogação norteadora “O que é a Cosmologia para você? Após definidas as unidades, busca-se realizar a Compreensão da Situação Relatada na Unidade de cada unidade. Por fim, a partir das análises, são realizadas as Compreensões Ideográficas de cada sujeito, com o propósito de compreendê-lo na sua essência.

5.1.1. Sujeito de pesquisa 1

Unidade de Significado 1

“Como eu digo, a educação no sentido mais “lato” possível do termo, educação no sentido de certezas, eu penso que esta... Não é educação do século XXI. Não há mais certezas, já não há mais verdades com v maiúsculo, verdades com v minúsculo, verdades contextuais, verdades históricas, verdades que são construídas socialmente, etc, etc... E cada um vai encontrar... O objetivo da educação é permitir que cada um faça uma imagem do mundo que seja consistente com a sua história pessoal, claro isso não quer dizer esquizofrenia completa, a minha visão de mundo tem que ter alguma coisa em comum com a sua visão de bom senso, senão não há nenhum diálogo possível, mas é perigoso quando todas as visões de mundo convergem para uma única visão de mundo e isso é o perigo que corremos não, não só no nosso tempo, mas muitas das maiores tragédias da história da humanidade tem a ver com isso, certezas absolutas em regimes políticos de sistemas educacionais, todas as pessoas tinham que saber aquelas verdades e aquelas eram as únicas verdades, isso é trágico, isso é trágico e a humanidade sempre que caiu nesse, nesse, nesse (*sic*) terreno hã... Deu origem as guerras mais sangrentas e mais desumanas possíveis hã...”

Compreensão da situação relatada na unidade 1

O sujeito traça uma visão geral a respeito da sua concepção acerca do objetivo da educação, que consiste em não poder estar fixada sobre os alicerces de certezas e verdades absolutas, pois cada ser precisa criar, dentro dos limites do bom senso, a sua visão de mundo de acordo com as suas próprias crenças, experiências e conhecimento construído. E, para demonstrar isso, o interlocutor recorre a exemplos de acontecimentos catastróficos que proporcionaram danos irreparáveis à sociedade em decorrência da unificação de ideias e julgamentos.

Unidade de Significado 2

“Educar significa transmitir conteúdos, mas significa acima de tudo ensinar a pensar, do meu ponto de vista e hã... É nesse contexto que, por exemplo, ensinar, ensinar assuntos avançados, Cosmologia sendo um destes casos é particularmente exigente, posso seguir um livro texto, mas também hã... Tem que pôr ao mesmo tempo hã... Isso num contexto histórico, num contexto evolutivo e se não percebermos essa dimensão evolutiva do conhecimento podemos cair em armadilhas muito perigosas, hã... Em particular no caso da Cosmologia, Cosmologia não é uma ciência experimental e por não ser uma ciência experimental baseia-se em observações, observações em porções diminutas do universo observável, hã... Portanto, as extrapolações são sempre, são sempre um salto não no vazio, mas um salto de fé, hã... São essencialmente assumir que aquilo que observamos correspondem a porções importantes do universo como um todo hã... Se é que podemos falar de um universo, já fala-se em multiversos, falamos de multiversos hã... Sim, esse é o preço que que podemos ter que pagar se darmos larga a imaginação... imaginação teórica sempre esteve conosco, portanto hã... Entender essa dimensão histórica, entender que de fato o conhecimento hoje satisfaz é uma construção que satisfaz aqueles constrangimentos observacionais da Cosmologia são os atuais, percebermos que qualquer novo fato observacional pode fazer esse edifício desmoronar ou fazer esse edifício ficar mais sólido é muito importante e talvez em nenhuma outra atividade científica hã... Uma visão de conjunto seja tão importante, se, não sei... Eu posso te dar matéria condensada, os instrumentos são todos mais ou menos conhecidos, os instrumentos experimentais, os instrumentos teóricos e a única coisa a qual deve estar preparada para usar é a minha imaginação para perceber que a configuração de átomos é diferente daquela e eu posso agora construir ou inventar literalmente, eu invento num laboratório novos materiais, com novas propriedades as regras são bem conhecidas hã... No que se refere à estrutura do universo, no que refere-se à estrutura íntima, mais, mais (*sic*) íntima da matéria, as regras ainda estão por serem, por serem desvendadas e essa que é a grande diferença, não sabemos quais são os constituintes, quer dizer, se assumimos, no caso da Cosmologia moderna a relatividade

geral que é a teoria do espaço-tempo, que tem necessariamente uma solução, essa solução dessas equações é o nosso universo, certo, para termos a solução do “nosso universo”, precisamos saber exatamente quais são os constituintes, nas proporções corretas, portanto a Cosmologia vamos dizer mais praticada hoje faz é, dizer pronto os constituintes que nós identificamos são as partículas elementares conhecidas, depois eu sou obrigado quando olho para as galáxias, os exames de galáxias, etc. Tenho que colocar mais matéria do que vejo, veja que já é mais hã... E depois quando vejo a dinâmica do universo nas maiores escalas tem que colocar uma coisa que supostamente que não, não deveria existir que é a energia escura, portanto, se colocar entidades que não são vistas, você diz pronto, isso é novo, não, não é novo, a ciência é toda história da ciência é assim, os átomos não eram vistos, mas foram postulados teoricamente antes de serem observados experimentalmente, hã...”.

Compreensão da situação relatada na unidade 2

O sujeito defende a ideia que educar é transmitir conteúdos. Contudo, estes precisam ensinar o estudante a pensar e a refletir tendo em vista o contexto histórico e social em que se deram. Considerando em especial o campo da Cosmologia, a história da ciência se faz muito presente, uma vez que, para compreendê-la o processo evolutivo do conhecimento científico necessita ser evidenciado, pois as concepções acerca da origem e evolução do universo derivam disso.

A noção de que a Cosmologia não é uma ciência experimental, mas sim observacional e que esta parte do universo que podemos observar é muito ínfima, diante da imensidão do mesmo é muito bem colocada, pois a partir disso, a imaginação humana é capaz de criar modelos cosmológicos, dos mais variados possíveis, que conseguem satisfazer ou não, às crenças e concepções inerentes às civilizações antigas e à comunidade científica.

O discurso também atribui importância ao fato de que, o conhecimento que temos acesso atualmente é provisório, pois podem ser feitas observações que façam com que as teorias aceitas, sejam reformuladas ou até mesmo refutadas.

Ainda em relação à Cosmologia, o interlocutor discute e exemplifica a complexidade de se compreendê-la na sua forma mais íntima, pois diferentemente das demais áreas e subáreas de estudo, a Cosmologia envolve todas as ramificações da Física e por isso a visão de conjunto é indispensável. O discurso também revela a sua concepção de incompletude do saber humano perante os constituintes do universo, uma vez que o mesmo não pode ser “manipulado”, ou seja, não se consegue lançar-lhe um olhar analítico e experienciador externo, conforme acontece em um laboratório. A importância da história da ciência

novamente é mencionada no discurso, quando este se refere à necessidade que o homem teve, desde os tempos primordiais, em prever teoricamente fatos e fenômenos, antes dos mesmos serem observados experimentalmente.

Unidade de Significado 3

“A ciência vai postulando novos objetos que vão cumprindo certas funções, não é e isso é imaginação criadora, não está escrito num livro texto que tem que deve ser assim, portanto, o texto vai se adaptando a descrição que vamos fazer. Cosmologia, tivemos que introduzir pelo menos duas entidades, a energia escura e a matéria escura, mas hã... Isso se assumirmos que a teoria da relatividade geral é a teoria que descreve o espaço-tempo, mas novamente, nós não sabemos e eu penso que hã... Uma, uma (*sic*) discussão do ensino da Cosmologia contemporânea tem que necessariamente passar por entender esses aspectos certo, hã... Que o universo é o espaço-tempo e a sua evolução, essa evolução descrita tanto quanto sabemos por esta equação, essa equação tem soluções e uma solução é o nosso universo hã... A primeira pessoa a perceber isso foi o Einstein em 1917 depois de ter formulado a sua teoria da relatividade geral em 1915 hã... Até hoje estamos tentando perceber qual é a solução e quais são os constituintes que fazem com que a dinâmica resultante seja a dinâmica que nós observamos, que nós extraímos dessa equação. Sim, existem outras maneiras de, de, de (*sic*) pensar o universo, hã... Mas, essa evolução sugere, sugere que o universo está expandindo, portanto se olharmos para traz no passado o universo estava concentrado numa pequena, numa pequena região de espaço-tempo, aliás não há nem dentro nem fora espaço-tempo, portanto hã... E quer dizer quando coloco a matéria tão concentrada, pronto, começa a ter efeitos que são típicos da física de partículas, física de altas energias, portanto aqui não há mais separação possível entre... Eu faço Cosmologia não me interessa, não, não é possível, agora quem faz a Cosmologia se quiser trazer esses aspectos cosmológicos próximos do Big bang, tem que necessariamente fazer física nuclear, física de partículas, física de altas energias, etc, etc. Portanto, hã... O que passa no LHC certo, é fundamental para quem vai fazer Cosmologia, portanto e de fato pelo menos eu tenho uma aluna que, que pronto, trabalha olhando para os dois lados, portanto o que é feito na física de partículas transportar para a Cosmologia, aliás meu doutoramento a 30 anos mais ou menos foi basicamente fazer esse, esse exercício hã... Portanto, sim, temos uma, uma (*sic*) ensinar Cosmologia é, é uma coisa extremamente exigente porque hã... Naturalmente transborda qualquer, qualquer desenho programático que podíamos idealizar de início né, por isso que eu gosto de pensar que

Cosmologia é por definição, por definição um assunto multidisciplinar, mas nunca foi visto enquanto tal, foi visto um capítulo especial, astronomia onde ao invés de olhar para as galáxias, eu olho para o grupos de galáxias pronto, sim... esse é uma visão clássica mas que não tem nada a ver com, com a excitação das pessoas sentem quando estão trabalhar a coisa, mas hã... O que é interessante nesse assunto é perceber que as fronteiras desse assunto são, são inacreditavelmente vastas, inacreditavelmente vastas. E essa forma de raciocinar tem sido em certa medida o aspecto mais fundamental dessa investigação hã...”

Compreensão da situação relatada na unidade 3

Ao entender que o universo está supostamente sofrendo uma expansão, o interlocutor busca discutir sobre aspectos considerados fundamentais para a compreensão da teoria do big bang (estrondão), em especial o fato de que a teoria da relatividade geral, cujo resultado de suas equações correspondem ao espaço-tempo, que descreveria todo o universo. Contudo, aspectos da natureza da ciência são evidenciados em algumas passagens do discurso. O caráter multidisciplinar e exigente do ensino da Cosmologia também é mencionado e de certa forma, criticado, pois essa ciência precisa ser entendida como um campo de estudo muito vasto e, portanto, não se permite que seja olhado e investigado de forma isolada.

Unidade de Significado 4

“[...] às técnicas que o estudante aprende ao estudar Cosmologia, muitas delas são inerentes à Cosmologia não é, em certa medida ele se encaixa naquela famosa anedota que dizia que xadrez é muito bom é um excelente exercício para jogar xadrez não é, tá certo hã... Sim em certa medida isso é estritamente verdadeiro, mas não é completamente verdadeiro, eu acho que é hã... uma das coisas de nós aprendemos na vida, são, são genéricas, ficam para outra coisas, muitas outras não hã... Resolver equação de Schroedinger num certo contexto é, é, é (*sic*) útil na nossa vida cotidiana? Provavelmente não, mas ter tido a disciplina de, de resolver aquele exercício, obter a resposta correta, raciocinar e ser capaz de tirar dali algumas consequências eu penso que sim, percebo sem mais, sem mais, sem adicionar mais nada é um exercício extraordinário para estudar o nosso intelecto não é, hã... Por que no final o que, o que nós queremos é exatamente isso, não é, queremos um médico com um intelecto bem estruturado, eu quero um advogado que saiba argumentar com um segurança, eu quero um político que saiba... Que tenha... Que esteja minimamente comprometido com a verdade, não

é, e não com a mentira hã... E, assim sucessivamente, nós queremos, na nossa sociedade, profissionais que sejam capazes de, de dar respostas específicas para os problemas que nós colocamos, mas muitas vezes os problemas não têm respostas específicas, mas, hã...”

Compreensão da situação relatada na unidade 4

Nesse momento o interlocutor expressa a sua opinião a respeito da importância do aprender, mas vai mais além: ele demonstra preocupação com a forma como o estudante vai apreender e metabolizar esse conhecimento e como emprega-lo em sua vida cotidiana, isto é, ao debruçar-se sobre o estudo da Cosmologia o aprendiz terá que, necessariamente, estudar muitos conteúdos inerentes à Matemática, Física, Química etc, para que, assim, possa dar respostas e também propor perguntas mais significativas para os problemas cosmológicos que emergem da nossa sociedade contemporânea.

Unidade de Significado 5

“Nos limites da ciência não há respostas específicas, nós não sabemos as resposta e é aí diferença entre certezas e investigação, não é, entre investigação aplicada e investigação... Investigação abstrata, investigação abstrata nós não sabemos a resposta, a investigação aplicada nós sabemos onde queremos chegar que é muito simples certo, quer dizer eu tenho um produto e quero melhorar aquele produto de algum ponto de vista hã... Quero que essa máquina tenha o mesmo peso, mas com uma bateria que dure duas vezes mais, não é, o contexto é muito específico, não é... Quem estuda materiais agora hã... Eu quero que uma certa quantidade de elétrons, elétrons livres tem que ser o dobro, certo, para a mesma unidade de volume, certo, hã... À medida que eu vou colocando os problemas vão ficando cada vez mais claros hã... Mas, se transplantássemos a mesma questão para o universo, nós não sabemos, nós não sabemos nem as leis que estão... Estamos tentando apalpar, estamos tentando hã... É muito mais difuso do que isso e talvez por isso que a Cosmologia seja, seja paradigmática sobre esse ponto de vista, não, como disse, repito, Cosmologia não é observacional, quer dizer não é experimental, é observacional, é verdade que alguns fatos são, são muito próximo daquilo que extraímos do laboratório, quando olhamos para a radiação cósmica de fundo, essa radiação tem propriedades que são exatamente aquelas certo, que nós observamos quando analiso o espectro hã... De emissão de qualquer fonte luminosa ou birrado, etc. Portanto, sob esse ponto de vista sim temos o objeto, um objeto muito bem

definido para os quais as propriedades físicas damos todas as respostas, mas hã... Quando falamos, quando falamos de coisas muito menos específicas, como a distribuição das, das galáxias, como quais são as sementes que devem dar origens a essas estruturas, quais são as protogaláxias, quais são os, os constituintes ainda mais fundamentais quando essa estrutura não existia, estamos aqui a procurar coisas muito mais difusas não é, e aí é entra necessariamente aquela, aquela componente imaginativa que mencionamos não é, falar... A discussão fica mais abstrata ao falarmos em termos de campos, campos que não conhecemos, porque sabemos que os campos conhecidos não explicam a dinâmica observada, portanto não sabem coisas que desconhecemos, nós vamos nos perguntar hã... “

Compreensão da situação relatada na unidade 5

No discurso, o interlocutor tenta buscar palavras e exemplos que possam exemplificar a imensidão do universo e o quão difícil é tecer considerações e afirmações definitivas sobre as estruturas mais íntimas da matéria, pois o homem ainda está a caminhar em direção à compreensão das mesmas, ou seja, ele tenta estabelecer uma relação de proximidade e comparação entre as experiências realizadas em laboratórios, de alto desempenho, com as observações feitas do universo, ainda que em porções diminutas.

A necessidade de empregar a componente imaginativa para postular teorias que buscam fornecer respostas e explicações a dados observacionais ainda desconhecidos, novamente é destacada, em função da complexidade e até mesmo a impossibilidade de conhecer o universo em sua completude. Portanto, são discussões e investigações consideradas abstratas pelo discurso do sujeito 2, pois em muitos casos busca-se fazer investigações em que se desconhece o ponto de partida e, também, não se sabe onde pretende-se chegar.

Unidade de Significado 6

“A imagem que nós fazemos do, do mundo certo, corresponde a fundamentalmente duas coisas, as nossas expectativas teóricas, são necessariamente e as nossas observações, hã... Isso fazemos desde sempre, desde sempre não é, nos tempos memoriais temos uma imagem do mundo que correspondia a maneira primitiva de pensar, hã... Pronto, que refletimos são os rumores, as indisposições, as boas disposições dos deuses, etc, etc... São maneiras de explicar os fenômenos, certo, mas qual, qual a deficiência básica dessa forma de raciocinar,

que não é qualquer capacidade de fazer previsões não é, a ciência permite nos fazer previsões, não é, portanto, quando se criamos uma imagem do mundo, essa imagem do mundo, quer dizer, é uma imagem plausível, se ela cientificamente bem fundamentada, no caso Einstein, tinha dois fatos importantes que, que apoiavam a imagem que ele fez do mundo, a primeira que curiosamente, curiosamente, aqui estamos a falar do maior, não é o maior erro de Einstein, talvez o maior erro científico de toda a história da humanidade, imagine esse senhor, certo, em 1917, tiver chegado à conclusão de que o universo estava em expansão por argumentos puramente teóricos, foi o que ele obteve em 1917, certo, seria a maior descoberta de sempre, literalmente, certo, o que... era o que as equações diziam, o que impediu o de dar esse passo fundamental ? Hã... A imagem que tínhamos do mundo e a culpa não era dele, ele não era astrônomo, os astrônomos diziam as estrelas estão fixas, certo, se as estrelas estão fixas, não há razão alguma para o universo estar a se expandir ou o universo estar a contrair, mas isso era a solução das equações, portanto ele assumiu provisoriamente, temporariamente que as equações estavam erradas e colocou lá um termo nas suas equações certo, e conseguiu manter, ainda que precariamente o universo com a posição das estrelas fixas, no mesmo ano, no mesmo ano um colega, um astrônomo demonstrou que mesmo com aquele termo que ele tinha introduzido para manter o universo estável, o universo expandia, portanto não era por causa daquele termo... E, estamos aqui em 1917, seis anos depois, o astrônomo norte-americano Hubble demonstrou que Andrômeda era outra galáxia, não era... O universo não era um amontoado de galáxias, eram milhas separadas umas das outras hã... E, portanto quando falo da dinâmica do universo, eu tenho que olhar para as galáxias e não para as estrelas que, enquanto que, pronto, os astrônomos estavam olhando para... Em 1917 pensavam que todas as galáxias estavam amontoadas umas nas outras, portanto não faz mal se essas estrelas, essas estrelas são representantes de tudo não é, mas essa a astronomia em 1917, não é a astronomia... Portanto, o Einstein propôs a responder um problema para o qual a astronomia não estava pronta, portanto a imagem que a astronomia tinha do mundo estava equivocada, foi isso que o impediu de chegar nessa solução absolutamente extraordinária, seria uma descoberta absolutamente incrível, o universo está em expansão por argumentos puramente teóricos, por isso que é... Costumo chamar, eu gosto de chamar desse jogo e tanto é que posso demonstrar que gosto de chamar dessa forma, eu gosto de chamar isso de escolhas cósmicas, certo. Todo teórico faz um conjunto de escolhas, é uma imagem do mundo, essas escolhas correspondem as, as, as aos termos (*sic*) que colocam nas suas equações, a matéria que coloca em cada um dos, dos termos, aos valores numéricos que esses termos assumem, é uma escolha hã... Essa escolha puramente teórica, mas claro ela tem que ser pra que não seja um

exercício fútil tem que ter alguma coisa a ver com a realidade e todo e todo e todo o teórico já, já, já (*sic*)... Teve essa frustração toda vez que ele tenta capturar alguma ideia teoricamente através das observações conclui que ou ele é mal sucedido ou as observações não estão prontas para fazer aquelas.... Mas, por isso que eu chamo, eu julgo de escolhas cósmicas, temos que escolher aquilo que, o nosso universo, nós temos que escolher o nosso... Esse universo que está na minha folha de papel, não é, hãhã...”

Compreensão da situação relatada na unidade 6

O discurso evidencia o fato de que os modelos cosmológicos construídos historicamente são derivados da forma como a sociedade pensa, interpreta e faz observações celestes e muitas dessas postulações representam as crenças da mesma. Dessa forma, o interlocutor discute a capacidade que a ciência tem de fazer previsões. Todavia, ele considera que, a visão de mundo construída pelo homem somente pode ser relevante se esta for bem fundamentada cientificamente.

O fato de Einstein ter introduzido em suas equações uma constante cosmológica, que, com efeito, cancelava a expansão do universo, prevista em suas equações da relatividade geral é amplamente defendido pelo interlocutor e para isso, ele argumenta tendo em vista que o contexto social em que Einstein estava inserido o influenciou diretamente na postulação de que o universo não expandia. O discurso também demonstra a importância que professor atribui aos dados observacionais para a elaboração e consolidação de teorias, desde os tempos remotos até os dias de hoje.

A concepção de que a ciência é uma construção humana e, portanto, é passível de erros, é presenciada no momento em que o interlocutor comenta sobre as frustrações que provavelmente todos os teóricos tenham sentido ao se depararem com observações que não correspondem totalmente, ou parcialmente, às suas postulações teóricas feitas *a priori*. O termo empregado “escolhas cósmicas” define a forma como os cientistas fazem ciência, em especial no campo da Cosmologia, uma vez que, eles necessitam empregar entidades, conhecidas ou não, para criarem e aprimorarem a sua imagem de mundo, isto é, o seu modelo cosmológico, de forma que consiga satisfazer adequadamente as inquietudes existentes e as que possam surgir.

Unidade de Significado 7

“Einstein criou uma maneira completamente diferente, ele disse não, a teoria precede tudo, nós olhamos o mundo porque temos uma teoria, nós nunca olhamos o mundo em termos de fatos em bruto hã... A demonstração mais básica disso é o nosso corpo, nosso corpo só nos permite através da visão ver o espectro do visível, através da pele o infravermelho, temos nós uma teoria dentro de nós certo, nós só conseguimos ter um... Essa é uma teoria para discutirmos o mundo não é, e para interagir com o mundo não é, Einstein disse não, a maneira segundo a qual interagimos são as teorias científicas, elas que determinam como eu vou ver a natureza, quais são os observáveis que interessam, antes eu pensava que certo, que hã... Eu fazia experimentação depois criava teoria, não, Einstein inverteu essa ordem, hoje isso é uma fatalidade mas no seu tempo isso foi considerado uma subversão, tanto é que a reação foi violentíssima, chamavam isso de ciência judia não é, são judeus que hã... São seres híper intelectuais que intelectualizam tudo, problematizam tudo, a ciência não é assim e uma porção havia essa ciência ariana, não é, que começaram com os fatos observacionais não é, com a experimentação. Sim hoje sabemos, não é, que não existe experimentação que faça sentido se eu não tiver uma teoria, o que eu vou experimentar? ”

Compreensão da situação relatada na unidade 7

A forma como Einstein conduziu o desenvolvimento de seus estudos é considerada revolucionária, em virtude de ele estar à frente de seu tempo ao propor uma inversão do método de fazer pesquisa científica, pois no contexto histórico da época, pensava-se que, necessariamente, era preciso fazer inúmeros experimentos para, posteriormente, propor teorias. O interlocutor assume seu posicionamento de concordância com Einstein ao mencionar que é possível fazer postulações teóricas e, posteriormente, realizar experimentos, pois o cientista que se propõe a fazer uma investigação precisa ter em mente o objetivo de sua experiência e quais os instrumentos de coleta e análise dos dados vai empregar para conseguir alcançá-los.

Unidade de Significado 8

“[...] é um diálogo constante entre, entre o teórico, o teórico da gravitação com o teórico da física de partículas, o teórico da gravitação com o teórico da astrofísica, o teórico com o teórico da física nuclear e assim sucessivamente, portanto Cosmologia transformou-se necessariamente numa aérea de integração do conhecimento”.

Compreensão da situação relatada na unidade 8

Nesse fragmento, é perceptível a noção de conjunto, isto é, a Cosmologia é uma área de estudo que busca unir as demais áreas afins para, assim, ser possível olhar e estudar o universo como um todo e não apenas de forma isolada. O discurso demonstra a preocupação e a necessidade de haver um constante diálogo entre os membros da comunidade científica que desenvolvem pesquisas que vão ao encontro de questões inerentes à origem e estruturação do universo.

Unidade de Significado 9

“Portanto, sim o Einstein tinha uma ideia teórica, essa ideia teórica não estava, não estava pronta para o seu tempo, se obrigou a voltar atrás ao invés de levar a sério essa, essa solução espaço-tempo, na qual o universo expandia e optou por uma solução estática e depois teve que alterar as equações, depois como o universo expandia ele pensou pronto, então esse termo é desnecessário, mas como a história é cheia de, de, cheia de sutilezas hoje estamos de volta com esse termo, esse termo é importante para muitas coisas, pode ser, pode ser o termo que explica a expansão acelerada do universo, pode ser, não sabemos.”

Compreensão da situação relatada na unidade 9

O discurso revela a segurança do interlocutor em afirmar que a ciência, conforme é possível perceber do decorrer da história, é permeada por sutilezas, ou seja, não há verdades absolutas e imutáveis. Pelo contrário, o conhecimento científico apresenta um caráter provisório e essa concepção pode ser evidenciada quando o professor vale-se da expressão “pode ser, não sabemos”. Este pequeno fragmento evidencia uma “nuvem de dúvidas e incertezas” que paira sobre as convicções consideradas mais congruentes de acordo com as teorias amplamente aceitas no ambiente acadêmico.

Unidade de Significado 10

“Portanto, se assumirmos, se assumirmos a relatividade geral que é claramente um dos pilares teóricos, então, teremos eu diria que duas vertentes muito claras, uma que temos que ter

matéria escura porque como eu disse as galáxias não rodam como deveriam, hã... Como os enxames de galáxias hã... Têm fragmentos de galáxias com velocidades muito maiores do que aquilo que seria supor se observássemos só a matéria visível, certo, a ideia é muito simples, se esse sistema, se esse sistema é fechado é porque tem energia gravitacional para mantê-lo fechado, mas eu mecho energia luminosa visível e chego à conclusão que eu tenho dez vezes menos matéria que deveria para manter esse sistema coeso, portanto tem que haver alguma coisa que eu não vejo, certo, matéria escura, hã... Eu vejo luz ser curvada nas vizinhanças de galáxias ou enxames de galáxias de uma forma que não pode ser explicada através do que eu vejo, não é, com a matéria visível, novamente tem que ter mais matéria e assim sucessivamente, portanto hã... Todas as observações colocadas juntas, não é, dão a ideia de que exista a matéria escura, portanto esse é um pilar importante, outro pilar é que essa expansão acelerada, ou seja, seja do fato de existirem objetos muito muito distantes cuja a luz é mais tênue, mais fraca do que supúnhamos, supúnhamos num universo em expansão hã... Exige que esse universo esteja expandindo mais rápido do que supúnhamos, portanto esse é um outro pilar que se dá origem a chamada energia escura e finalmente pronto, a base teórica disso tudo é que hoje chamamos o modelo padrão cosmológico que envolve relatividade geral e todas as áreas da física hã... Que, que nós conhecemos, física de partículas, modelo padrão das partículas fundamentais, modelo, modelo da física nuclear e assim sucessivamente, portanto o que nós temos é uma imagem, as peças do quebra cabeça vão sendo montadas gradativamente, algumas peças estão bem encaixadas outras não, mas hã... Certo, se eu tenho um quebra-cabeças certo, falta só uma peça e alguém me traz uma peça que não encaixa naquela, certo, eu percebo que aquele quebra-cabeça não está completo não é, e eu penso que é mais ou menos a situação que temos hoje, não conseguimos, primeiro não conseguimos completar o quebra-cabeças tal como ele se apresentam, não estão lá todas as peças e algumas peças é claro que não se encaixam com as peças já existentes, portanto, significa que, sim está tudo por fazer ainda em certa medida e isso é ótimo.”

Compreensão da situação relatada na unidade 10

Os pilares e as bases teóricas que sustentam o modelo cosmológico padrão são discutidos. O primeiro pilar refere-se às equações da relatividade geral que descrevem o espaço-tempo, o segundo pilar consiste em supor, com base em uma série de observações, a existência de matéria escura que preenche o universo. O terceiro diz respeito à aceleração acelerada do universo, que, com efeito, dá origem a energia escura. O interlocutor expressa as

suas convicções com confiança, demonstrando ter estudado em profundidade tais aspectos, pois em sua expressão facial também é perceptível a serenidade e a segurança em que dialoga com as bases teóricas e observacionais.

A comparação feita entre o modelo cosmológico padrão e um quebra-cabeça expressa com clareza a forma como o interlocutor compreende o universo. Ele considera que ainda há muitas lacunas a serem preenchidas, isto é, há muitas teorias a serem estudadas, discutidas e aprimoradas, bem como observações a serem realizadas, uma vez que, a sociedade científica tem inúmeros constrangimentos que precisam ser esclarecidos, para que assim todas as peças do quebra-cabeça estejam adequadamente encaixadas.

Unidade de Significado 11

“Esses objetos são aquilo que costuma-se designar por núcleos ativos de galáxias, portanto são galáxias que são anormalmente ativa do ponto de vista de emissão de energia, existem vários exemplos dessas galáxias, galáxias que emitem predominantemente no visível, há galáxias que emitem fortemente no rádio e assim sucessivamente, várias vertentes, mas mais recentemente observou-se alguma dessas galáxias com emissão variável, isso parece, parece banal mas não é tão banal com isso porque estava a ver se uma coisa varia num escala cósmica, estamos a falar de milhões e milhões de anos, portanto tem que fazer medições durante milhões e milhões de anos não é, ou então essa variação é tão abrupta que pode ser observada não é, e de fato alguns desses objetos hã...A luminosidade varia em escala () o que é extraordinário, portanto, estamos aqui a falar de objetos muito distantes, muito ativos e pelo fato de serem muito ativos emitem muita energia, portanto podem ser vistos a grandes distancias hã...”

Compreensão da situação relatada na unidade 11

No discurso, o interlocutor tece algumas considerações a respeito do seu entendimento sobre os quasares. Tais concepções vão ao encontro das definições comumente encontradas em livros que discutem sobre aspectos do modelo cosmológico padrão. Em sua fala é possível perceber o embasamento teórico que dispõe ao fazer suas afirmações, bem como é perceptível a admiração por esses objetos altamente energéticos que sofrem variações de luminosidade.

Unidade de Significado 12

“E, eu penso que a Cosmologia tem esse aspecto que talvez nenhuma outra ciência tenha não é, é que coloca-nos numa escala tão insignificante, as distancias envolvidas, as escalas de tempo são tão, são tão inimagináveis que a escala da nossa vida, a escala cotidiana que vivemos é, é, é (*sic*) absolutamente insignificante, não é. E só, só (*sic*) aqueles que raciocinam de uma forma muito, muito primitiva puderam alguma vez pensar que nós estávamos no centro do mundo, no centro dos acontecimentos cósmicos.”

Compreensão da situação relatada na unidade 12

Nesse recorte, o interlocutor busca situar o planeta Terra e a Via Láctea no imenso universo e desconhecido em que o homem habita. E, diante da imensurabilidade do mesmo, ele entende que há muito a ser descoberto e estudado, pois de acordo com as suas palavras estamos inseridos em uma escala cósmica muito insignificante.

Compreensão Ideográfica do sujeito de pesquisa 1

O discurso do sujeito 1 revela o seu interesse por questões inerentes à Cosmologia e o seu ensino, derivado de sua trajetória acadêmica e profissional, enquanto professor e pesquisador. Tal postura fica evidente no decorrer da sua fala, pois apesar de defender com propriedade suas convicções a respeito da origem e da evolução do universo, ele constantemente retoma a ideia de que a Cosmologia pode ser comparada a um edifício, que está sujeito, a qualquer novo fato observacional, a sofrer um desmoronamento ou também ficar mais sólido.

Ao ser questionado sobre “o que é Cosmologia para você? ”, o interlocutor desloca a sua fala para o objetivo da educação, trazendo exemplos que dão suporte à sua argumentação. Ele entende a Cosmologia como uma ciência não linear, que sofre influência do contexto histórico e social e que, devido ao fato de suas conclusões serem provisórias, permite ao homem fazer diversas previsões de acordo com as suas concepções.

Ao considerar a Cosmologia não como uma ciência experimental, mas sim observacional, o interlocutor expressa por meio do seu discurso a importância que atribui às observações, reconhece, porém, que as mesmas se dão em porções diminutas e, portanto, são passíveis de diferentes interpretações, visto que é permitido a cada indivíduo a criação de uma imagem de mundo.

Em diversos momentos do discurso, o interlocutor emprega o termo “hã”. Tal fato é interpretado como uma forma de dar continuidade à sua fala, enquanto procura mentalmente, palavras que possibilitem concluir a sua linha de raciocínio. Já as expressões “certo”, “portanto” e “não é”, comumente presenciadas no discurso, dão a ideia de que o interlocutor está buscando uma afirmação por parte do pesquisador, ou seja, ele demonstra preocupação em fazer com que as suas considerações estejam sendo compreendidas na sua totalidade.

5.1.2. Sujeito de pesquisa 2

Unidade de Significado 1

“Hã... Cosmologia é essencialmente o estudo da origem e evolução do universo, portanto, é uma, é essencialmente a aplicação de física, portanto, as leis da física, os princípios da Física ao estudo do universo como um todo, portanto, o universo em larga escala”.

Compreensão da situação unidade relatada na unidade 1

O interlocutor versa sobre a Cosmologia, buscando simplifica-la, de modo que esta se resume ao estudo da origem e evolução do universo, em grande escala, a partir da aplicação de leis e princípios físicos. As demais áreas de investigação que contribuem para o estudo do universo como um todo não são mencionadas, fazendo com que transpareça a ideia que o estudo do cosmos se dá, exclusivamente, pelo conhecimento inerente à Física.

O sujeito 2, inicialmente, expressa o seu entendimento sobre Cosmologia de forma precisa e objetiva, demonstrando com isso, estar apoiado em uma definição, comumente encontrada em bibliografias da área, que não carece de muitas explicações, em primeira aproximação.

Unidade de Significado 2

“Hã... Aquilo que nós sabemos é que o universo começou, pelo menos a região do universo que nós observamos começou num estado extremamente quente, extremamente denso, hã... Muito mais simples, simples do ponto de vista da física, há uma definição técnica de simplicidade em Física, se você quiser podemos falar disso mais tarde hã... Começou nesse

estado simples mais quente e denso e a partir daí foi evoluindo, portanto foi expandindo, arrefecendo e gradualmente foram se formando as estruturas que nós observamos em grande escala, as galáxias, os enxames de galáxias, etc. E esse processo de evolução das estruturas é essencialmente um processo gravitacional que se deve ao fato da interação gravitacional ser sempre uma força atrativa, mas precisa de mecanismos para gerar flutuações iniciais de densidade, são esses mecanismos é uma questão um pouco diferente das que hoje em dia estão a estudar, está a teoria do big bang (estrondão) muito bem fundamentada.”

Compreensão da situação unidade relatada na unidade 2

Ao valer-se do vocábulo “nós sabemos”, o interlocutor deixa transparecer que o seu conceito a respeito de Cosmologia vai ao encontro das concepções apresentadas por outros membros da comunidade científica. Já o emprego do termo “simples” em Física é mencionado pelo sujeito ao referir-se ao começo do universo, contudo a explanação da sua definição é postergada.

Neste segundo momento, o discurso apresenta, de forma detalhada, o processo de origem e estruturação do universo. Tais afirmações indicam que o mesmo teve um início, extremamente quente e denso, e posteriormente, na medida em que foi expandindo, foi sofrendo um resfriamento e formando as estruturas que são observadas em larga escala. Segundo essa concepção, que corresponde à teoria do big bang (estrondão), as elucidações sobre o surgimento, evolução e desenvolvimento do universo estão respondidas, embasadas em fundamentos confiáveis.

Unidade de Significado 3

“Eu acho que até a pouco tempo, até a vinte anos digamos a Cosmologia era uma aérea de exploração livre no sentido do que quase não havia dados observacionais, portanto havia imensas teorias poderiam ser postuladas, muito dificilmente eram separáveis (), hoje não é o caso, Cosmologia é totalmente liderada e impulsionada, catalisada por resultados observacionais, portanto é extremamente difícil a existência de modelos alternativos que estejam em desacordo com, com a descrição global que temos do universo, as teorias podem diferir em pequenos detalhes, teorias são, não são necessariamente fáceis de testar como já testamos atualmente, mas em termos de visão global se quiseres, estrutura global da teoria, imagem conceitual, essa, essa (*sic*) imagem está muito bem conhecida do ponto de vista

observacional, portanto é praticamente impossível ter uma descrição que seja completamente diferente dessa...”

Compreensão da situação unidade relatada na unidade 3

Um breve resgate histórico é feito, a fim de tentar justificar o porquê diversas teorias emergiram no campo da Cosmologia, no decorrer da história. Contudo, o discurso revela que, atualmente, postular modelos cosmológicos, que não estejam de acordo com a teoria do big bang (estrondão) é uma tarefa árdua e improvável, visto que, segundo o ponto de vista do sujeito 2 os dados observacionais que o homem dispõe, fornecem suporte suficiente para descrever adequadamente o universo.

A postura do interlocutor exteriorizou certo incômodo ao ser instigado a refletir sobre suas concepções cosmológicas, pois o mesmo mostrou-se enérgico ao tecer suas considerações incisivamente, atribuindo demasiada importância às interpretações observacionais derivadas do modelo cosmológico padrão.

Unidade de Significado 4

“[...] isso não quer dizer que a visão que temos do mundo atualmente seja completamente correta e de fato há coisas que nós não sabemos, 96 % do conteúdo do universo são coisas que chamamos de matéria escura, energia escura que nós nunca detectamos em laboratório, deveria ser indireta observacional pelo fato delas existirem, mas nunca as vimos em laboratório, então da mesma forma que, já vimos um elétron um próton no laboratório...”

Compreensão da situação unidade relatada na unidade 4

Já desta unidade o interlocutor evidencia a incipiência do conhecimento humano frente aos constituintes do universo. Nessa perspectiva, o discurso busca justificar o porquê supõe-se a existência de entidades desconhecidas e até então não detectadas em laboratório.

O sujeito 2 traz para o discurso o fato que é possível detectar um próton ou um elétron em laboratório, todavia ele deixa implícito que tais evidências somente foram possíveis, após a previsão teórica das mesmas. Dessa forma, percebe-se que o interlocutor considera importante a postulação de princípios teóricos para o desenvolvimento da ciência, em especial na área da Cosmologia.

Unidade de Significado 5

“[...] há três pilares observacionais do modelo padrão da Cosmologia, chamado modelo do big bang. O primeiro é o fato de o universo estar a expandir e as escalas das galáxias, galáxias se afastarem entre si com uma velocidade que pelo menos em uma primeira aproximação é proporcional a distância entre elas, isso chama lei de Hubble que não é completamente rigorosa, mas é uma boa aproximação, portanto é válida a escalas quilômetros por um, hoje em dia, se fizer essas observações em escalas muito, muito grandes hã... Há pequenas correções, que são correções relativísticas que tem a ver com a curvatura do universo, etc. Mas em primeira aproximação a lei de Hubble é válida e uma aproximação direta do modelo, portanto que foi confirmada, portanto esse é o primeiro pilar. O segundo é, é aquilo que chamamos da síntese primordial, abundancia primordial dos elementos leves, o hidrogênio, o hélio o lítio foram formados no início do universo, mais ou menos nos três primeiros minutos do universo e o modelo prevê isso muito bem, consegues prever todas essas abundancias que tendo apenas um parâmetro livre, que é essencialmente o cociente entre o número de bárions, prótons, nêutrons e o número de fótons que está em exceção e esse único parâmetro controla todas as abundancias ativas desses elementos, portanto isso também está muito bem estudado, muito bem documentado, e o terceiro que a existência de algumas propriedades mais simples da radiação cósmica de fundo, a radiação cósmica de micro-ondas, o universo por já hã... Uma vez já foi mais quente e mais denso, essa radiação primordial ainda está no universo, por definição não é nada fora do universo simplesmente esse ponto de radiação é hoje muito mais frio, com uma temperatura de aproximadamente 2,7 K hã... E essa temperatura foi detectada e não só foi detectada, mas as propriedades estatísticas dessa temperatura são conhecidas, foram caracterizadas e mais uma vez estão () se quiseres em primeira aproximação são as três grandes previsões do modelo do big bang que foram confirmadas.”

Compreensão da situação relatada na unidade 5

O discurso considera que a solidificação da teoria do big bang (estrondão) se dá por evidências puramente observacionais. Sendo a primeira delas inerente às contribuições da lei de Hubble, a segunda refere-se à síntese primordial, ou seja, a abundância dos elementos leves e já a terceira evidência diz respeito à detecção da radiação cósmica de fundo. O sujeito 2 versa sobre os três pilares do modelo cosmológico padrão, evidenciando ter pleno domínio

sobre o assunto. Seus argumentos são eloquentes, derivados provavelmente de sua dedicação e estudo, enquanto pesquisador destes temas.

Segundo as referidas previsões, o interlocutor defende que a teoria do big bang (estrondão) apresenta dados observacionais e teóricos confiáveis o bastante para ser considerada a teoria que melhor fornece explicações sobre a constituição e evolução do universo.

Unidade de Significado 6

“[...] é importante para toda a gente ter pelo menos uma ideia básica, sem os detalhes técnicos obviamente, mas ter, ter (*sic*) uma ideia básica da visão do universo, da cultura em que se vive”.

Compreensão da situação relatada na unidade 6

Neste fragmento, o sujeito 2 mostra-se favorável à difusão do conhecimento científico inerente as concepções cosmológicas, de modo acessível às pessoas, para que assim estas possam compreender, ainda que minimamente, o universo em que vivem.

Unidade de Significado 7

“[...] o modelo no big bang no contexto da química, essencialmente na formação dos elementos da tabela periódica, eles precisam saber que os elementos mais leves foram formados no início do universo, os elementos até o ferro foram formados nas estrelas, os elementos a partir daí foram formados nas explosões de supernovas etc”.

Compreensão da situação relatada na unidade 7

O discurso situa e exemplifica a importância de ensinar o modelo do big bang (estrondão) no contexto do ensino de química. Contudo, por meio da fala do sujeito 2, é possível inferir que o mesmo somente atribuiu relevância ao enfoque conteudista, ou seja, ele demonstra não considerar fundamental a reflexão e discussão de aspectos relativos à natureza de ciência.

Compreensão Ideográfica do sujeito de pesquisa 2

O sujeito 2 demonstra que a partir da aplicação das leis e princípios físicos é possível entender os fatos e fenômenos ocorridos no decorrer da evolução e estruturação do universo observável. A compreensão do interlocutor sobre Cosmologia é pautada nos pressupostos teóricos inerentes à teoria do big bang (estrondão), pois de acordo com o sujeito 2, estes fornecem explicações coerentes e satisfatórias aos resultados observacionais e, portanto, são dignos de confiança.

Percebe-se que as concepções do sujeito 2 são compatíveis com os conceitos cosmológicos encontrados em artigos e livros de divulgação científica, escritos por renomados membros da comunidade científica. Desse modo, entende-se que seja em decorrência desse suporte teórico associado com a trajetória acadêmica e profissional do sujeito 2, que o mesmo discursa demonstrando segurança e domínio sobre as evidências empíricas e observacionais que alicerçam o modelo cosmológico padrão.

O sujeito 2 reconhece que no decorrer da história, vários modelos cosmológicos foram postulados, na tentativa de buscar respostas para as inquietações da humanidade, contudo, o mesmo argumenta que tais previsões não são mais aceitas, visto que, em consequência dos dados observacionais que o homem dispõe, não há mais espaço para dúvidas e problemas que estejam em desacordo com a teoria do big bang (estrondão).

O interlocutor 2 também evidencia que a Cosmologia necessita fazer previsões teóricas e supor a existência de entidades desconhecidas para tentar encaixar todas as peças do quebra-cabeças. Desse modo, o sujeito 2 deixa implícito que as lacunas desse quebra-cabeça são importantes para o desenvolvimento da Cosmologia, entendida como uma ciência que busca compreender o universo em sua completude.

Em relação ao ensino da Cosmologia, o sujeito 2 considera relevante os estudantes aprenderem, de acordo com uma metodologia adequada, conceitos e conteúdos referentes ao universo em que habitam, para que assim consigam situar-se e compreenderem o espaço que ocupam dentro do mesmo.

5.1.3. Sujeito de pesquisa 3

“O que é estudar Cosmologia? Cosmologia é o estudo do universo em larga escala, portanto quando, quando, quando (*sic*) falamos do universo em larga escala, estamos a falar de escalas mesmo muito grandes, escalas que vão ter, portanto, a escala maior que conseguimos observar

é da ordem de umas dezenas de milhares de milhões de anos luz, portanto o nosso universo, é um universo que tem uma idade cerca de quatorze mil milhões de anos e a luz desde o evento deste chamado big bang ou grande explosão, a luz, uma vez que não se desloca a uma velocidade arbitrariamente grande, portanto existe, tem uma velocidade finita hã... A luz consegue se deslocar desde esse instante cerca de quatorze mil milhões de anos luz, portanto, não é exatamente assim que o universo expande, à medida que a luz percorre, mas é mais ou menos isso que acontece, portanto nós temos acesso do ponto de vista de informação, quando escala do universo () temos acesso a essa região do universo a que chamamos nosso horizonte e portanto, o estudo do universo, portanto a Cosmologia abrange desde essa escala, que é a escala máxima que conseguimos obter informação, até hã...”

Compreensão da situação relatada na unidade 1

A Cosmologia é considerada uma área que tem por objetivo o estudo do universo em larga escala, sendo que estas escalas correspondem à distancias imensuráveis e muitas vezes desconhecidas. E o universo, segundo a concepção do sujeito 3 teve origem a partir da “grande explosão”, a qual refere-se à teoria do big bang (estrondão), cujo universo foi criado a quatorze milhões de anos atrás. Todavia, ele destaca em sua fala que o homem somente tem informações acerca de uma pequena região do universo, denominada de horizonte. E, essa consideração pode ser interpretada como uma maneira de subentender que o universo, devido a sua complexidade e extensão, encontra-se repleto de imprecisões, isto é, que a qualquer momento podem ser feitas descobertas que façam com que as teorias amplamente aceitas sejam revistas.

Unidade de Significado 2

“Hã... Eu gosto sempre quando falamos do universo, gosto sempre de da uma regra de que, para que, daquilo que está bem estabelecido para aquilo que não está bem estabelecido. E aquilo que está bem estabelecido é a evolução do universo, hã... Não próximo do big bang, mas desde cerca de um segundo depois da grande explosão, portanto a partir do segundo de vida, há uma série de acontecimentos no universo, que tem consequências que nós podemos observar e podemos comparar aquilo que os nossos modelos preveem com aquilo que é observado, portanto disso podemos testar a previsão desses modelos e os modelos que temos para o universo dão uma descrição bastante precisa daquilo que nós observamos, portanto

desde o início da idade () até a idade atual do universo. Que se passa se ao invés de andar para frente no tempo, andarmos para traz, aquilo que se passa é que, uma vez que e o nosso universo está a expandir, se andarmos para traz no tempo ele vai se tornar cada vez mais denso, cada vez mais compacto e também à medida que expande isso faz com que o comprimento de onda das partículas sejam esticadas, portanto passa-se aquilo que chamamos de desvios para o vermelho, portanto hã... Por exemplo, a luz azul transforma-se em luz vermelha devido à expansão do universo, portanto os comprimentos crescem e a energia da luz torna-se cada vez menor () se nós formos para traz no tempo é exatamente o contrário que acontece, o que acontece é que a medida que caminhamos para o big bang as partículas do universo tem cada vez mais energia e portanto, as escalas de energia em que são formadas são cada vez maiores e portanto, chegam a uma determinada altura que conseguimos atingir energias tão grandes que nós não somos, não temos capacidade para na Terra construir aceleradores de partículas que consigam atingir essas energias e, portanto, estamos a entrar, se quiseres na física que é desconhecida e o que é interessante é que essa física que é desconhecida ou quando tu queres conhecer () nós não somos a parte de estar em laboratório na terra, portanto nem nos grandes aceleradores de partículas essa física que é um bocadinho especulativa pensa-se que poderá ter sido responsável pelas estruturas que nós hoje observamos no universo”.

Compreensão da situação relatada na unidade 2

Nesta unidade de significado é possível perceber que o interlocutor possui inquietações e dúvidas a respeito do que aconteceu com o universo nos instantes muito próximos ao big bang (estrondão), seja devido à ausência de dados observacionais ou, seja pelas diversas especulações que permeiam essa possível “grande explosão”. Todavia, a partir da mesma, o sujeito 3 evidencia estar convicto que o universo sofreu e possivelmente ainda está sofrendo uma evolução, que apresenta consequências que são passíveis de serem observadas e comparadas com os modelos cosmológicos disponíveis.

Os dados observacionais mencionados pelo sujeito 3, dizem respeito aos desvios das raias espectrais das galáxias para o vermelho, pois segundo o seu discurso, estes constituem-se como um dos pilares que sustentam a teoria do big bang (estrondão), visto que eles, interpretados como decorrentes do efeito Doppler óptico, permitem determinar a velocidade de recessão ou aproximação das galáxias em relação à Terra.

Ao empregar a expressão “pensa-se que poderá ter sido responsável pelas estruturas que nós hoje observamos no universo”, ao referir-se ao big bang (estrondão), o interlocutor exprime certa hesitação e imprecisão ao inferir sobre uma Física desconhecida, visto que é impossível construir aceleradores de partículas que consigam atingir altíssimas energias semelhantes às aquelas que, supostamente estavam envolvidas no momento da “grande explosão”.

Unidade de Significado 3

“[...] se olharmos em muito larga escala, portanto a escala cosmológica então, o universo é aproximadamente homogêneo isotrópico e está a se afastar, nós verificamos esse desvio para o vermelho que evidencia que está a se afastar, quer dizer os objetos estão a se afastar, os objetos distantes estão a se afastar de nós, essa é uma evidencia científica para a expansão do universo, depois existem outros aspectos, a expansão não se dá sempre da mesma forma, existe uma dinâmica”.

Compreensão da situação relatada na unidade 3

O sujeito 3 lança um olhar dirigido para o universo, considerando-o em sua totalidade e infere que o mesmo é aproximadamente homogêneo e isotrópico. Tais afirmações, juntamente com a contribuição da descoberta dos desvios das raias espectrais para o vermelho, configuram-se, segundo o interlocutor, como evidências científicas que permitem assegurar que o universo está em expansão. Contudo, o sujeito 3 não discute a possibilidade dessas evidências apresentarem interpretações distintas, que, com efeito, poderia alterar as premissas inerentes à teoria do big bang (estrondão).

Unidade de Significado 4

“Quando se fala da teoria do big bang, é importante distinguir dois aspectos. Um aspecto é o que acontece no universo próximo ao big bang e relativamente o que acontece próximo ao big bang é hã... Há muita incerteza, portanto, o universo pode até nem ter tido o big bang, portanto relativamente a isso há muita liberdade, do ponto de vista da construção de modelos e quando se diz que o termo big bang é nesse sentido”.

“Agora, é possível, não é impossível, que o universo tenha tido origem, portanto que ele tenha sido extraordinariamente denso, mas quando vamos para trás, tivesse acontecido algo que se chama (), portanto o nosso universo ao invés de ter começado nesse estágio muito denso, pode ter começado num estado de muito baixa densidade, estar a colapsar e depois... Mas quando falamos do big bang, hã... Estamos no fundo a dizer que num passado remoto, o nosso universo era extraordinariamente denso, extraordinariamente quente. Agora e, portanto, relativamente ao início existe, do ponto de vista teórico, grande liberdade, grande incerteza. Relativamente hã... A história do universo, passado um segundo de idade, não existe assim tão grande liberdade, portanto eu não conheço nenhuma teoria alternativa ao big bang que não seja equivalente”.

Compreensão da situação relatada na unidade 4

O interlocutor distingue dois importantes aspectos. Um referente ao que acontece no universo próximo ao big bang (estrondão) e o outro diz respeito ao que ocorre nos segundos posteriores ao mesmo. Em relação ao primeiro, o sujeito 3 salienta que há muitas incertezas e menciona a possibilidade de não ter existido a “grande explosão”. Tais considerações são interpretadas como uma maneira de justificar porque há outros modelos cosmológicos que diferem do modelo padrão.

O sujeito 3 defende a ideia que, os acontecimentos relativos aos segundos posteriores ao big bang (estrondão), estão bem fundamentados e, portanto, não permitem que sejam feitas postulações divergentes a esta teoria. O mesmo mostrou-se, momentaneamente, irritado ao ressaltar que desconhece teorias que forneçam previsões alternativas à teoria cosmológica padrão, amplamente aceita na comunidade científica.

Unidade de Significado 5

“Houve no passado, a teoria do universo estacionário, mas esta é uma teoria que está completamente posta de parte, de alguma maneira existem fatos no nosso universo que tem alguma semelhança hã... Com aquilo que era previsto por essa teoria, mas só isso e basicamente essa teoria não explica aquilo que nós observamos no universo”.

Compreensão da situação relatada na unidade 5

Nesse fragmento, o sujeito 3 reconhece a existência da teoria do estado estacionário, no entanto, considera que, apesar desta apresentar previsões teóricas que vão ao encontro de eventos relativos ao universo, ela não satisfaz às observações disponíveis. Assim, é perceptível que o interlocutor atribui mérito aos dados observacionais, sem, contudo, mostrar-se preocupado com o modo, como estes se deram.

Unidade de Significado 6

“Em relação à Cosmologia, há muito coisa que pode ser abordada, em primeiro lugar, de uma forma relativamente simples, por exemplo, em primeiro lugar existem observações que nós fizemos acerca do universo, são observações simples, que nos dizem coisas que são muito profundas acerca do nosso universo e que, do ponto de vista histórico também é interessante, foram coisas que foram pensadas há muito tempo, hãh...”

Compreensão da situação relatada na unidade 6

Ao versar sobre o ensino da Cosmologia, o sujeito 3 argumenta que o mesmo pode se dar, de modo relativamente simples, uma vez que, os fenômenos presentes cotidianamente aos olhos humanos, estão permeados de conhecimentos construídos historicamente. Percebe-se, assim que o interlocutor demonstra preocupação com o contexto histórico, no qual, as observações acerca do universo foram realizadas e estudadas.

Unidade de Significado 7

“[...] outro aspecto que acho interessante na Cosmologia é a ligação entre temas muito distintos, portanto a uma ideia que a Cosmologia, o objeto de estudo é o nosso universo e para estudarmos o nosso universo globalmente, teríamos que estudar tudo, portanto há muitos conhecimentos, há muitas coisas em jogo para a, de alguma maneira conseguirmos fazer essa descrição, portanto a ligação entre esses vários conhecimentos também é algo que a Cosmologia nos dá e algo que pode ser aproveitado de forma muito positiva para o ensino, portanto, mostrar que existem muitos aspectos envolventes e analogias, por exemplo analogia entre o som e a luz, comportamento do som e comportamento da luz, os comportamentos são diferentes, mas há coisas em que são semelhantes portanto, é possível aproveitar essas analogias ao nível do ensino, ao nível do ensino parece muito interessante.”

Compreensão da situação relatada na unidade 7

Ao considerar a Cosmologia uma área de integração entre os diversos e distintos campos de estudo, o sujeito 3 acredita ser essencial que os estudantes, dos diferentes níveis de ensino, tenham em mente essa concepção e consigam fazer e entender analogias, bem como elaborar hipóteses, que lhes ajudem a compreenderem, mais efetivamente, às descrições a respeito do universo.

Compreensão Ideográfica do sujeito de pesquisa 3

Ao ser questionado sobre o entendimento do sujeito 3 a respeito da Cosmologia, ele procura, em diversos momentos, mencionar que esta refere-se ao estudo do universo em escalas muito grandes e muitas vezes imensuráveis. E, considerando as escalas que se têm informações por meio de observações, o sujeito 3 acredita que o universo teve uma origem e a partir da mesma foi sofrendo uma evolução e formando as estruturas que são observáveis.

O sujeito 3 considera que nos primeiros segundos após a suposta “grande explosão”, que resultou na origem universo, há muitas incertezas passíveis de serem questionadas, todavia nos instantes posteriores, ele acredita que, a teoria do big bang (estrondão) está muito bem fundamentada e, portanto, não é admissível, do ponto de vista científico, que teorias divergentes à essa sejam propostas.

Ao versar sobre os pilares, que segundo a sua concepção, contribuem para a solidificação do modelo cosmológico padrão, o sujeito 3 demonstra entusiasmo e domínio do assunto e, em decorrência disso, em alguns momentos, discursa muito rapidamente, o que dificulta o entendimento, na íntegra, do seu discurso.

Quando o sujeito 3 é instigado a refletir sobre a existência de possíveis teorias alternativas ao big bang (estrondão), ele demonstra ficar exaltado, pois para ele, os dados observacionais configuram-se como evidências inquestionáveis, que correspondem as previsões teóricas feitas pelo modelo cosmológico padrão.

No que refere-se ao ensino da Cosmologia, o sujeito 3 revela a sua preocupação em relação a sua abordagem, nos diferentes níveis de ensino, para que assim, os estudantes possam compreender os fenômenos presentes em seus cotidianos e estabelecer associações com o universo em larga escala, levando em consideração o contexto histórico.

5.1.4. Sujeito de pesquisa 4

Unidade 1

“Cosmologia é o estudo do surgimento do universo, pra mim é isso”.

Compreensão da situação relatada na unidade 1

Ao expressar seu entendimento sobre Cosmologia, o sujeito 4 demonstra insegurança, pois a sua definição é sucinta, o que pode ser interpretado como uma maneira de responder o que lhe foi questionado, mas de modo conciso, para que não houvesse espaço para novas indagações a respeito do tema surgirem.

Unidade de Significado 2

“Eu não sei se eu parei para pensar assim efetivamente no que, que eu acredito, eu acho que a teoria do big bang, por exemplo, ela é a melhor teoria que nós temos, mas eu ainda acho que ela nos deixa um monte de dúvidas, né. A gente tem uma série de evidências de que o universo teve um começo e é meio complexo tu pensar que bom, não foi alguém apertando um botão, mas é como se fosse, como se tivesse sido”.

Compreensão da situação relatada na unidade 2

Ao ser instigada a refletir acerca de suas crenças a respeito de Cosmologia, o sujeito 4 considera que a teoria do big bang (estrondão) fornece bases mais sólidas e confiáveis para explicar o surgimento do universo, contudo o mesmo não discorre sobre as evidências que, supostamente, dariam suporte a esta teoria. O discurso também é marcado pelas dúvidas que o premeiam, pois, o sujeito 4 evidencia não estar completamente convencido que todo o universo surgiu a partir de uma singularidade inicial que foi evoluindo e formando as estruturas conhecidas.

Unidade de Significado 3

“[...] se há um começo o que havia antes? Era o nada absoluto? E o que determinou inicialmente a velocidade de expansão, os fatores como temperatura hã... É algo que a gente teria que estudar Cosmologia a fundo pra, pra não ter essas dúvidas e poder defender, digamos assim com unhas e dentes a teoria do big bang e na minha formação eu não tive essa, essas respostas”.

Compreensão da situação relatada na unidade 3

A unidade de significado inicia com os questionamentos, sem respostas, que permeiam o pensamento do sujeito 4 e para justificá-los ele responsabiliza a sua formação pela supressão de assuntos relacionados ao estudo da Cosmologia.

O discurso também demonstra que o sujeito 4 admite a teoria do big bang (estrondão), devido, possivelmente, a esta ser mais aceita e difundida no ambiente acadêmico e científico. Todavia, percebe-se que o mesmo não descarta a possibilidade de haver modelos cosmológicos que consigam melhor atender as inquietações pertinentes à origem do universo.

Unidade de Significado 4

“Bom... Esses estudos recentes sobre a possibilidade de o universo continuar se expandindo indefinidamente, acho que eles corroboram a hipótese de que o universo teve um começo e toda essa descoberta da matéria escura e a proposta da energia escura, elas de certa forma também não vão ao encontro ao fato de que o universo teve um começo. A própria descoberta do bóson de Higgs no LHC, acho que também reforça a hipótese do big bang, de que lá no começo havia esse campo de Higgs onde partículas passaram e adquiriram massa, etc e tal”.

Compreensão da situação relatada na unidade 4

Neste excerto, o sujeito 4 discorre, resumidamente e vagamente, sobre os argumentos favoráveis à teoria do big bang (estrondão). Tal fato pode ser interpretado como uma carência de embasamento teórico confiável ou apreensão de tecer considerações que sejam equivocadas ou errôneas.

Unidade de Significado 5

“Bom, no Ensino Superior, se a gente estiver falando de um curso de formação de professores de física, eu acho que é fundamental né, porque esses professores, eles vão estar lá no Ensino Médio, eles tem uma responsabilidade muito grande de transmitir ideias cientificamente corretas e epistemologicamente coerentes para os estudantes da educação básica né, se a gente fala de um curso superior de formação de professores, eu acho que o enfoque é esse e eu acho que para os estudantes do Ensino Fundamental se engajarem em estudar ciências né, hã... Se motivarem, a saber, mais sobre o tema é fundamental que eles tenham uma visão minimamente rica da Cosmologia né. Eu acho que o estudante, ele tem que perceber o universo como a casa dele né, hã... Saber o seu lugar nesse universo, onde é que está o sistema solar, onde é que está a Via Láctea nesse sistema, que idade tem esse universo, saber que quando a gente olha para as estrelas, a gente está olhando para o passado, tudo isso eu acho que é fundamental para o aluno da educação básica, para ele se motivar, a saber, mais sobre ciência, para ele querer ser um cientista um dia talvez e, portanto, quem está na formação de professores tem que ter uma bagagem ainda mais substancial.”

“[...] é importante que os estudantes lá da educação básica tenha essa perspectiva que a ciência, ela é uma construção humana, a gente não trabalha com a realidade diretamente, a gente trabalha sempre com modelos sobre a realidade e que eu posso escolher modelos melhores, modelos piores, acho que do ponto de vista epistemológico é muito importante”.

Compreensão da situação relatada na unidade 5

O discurso considera ser essencial que os professores de Física tenham em seu curso de formação inicial momentos em que lhes são propiciados a discussão científica e epistemológica de tópicos relacionados ao estudo da Cosmologia. A fala do sujeito 4 atribui importância do papel docente desempenhado na formação de estudantes críticos e reflexivos que consigam construir conhecimentos significativos sobre a natureza da ciência, bem como sobre o universo em que vivem.

O sujeito 4 discute a ideia de que, por meio do estudo da Cosmologia é possível incentivar os alunos a aprender e atraí-los para a ciência e até mesmo para a carreira científica. E, diante dessas ponderações, é perceptível a preocupação demonstrada pelo sujeito 4 em relação ao ensino e aprendizagem efetiva da Cosmologia, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Médio.

Compreensão Ideográfica do sujeito de pesquisa 4

Ao ser questionado sobre “o que é Cosmologia para você?” O sujeito 4 responde concisamente, demonstrando insegurança e receio de estar falando sobre um assunto complexo e muito abrangente. Todavia, ao ser instigado a falar sobre suas concepções de modo mais detalhado, ele coloca-se a favor da teoria do big bang (estrondão), pois considera que esta consegue explicar mais adequadamente a origem e, suposta evolução do universo.

As concepções do sujeito 4 sobre o estudo da Cosmologia, encontram-se imersas a muitas dúvidas e incertezas, desde os referentes a “explosão inicial”, que, possivelmente, deu origem ao universo, até as evidências que corroboram para o aceite da teoria do big bang (estrondão). A carência de respostas mais seguras a este tipo de indagação é atribuída à ausência de discussões e abordagens conceituais sobre os temas, nos cursos de formação de professores.

O sujeito 4 destaca o quão importante é o papel desempenhado pelo professor, na formação do senso crítico dos estudantes, tanto do ponto de vista científico, quanto epistemológico. Percebe-se assim, que o sujeito 4 preocupa-se com os aspectos relativos a natureza da ciência e a repercussão positiva que estes podem ter no ensino da Cosmologia.

5.1.5. Sujeito de pesquisa 5

Unidade de Significado 1

“O que é Cosmologia pra mim? Bom, não tenho muito conhecimento sobre Cosmologia, também nunca fui muito a fundo, talvez até porque ela puxe por partes da física que eu não tenho muito domínio, é... Eu não tenha muito buscado o estudo da Cosmologia. É... Eu sei que ela envolve bastante conhecimento da teoria da relatividade geral de Einstein, física quântica e além do que eu diria que assim, ela é uma, é uma área um pouco distante do nosso dia-a-dia e... Parece assim um estudo ainda um pouco é... Ainda divaga muito para o meu gosto, digamos assim né (risos), é assim que eu penso pelo menos”.

Compreensão da situação relatada na unidade 1

O entendimento do interlocutor 5 sobre Cosmologia aparenta ser superficial, pois de acordo com a sua concepção esta é uma área de conhecimento que envolve as demais áreas de

estudo da física e devido a esta complexidade, associada à falta de interesse em buscar saber mais a respeito do universo, o sujeito 5 justifica o seu posicionamento.

O discurso revela ser irrelevante o estudo aprofundado de questões relativas à Cosmologia, em virtude de se tratar de fatos e fenômenos considerados distantes da vida cotidiana. Tal fato pode ser interpretado como uma maneira de evitar a discussão de conceitos e concepções que ainda estão em construção e, portanto, estão passíveis de divergências, dependendo da perspectiva adotada.

Unidade de Significado 2

“É o estudo do universo, estudo do cosmos mais especificamente o estudo dos tipos de universo que existem, as formas de universo que existem, hã... Como que o universo se formou, possibilidades, como que ele pode terminar, se é que vai haver um fim, como vai terminar esse universo, né. E como a gente conhece o estudo de... Tá (*sic*) envolvendo o estudo de matéria escura que a gente ouve falar tanto hoje, energia escura, mas que eu particularmente não sei exatamente o que é, hã... Essas possibilidades de outras missões, viagens, viagem através de buracos de minhoca, como a gente diz, é uma expressão na teoria da relatividade seja, existir talvez outros universos, é... Pra mim é o estudo do universo né, eu entendo isso como sendo Cosmologia, tá, então eu não vou abrir mais isso, porque realmente não tenho muita, muito conhecimento na área”.

Compreensão da situação relatada na unidade 2

A concepção do sujeito 5 a respeito da origem e estruturação do universo parece que se constitui a partir de informações a que teve acesso, contudo o mesmo não as explora a fundo, em decorrência de reconhecer não possuir conhecimento suficiente para tal abordagem. O fato do interlocutor 5 recusar-se a expandir a discussão, pode ser interpretado como uma maneira de evitar cometer equívocos conceituais, visto que a Cosmologia é uma área de estudo permeada por incongruências.

Unidade de Significado 3

“A minha concepção... Complicado (risos), muito complicado, existem essa famosa teoria do big bang, mas é... Eu confesso que é uma teoria que eu ainda não, não conheço, não tenho

muito conhecimento, não consigo entender muito bem porque eu precisaria entender muito mais física, conhecer muito mais física pra entender isso. Hã... Eu confesso que é... É bem complicado, quando me perguntam, às vezes eu me ponho a pensar um pouco sobre isso, eu as vezes acho até que não tem muito sentido a gente fica pensando sobre como o universo se formou ou como como que é isso aí que a gente vive estudando, que a gente vive, porque parece que a gente está saindo fora do universo, no momento em que queremos saber como o universo se formou ou ele é... Aí a gente é o próprio universo, a gente é um... A gente está dentro do universo, a gente é um produto dele, eu sempre penso assim, pelo menos é assim como eu sinto hoje, é... Se o universo muda a gente muda junto, se se encaminha para um lado, a gente se encaminha junto e não tem como a gente sair fora e dizer assim, está acontecendo assim ou assado, então me parece um pouco sem sentido pensar hã... Como é que surgiu esse universo, a impressão que eu tenho é que... As vezes eu tenho a impressão é que não tem resposta (risos) ”.

Compreensão da situação relatada na unidade 3

Na unidade de significado, o sujeito 5 apresenta reflexões pertinentes, uma vez que o mesmo deixa transparecer a concepção de que entender, ainda que minimamente, o universo é uma tarefa que demanda um enorme esforço intelectual, pois o homem é parte integrante do universo que ele se propõe a estudar. Nessa perspectiva, o interlocutor defende a ideia que, não é coerente refletir sobre essas questões, visto que a Cosmologia não se configura como uma ciência passível de experiências práticas, que supostamente, garantiriam resultados mais seguros e livres de empasses.

Ao valer-se da expressão “famosa teoria do big bang” é possível perceber que o interlocutor 5 somente teve acesso a informações referentes a este modelo cosmológico, seja pela mídia, pelos livros de divulgação científica ou no meio acadêmico. E, provavelmente, seja em razão dessa única aproximação, que o sujeito 5 não atribui importância ao estudo da origem e evolução do universo, seja no ponto de vista científico ou epistemológico.

Unidade de Significado 4

“Eu acho que uma das coisas que mais me intriga é essa questão da gente imaginar que um dia tudo isso que nos rodeia, toda a matéria, energia, esteve um dia numa forma tal que, os físicos dizem que estavam num ponto, num único ponto né, é... E o problema interessante é

pensar como é que é que a gente pode imaginar esse ponto (risos) essa singularidade, usa-se essa expressão singularidade, mas é, isso é uma coisa que foge da minha, foge da minha capacidade de entender é... ”.

Compreensão da situação relatada na unidade 4

O sujeito 5 mostra-se incrédulo quanto a premissa de que, toda a matéria que constitui o universo, estava concentrada em um ponto, muito quente e denso. Percebe-se assim, que o interlocutor 5 possui muitas inquietações sobre a origem do universo e por acreditar que este é um assunto complexo e prescindível, ele prefere abster-se da tentativa de tentar entender.

Unidade de Significado 5

“Pra minha cabeça é muita divagação porque eu desconheço a física que poderia talvez me fazer entender, fazer eu entender melhor esse começo e a gente sabe que tem físicos que estudam isso, né, que tem realmente como foco estudar como é que poderia se formar o universo, mas ele tem um conhecimento muito, muito alto de física, esses indivíduos né”.

Compreensão da situação relatada na unidade 5

Neste fragmento o sujeito 5 deixa transparecer a ideia de que somente os físicos e investigadores, dotados de um aguçado intelecto, são capazes de entender e fazer previsões a respeito da formação e estruturação do universo. Segundo essa linha de pensamento, interpretada a partir da unidade de significado, pode-se presumir que o sujeito 5 acredita que os demais indivíduos estão destinados a ficar imersos na zona conforto inerente ao senso comum.

Unidade de Significado 6

Geralmente quando a gente fala em importância, a gente vê aquilo que é mais prático ou mais visível da gente né, quando uma coisa parece não muito clara, parece que ela não tem muita importância. Pra mim... Eu diria assim hã... Que eu vejo a Cosmologia como uma coisa meio que ilegível, estudar como que o universo se formou e pra fins de ensino, em nível de licenciatura ou Ensino Médio hã... Me parece que aprofundar isso não parece uma coisa tão

importante é... Talvez para os físicos que vão trabalhar com pesquisas, vão além, vão fazer, fazem um bacharelado ou vão fazer um mestrado ou doutorado talvez seja mais interessante saber um pouco sobre, sobre essa questão de Cosmologia, mas assim para um primeiro momento não me parece fazer muita diferença saber sobre Cosmologia, saber como que o universo se formou e como vai se terminar, hã... Se é que tem sentido realmente a gente fazer esses estudos.

Parece um pouco de divagação (risos), embora para a área, para quem conhece pode não ser, mas pra questões práticas de ensino, parece que não faz muita diferença estudar Cosmologia ou não estudar, não vejo assim, grande, grande importância para seres que vivem 60, 70 anos no máximo, saber como é que se formou ou não o universo, pra que? (risos) É mais ou menos isso.

Compreensão da situação relatada na unidade 6

O discurso revela que o interlocutor 5 considera insignificante ensinar e aprender conceitos relativos à Cosmologia, em decorrência desta não ser suscetível a experiências práticas e não estar pautada em certezas absolutas. O sujeito 5 também evidencia que é irrelevante pensar, questionar e procurar compreender o mundo em que vive e o espaço que ocupa enquanto sujeito integrante do planeta Terra, do sistema solar e do universo como um todo.

Compreensão Ideográfica do sujeito de pesquisa 5

O discurso do sujeito 5 revela que o mesmo não considera fundamental, bem como não apresenta interesse em buscar compreender as questões que permeiam o pensamento humano, desde a antiguidade, isto é, entender de onde o homem veio e para onde ele vai. Segundo o interlocutor, procurar entender tais inquietações é uma tarefa complexa, se não impossível, visto que a Cosmologia é uma área de investigação que concentra as demais áreas de estudo, relacionadas à Física.

Para o sujeito 5, os acontecimentos cósmicos não estão relacionados com a vida cotidiana e, portanto, a abordagem dos mesmos não se faz necessário no âmbito do ensino, seja ele Ensino Médio ou Superior, pois segundo a perspectiva do interlocutor, não faz sentido propor discussões de conteúdos e conceitos relativos a Cosmologia, uma vez que a mesma,

está ainda em construção e, por conseguinte não é embasada em certezas absolutas e irrevogáveis.

A concepção do sujeito 5 a respeito de Cosmologia é oriunda das informações a que teve acesso, seja por meio de livros de divulgação científica, ou seja, decorrente do próprio ambiente acadêmico. Desse modo, percebe-se que o interlocutor concebe a teoria do big bang (estrondão) como sendo a que fornece explicações mais plausíveis para a origem e estruturação do universo, todavia o sujeito 5 evidencia não estar convicto que tudo o que se conhece surgiu a partir de uma singularidade inicial.

Em alguns momentos do discurso o interlocutor sorri. Este fato pode ser interpretado como sendo decorrente do espanto do sujeito 5 ao ser questionado sobre a sua concepção a respeito da Cosmologia e o seu ensino, porque para ele, estes temas são constituídos de muita divagação.

5.1.6. Sujeito de pesquisa 6

Unidade de Significado 1

“É o entendimento do universo, entender da onde a gente vem, para onde a gente vai, a evolução do universo”.

Compreensão da situação relatada na unidade 1

A compreensão do sujeito 6 sobre Cosmologia refere-se a uma definição precisa que vai ao encontro das questões fundamentais que nortearam o desenvolvimento de modelos cosmológicos “da onde a gente vem, para onde a gente vai”. O pequeno excerto também evidencia a sua concepção de que o universo está a expandir.

Unidade de Significado 2

“Bom, eu acredito na teoria do big bang, de evolução, de origem. E a evolução do universo que ele está se expandindo, que a gente não conhece ainda muita coisa, que tem muita coisa ainda para ser descoberta no universo, mas que nos últimos anos, cada vez mais a gente tem entendido mais sobre isso e aprendido mais sobre isso em função da evolução tecnológica, dos avanços de nossos telescópicos, de novas tecnologias, da evolução da própria física e o

entendimento das coisas, tanto do ponto de vista das teorias, que a gente vem estudando, quanto das, dos experimentos né, das tecnologias que a gente consegue usar para observar esse, esse universo”.

Compreensão da situação relatada na unidade 2

Ao ser instigado a refletir mais a fundo sobre as suas concepções cosmológicas, o sujeito 6 assume a teoria do big bang (estrondão) como sendo a responsável pela origem e evolução do universo, contudo considera que ainda há muito a ser estudado e descoberto, com auxílio do progresso da tecnologia. E, em consequência disso, o sujeito 6 deixa subentendido que as teorias, até então aceitas, estão sujeitas a serem reconsideradas.

Unidade de Significado 3

“Eu não sei como te dizer [longo intervalo]. Mais ou menos nessa ideia da gente somar no conhecimento que a gente tem e tentar montar uma teoria, tentar explicar as coisas, acho que a física, a astronomia, Cosmologia vem no sentido da gente observar as coisas e tentar explicar aquilo, então a gente tenta fazer teorias, agora com, por exemplo, com o acelerador de partículas para tentar recriar essas estruturas, estudar as partículas, estudar o mundo atômico e tentar recriar, pelo menos em teoria a ideia do big bang”.

Compreensão da situação relatada na unidade 3

A pausa no discurso pode ser interpretada como uma maneira de ter tempo para pensar em termos técnicos e científicos, adequados, para explicar quais seriam os pilares que dariam suporte a teoria do big bang (estrondão). Percebe-se nesse momento que o sujeito 6 demonstra estar nervoso e desconfortável na posição de interlocutor do discurso.

Após o longo intervalo de tempo, o sujeito 6 retoma o seu raciocínio e defende a opinião que a teoria do big bang (estrondão) desempenha o papel de fornecer explicações para os resultados observacionais, no entanto, o discurso apresenta certo conflito de ideias.

Unidade de Significado 4

“Uma das questões eu acho que é a interdisciplinaridade, que a gente pode conversar sobre vários assuntos com os alunos, hã... Os alunos entenderem um pouco sobre a nossa evolução, sobre como e de tudo isso, hã... Falar que a nossa vida aqui é um período curto e que toda essa evolução, evolução do homem em si é um período curto aqui frente à idade do sol, a idade da Terra, idade do universo”.

Compreensão da situação relatada na unidade 4

A interdisciplinaridade é destacada como um caminho a ser seguido na abordagem de conceitos relacionados à Cosmologia, visto que o sujeito 6 acredita que por meio da mesma é possível proporcionar aos estudantes o entendimento da evolução humana, bem como a compreensão da idade do universo. Todavia, ele não questiona a possibilidade das evidências, que levam a estas afirmações, possuírem divergências conceituais e até mesmo observacionais.

Compreensão Ideográfica do sujeito de pesquisa 6

A compreensão do sujeito 6 sobre Cosmologia refere-se à concepção que o universo está expandindo de acordo com os dados observacionais e com a previsão teórica do modelo cosmológico padrão, contudo o mesmo considera que ainda há muito a ser investigado e descoberto com o auxílio das novas tecnologias. Percebe-se assim que o sujeito 6 concebe o caráter provisório do conhecimento científico.

Ao dar uma pausa no seu discurso, o sujeito 6, evidencia estar desconfortável no papel de interlocutor, pois ele mostra-se inseguro e com receio de fazer explicações sobre a teoria do big bang (estrondão) que não estejam de acordo com a mesma. O silêncio também pode ser interpretado como uma carência de argumentos que solidificassem a sua concepção a respeito de que o universo teve um início e a partir disso sofreu uma evolução.

Em relação ao ensino da Cosmologia, o sujeito 6 defende que é possível tal abordagem, nos diferentes níveis de ensino e sugere a interdisciplinaridade como uma alternativa para isso. No entanto, é perceptível que o interlocutor somente atribui relevância a explicação de temas relacionados à evolução do universo.

5.2. AS CONVERGÊNCIAS DOS DISCURSOS DOS SUJEITOS

Tabela 5: As convergências dos discursos, agrupadas segundo as categorias encontradas

| CATEGORIAS | CONVERGÊNCIAS | | | | | |
|---|---|-----------|---------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Sujeito 1 | Sujeito 2 | Sujeito 3 | Sujeito 4 | Sujeito 5 | Sujeito 6 |
| 1ª Definição de Cosmologia | - | U-1 | U-1 | U-1 | U-1, U-2 | U-1 |
| 2ª Cosmologia como ciência | U-1, U-2, U-3, U-5, U-6, U-7, U-9, U-10, U-12 | - | - | U-5 | - | - |
| 3ª Importância dos resultados observacionais | - | U-3 | U-5 | - | - | - |
| 4ª Importância do contexto histórico e social | U-1 U-2, U-6 | - | - | - | - | - |
| 5ª A importância de fazer suposições no campo da Cosmologia | U-2, U-3, U-5, U-6 | U-4 | - | - | - | - |
| 6ª Cosmologia como área de integração | U-8 | - | - | - | - | - |
| 7ª Teoria do big bang (estrondão) e os seus pilares teóricos e/ou experimentais | U-10, U-11 | U-2, U-5 | U-2, U-3, U-4 | U-2, U-4 | U-3 | U-2, U-3 |
| 8ª Dúvidas do sujeito sobre o modelo cosmológico padrão | - | - | - | U-3 | U-4 | - |
| 9ª Ensino da Cosmologia | U-3, U-4 | U-6, U-7 | U-6, U-7 | U-5 | U-6 | U-4 |
| 10ª Insegurança e receio ao falar sobre Cosmologia | - | - | - | U-1 | U-1, U-2, U-3, U-6 | U-1 |
| 11ª Nervosismo e autoridade na concepção de Cosmologia | - | U-3 | U-5 | - | - | - |

5.2.1. 1ª Categoria: Definição de Cosmologia

Sujeito 2

U-1 “Hã... Cosmologia é essencialmente o estudo da origem e evolução do universo, portanto, é uma, é essencialmente a aplicação de física, portanto as leis da física, os princípios da física ao estudo do universo como um todo, portanto o universo em larga escala”.

Sujeito 3

U-1 “O que é estudar Cosmologia? Cosmologia é o estudo do universo em larga escala, portanto quando, quando, quando (*sic*) falamos do universo em larga escala, estamos a falar de escalas mesmo muito grandes, escalas que vão ter, portanto, a escala maior que conseguimos observar é da ordem de umas dezenas de milhares de milhões de anos luz, portanto o nosso universo, é um universo que tem uma idade cerca de quatorze mil milhões de anos e a luz desde o evento deste chamado big bang ou grande explosão, a luz, uma vez que não se desloca a uma velocidade arbitrariamente grande, portanto existe, tem uma velocidade finita hã... A luz consegue se deslocar desde esse instante cerca de quatorze mil milhões de anos luz, portanto, não é exatamente assim que o universo expande, à medida que a luz percorre, mas é mais ou menos isso que acontece, portanto nós temos acesso do ponto de vista de informação, quando escala do universo () temos acesso a essa região do universo a que chamamos nosso horizonte e portanto, o estudo do universo, portanto a Cosmologia abrange desde essa escala, que é a escala máxima que conseguimos obter informação, até hã...”.

Sujeito 4

U-1 “Cosmologia é o estudo do surgimento do universo, pra mim é isso”.

Sujeito 5

U-1 “O que é Cosmologia pra mim? Bom, não tenho muito conhecimento sobre Cosmologia, também nunca fui muito a fundo, talvez até porque ela puxe por partes da física que eu não tenho muito domínio, é... Eu não tenha muito buscado o estudo da Cosmologia. É... Eu sei que ela envolve bastante conhecimento da teoria da relatividade geral de Einstein, física quântica e além do que eu diria que assim, ela é uma, é uma área um pouco distante do nosso dia-a-dia e... Parece assim um estudo ainda um pouco é... Ainda divaga muito para o meu gosto, digamos assim né (risos), é assim que eu penso pelo menos”.

U-2 “É o estudo do universo, estudo do cosmos mais especificamente o estudo dos tipos de universo que existem, as formas de universo que existem, hã... Como que o universo se formou, possibilidades, como que ele pode terminar, se é que vai haver um fim, como vai terminar esse universo, né. E como a gente conhece o estudo de... Tá (*sic*) envolvendo o estudo de matéria escura que a gente ouve falar tanto hoje, energia escura, mas que eu particularmente não sei exatamente o que é, hã... Essas possibilidades de outras missões, viagens, viagem através de buracos de minhoca, como a gente diz, é uma expressão na teoria

da relatividade seja, existir talvez outros universos, é... Pra mim é o estudo do universo né, eu entendo isso como sendo Cosmologia, tá, então eu não vou abrir mais isso, porque realmente não tenho muita, muito conhecimento na área”.

Sujeito 6

U-1 “É o entendimento do universo, entender da onde a gente vem, para onde a gente vai, a evolução do universo”.

Compreensão Eidética das convergências na primeira categoria

Os interlocutores discorrem sobre suas concepções a respeito da Cosmologia. E, estas definições convergem para a ideia que esta ciência se destina ao estudo do universo, desde o seu início até sua estruturação e possível evolução. Percebe-se que os discursos não apresentam divergências quanto à compreensão, contudo diferem no que se refere à abrangência de suas argumentações, pois, alguns sujeitos descrevem seu entendimento acerca da Cosmologia, de modo sucinto e por vezes, impreciso.

O estudo do universo, segundo as perspectivas dos sujeitos de pesquisa, é complexo e intrigante, uma vez que, implica questões que o homem ainda não conseguiu responder, em decorrência de se deparar com escalas muito grandes, as quais não são passíveis de observações.

5.2.2. 2ª Categoria: Cosmologia como ciência

Sujeito 1

U-1 “Como eu digo, a educação no sentido mais “lato” possível do termo, educação no sentido de certezas, eu penso que esta... Não é educação do século XXI. Não há mais certezas, já não há mais verdades com v maiúsculo, verdades com v minúsculo, verdades contextuais, verdades históricas, verdades que são construídas socialmente, etc, etc... E cada um vai encontrar... O objetivo da educação é permitir que cada um faça uma imagem do mundo que seja consistente com a sua história pessoal, claro isso não quer dizer esquizofrenia completa, a minha visão de mundo tem que ter alguma coisa em comum com a sua visão de bom senso, senão não há nenhum diálogo possível, mas é perigoso quando todas as visões de mundo convergem para uma única visão de mundo e isso é o perigo que corremos não, não só no nosso tempo, mas muitas das maiores tragédias da história da humanidade tem a ver com isso,

certezas absolutas em regimes políticos de sistemas educacionais, todas as pessoas tinham que saber aquelas verdades e aquelas eram as únicas verdades, isso é trágico, isso é trágico e a humanidade sempre que caiu nesse, nesse, nesse (*sic*) terreno hã... Deu origem as guerras mais sangrentas e mais desumanas possíveis hã...”

U-2 “[...] Entender essa dimensão histórica, entender que de fato o conhecimento hoje satisfaz é uma construção que satisfaz aqueles constrangimentos observacionais da Cosmologia são os atuais, percebermos que qualquer novo fato observacional pode fazer esse edifício desmoronar ou fazer esse edifício ficar mais sólido é muito importante e talvez em nenhuma outra atividade científica hã... Uma visão de conjunto seja tão importante, se, não sei... [...]”.

U-2 “[...] E depois quando vejo a dinâmica do universo nas maiores escalas tem que colocar uma coisa que supostamente que não, não deveria existir que é a energia escura, portanto, se colocar entidades que não são vistas, você diz pronto, isso é novo, não, não é novo, a ciência é toda história da ciência é assim, os átomos não eram vistos, mas foram postulados teoricamente antes de serem observados experimentalmente, hã...”.

U-3 “A ciência vai postulando novos objetos que vão cumprindo certas funções, não é e isso é imaginação criadora, não está escrito num livro texto que tem que deve ser assim, portanto, o texto vai se adaptando a descrição que vamos fazer. Cosmologia, tivemos que introduzir pelo menos duas entidades, a energia escura e a matéria escura, mas hã... Isso se assumirmos que a teoria da relatividade geral é a teoria que descreve o espaço-tempo, mas novamente, nós não sabemos e eu penso que hã... [...]”

U-5 “Nos limites da ciência não há respostas específicas, nós não sabemos a resposta e é aí diferença entre certezas e investigação, não é, entre investigação aplicada e investigação... Investigação abstrata, investigação abstrata nós não sabemos a resposta, a investigação aplicada nós sabemos onde queremos chegar que é muito simples certo, quer dizer eu tenho um produto e quero melhorar aquele produto de algum ponto de vista hã... [...]”.

U-6 “A imagem que nós fazemos do, do mundo certo, corresponde a fundamentalmente duas coisas, as nossas expectativas teóricas, são necessariamente e as nossas observações, hã... Isso fazemos desde sempre, desde sempre não é, nos tempos memoriais temos uma imagem do mundo que correspondia a maneira primitiva de pensar, hã... Pronto, que refletimos são os rumores, as indisposições, as boas disposições dos deuses, etc, etc... São maneiras de explicar os fenômenos, certo, mas qual, qual a deficiência básica dessa forma de raciocinar, que não é qualquer capacidade de fazer previsões não é, a ciência permite nos fazer previsões, não é, portanto, quando se criamos uma imagem do mundo, essa imagem do mundo, quer dizer, é uma imagem plausível, se ela cientificamente bem fundamentada, no caso Einstein,

tinha dois fatos importantes que, que apoiavam a imagem que ele fez do mundo, a primeira que curiosamente, curiosamente, aqui estamos a falar do maior, não é o maior erro de Einstein, talvez o maior erro científico de toda a história da humanidade, imagine esse senhor, certo, em 1917, tiver chegado à conclusão de que o universo estava em expansão por argumentos puramente teóricos, foi o que ele obteve em 1917, certo, seria a maior descoberta de sempre, literalmente, certo, o que... era o que as equações diziam, o que impediu o de dar esse passo fundamental ? [...]"

U-7 “Einstein criou uma maneira completamente diferente, ele disse não, a teoria precede tudo, nós olhamos o mundo porque temos uma teoria, nós nunca olhamos o mundo em termos de fatos em bruto hã... A demonstração mais básica disso é o nosso corpo, nosso corpo só nos permite através da visão ver o espectro do visível, através da pele o infravermelho, temos nós uma teoria dentro de nós certo, nós só conseguimos ter um... Essa é uma teoria para discutirmos o mundo não é, e para interagir com o mundo não é, Einstein disse não, a maneira segundo a qual interagimos são as teorias científicas, elas que determinam como eu vou ver a natureza, quais são os observáveis que interessam, antes eu pensava que certo, que hã... Eu fazia experimentação depois criava teoria, não, Einstein inverteu essa ordem, hoje isso é uma fatalidade mas no seu tempo isso foi considerado uma subversão, tanto é que a reação foi violentíssima, chamavam isso de ciência judia não é, são judeus que hã... São seres híper intelectuais que intelectualizam tudo, problematizam tudo, a ciência não é assim e uma porção havia essa ciência ariana, não é, que começaram com os fatos observacionais não é, com a experimentação. Sim hoje sabemos, não é, que não existe experimentação que faça sentido se eu não tiver uma teoria, o que eu vou experimentar? ”

U-9 “Portanto, sim o Einstein tinha uma ideia teórica, essa ideia teórica não estava, não estava pronta para o seu tempo, se obrigou a voltar atrás ao invés de levar a sério essa, essa solução espaço-tempo, na qual o universo expandia e optou por uma solução estática e depois teve que alterar as equações, depois como o universo expandia ele pensou pronto, então esse termo é desnecessário, mas como a história é cheia de, de, cheia de sutilezas hoje estamos de volta com esse termo, esse termo é importante para muitas coisas, pode ser, pode ser o termo que explica a expansão acelerada do universo, pode ser, não sabemos.”

U-10 “[...] Certo, se eu tenho um quebra-cabeças certo, falta só uma peça e alguém me traz uma peça que não encaixa naquela, certo, eu percebo que aquele quebra-cabeça não está completo não é, e eu penso que é mais ou menos a situação que temos hoje, não conseguimos, primeiro não conseguimos completar o quebra-cabeças tal como ele se apresentam, não estão

lá todas as peças e algumas peças é claro que não se encaixam com as peças já existentes, portanto, significa que, sim está tudo por fazer ainda em certa medida e isso é ótimo.”

U-12 “E, eu penso que a Cosmologia tem esse aspecto que talvez nenhuma outra ciência tenha não é, é que coloca-nos numa escala tão insignificante, as distancias envolvidas, as escalas de tempo são tão, são tão inimagináveis que a escala da nossa vida, a escala cotidiana que vivemos é, é, é (*sic*) absolutamente insignificante, não é. E só, só (*sic*) aqueles que raciocinam de uma forma muito, muito primitiva puderam alguma vez pensar que nós estávamos no centro do mundo, no centro dos acontecimentos cósmicos”.

Sujeito 4

U-5 “[...] é importante que os estudantes lá da educação básica tenha essa perspectiva que a ciência, ela é uma construção humana, a gente não trabalha com a realidade diretamente, a gente trabalha sempre com modelos sobre a realidade e que eu posso escolher modelos melhores, modelos piores, acho que do ponto de vista epistemológico é muito importante”.

Compreensão eidética das convergências na segunda categoria

A Cosmologia entendida como uma ciência que não apresenta um método único e universal que norteia a atividade científica está evidente no discurso do sujeito 4 e principalmente no sujeito 1. Ambos compreendem que a Cosmologia não se desenvolve por meio de um método rígido e restritivo, mas pelo contrário o conhecimento científico inerente à mesma é derivado do esforço de muitos cientistas, os quais em suas trajetórias cometem equívocos, elaboram e reformulam hipóteses, a fim de tentar solucionar os problemas que lhe são propostos. Para Ostermann e Cavalcanti (2011, p.30) “[...] quando um cientista trabalha na fronteira do conhecimento, é a capacidade de formular perguntas consistentes e profundas que trará diferencial a esse cientista”.

Nessa perspectiva, FEYERABEND (2007, p. 37) acrescenta que

A ideia de um método que contenham princípios firmes, imutáveis e absolutamente obrigatórios para conduzir os negócios da ciência depara com uma considerável dificuldade quando confrontada com os resultados da pesquisa histórica. Descobrimos, então, que não há uma única regra, ainda que plausível e solidamente fundada na epistemologia que não seja violada em algum momento. Fica evidente que tais violações não são eventos acidentais, não são o resultado do conhecimento insuficiente ou de desatenção que poderia ter sido evitada. Pelo contrário, vemos que são necessárias para o progresso. Com efeito, um dos aspectos mais notáveis das recentes discussões na história e na filosofia da ciência é a compreensão de que eventos e desenvolvimentos como a invenção do atomismo na Antiguidade, a Revolução Copernicana, o surgimento do atomismo moderno (teoria cinética, teoria da dispersão, estereoquímica, teoria quântica) e a emergência gradual da teoria

ondulatória da luz ocorreram apenas porque alguns pensadores *decidiram* não se deixar limitar por certas regras metodológicas “óbvias”, ou porque as *violaram inadvertidamente*.

Nos demais discursos, percebe-se que há muitas lacunas quanto à compreensão da Cosmologia como ciência. Tal fato permite depreender que os outros sujeitos de pesquisa, em determinados momentos de suas respectivas falas, colocam a Cosmologia no campo das certezas e, portanto, desconsideram que o conhecimento científico que se tem acesso atualmente, apresenta um caráter provisório, que pode ser confrontado e modificado no decorrer do desenvolvimento de modelos cosmológicos.

O estudo de teorias cosmológicas desperta o interesse e instiga a especulação e a imaginação não só dos cientistas, mas também da humanidade e todas essas concepções contribuem para o desenvolvimento da Cosmologia, uma vez que, a atividade científica não é neutra, mas sim encontra-se impregnada de pressupostos e preconceitos que desempenham um papel fundamental no progresso da ciência.

5.2.3. 3ª Categoria: importância dos resultados observacionais

Sujeito 2

U-3 “Eu acho que até a pouco tempo, até a vinte anos digamos a Cosmologia era uma aérea de exploração livre no sentido do que quase não havia dados observacionais, portanto havia imensas teorias poderiam ser postuladas, muito dificilmente eram separáveis (), hoje não é o caso, Cosmologia é totalmente liderada e impulsionada, catalisada por resultados observacionais, portanto é extremamente difícil a existência de modelos alternativos que estejam em desacordo com, com a descrição global que temos do universo, as teorias podem diferir em pequenos detalhes, teorias são, não são necessariamente fáceis de testar como já testamos atualmente, mas em termos de visão global se quiseres, estrutura global da teoria, imagem conceitual, essa, essa (*sic*) imagem está muito bem conhecida do ponto de vista observacional, portanto é praticamente impossível ter uma descrição que seja completamente diferente dessa...”

Sujeito 3

U-5 “Houve no passado, a teoria do universo estacionário, mas esta é uma teoria que está completamente posta de parte, de alguma maneira existem fatos no nosso universo que tem

alguma semelhança hã... Com aquilo que era previsto por essa teoria, mas só isso e basicamente essa teoria não explica aquilo que nós observamos no universo”.

Compreensão Eidética das convergências na terceira categoria

Nessa categoria os dados observacionais configuram-se como uma comprovação do modelo cosmológico padrão. É atribuída excessiva importância às mesmas, contudo, de acordo com a concepção de Chalmers (1993, p.57)

A ciência não começa com proposições de observação porque algum tipo de teoria as precede; as proposições de observação não constituem uma base firme na qual o conhecimento científico possa ser fundamentado porque são sujeitas a falhas. Contudo, não quero afirmar que as proposições de observação não deveriam ter papel algum na ciência. Não estou recomendando que todas elas devam ser descartadas por serem fálveis.

Como a Cosmologia é uma ciência observacional, os resultados observacionais merecem prestígio e consideração, todavia estes podem ter diferentes interpretações, oriundas de pesquisadores que as compreendem segundo teorias distintas e, portanto, também merecem e atenção e respaldo.

Já nos demais discursos, os sujeitos da investigação não evidenciaram consideração à observação como fator determinante para a validação de teorias.

5.2.4. 4ª Categoria: importância do contexto histórico e social

Sujeito 1

U-1 “Como eu digo, a educação no sentido mais “latu” possível do termo, educação no sentido de certezas, eu penso que esta... Não é educação do século XXI. Não há mais certezas, já não há mais verdades com v maiúsculo, verdades com v minúsculo, verdades contextuais, verdades históricas, verdades que são construídas socialmente, etc, etc... E cada um vai encontrar... O objetivo da educação é permitir que cada um faça uma imagem do mundo que seja consistente com a sua história pessoal, claro isso não quer dizer esquizofrenia completa, a minha visão de mundo tem que ter alguma coisa em comum com a sua visão de bom senso, senão não há nenhum diálogo possível, mas é perigoso quando todas as visões de mundo convergem para uma única visão de mundo e isso é o perigo que corremos não, não só no nosso tempo, mas muitas das maiores tragédias da história da humanidade tem a ver com isso, certezas absolutas em regimes políticos de sistemas educacionais, todas as pessoas tinham que saber aquelas verdades e aquelas eram as únicas verdades, isso é trágico, isso é trágico e a

humanidade sempre que caiu nesse, nesse, nesse (*sic*) terreno hã... Deu origem as guerras mais sangrentas e mais desumanas possíveis hã...”

U-2 “[...] Educar significa transmitir conteúdos, mas significa acima de tudo ensinar a pensar, do meu ponto de vista e hã... É nesse contexto que, por exemplo, ensinar, ensinar assuntos avançados, Cosmologia sendo um destes casos é particularmente exigente, posso seguir um livro texto, mas também hã... Tem que pôr ao mesmo tempo hã... Isso num contexto histórico, num contexto evolutivo e se não percebermos essa dimensão evolutiva do conhecimento podemos cair em armadilhas muito perigosas, hã... [...]”.

U-6 “[...] Hã... A imagem que tínhamos do mundo e a culpa não era dele, ele não era astrônomo, os astrônomos diziam as estrelas estão fixas, certo, se as estrelas estão fixas, não há razão alguma para o universo estar a se expandir ou o universo estar a contrair, mas isso era a solução das equações, portanto ele assumiu provisoriamente, temporariamente que as equações estavam erradas e colocou lá um termo nas suas equações certo, e conseguiu manter, ainda que precariamente o universo com a posição das estralas fixas, no mesmo ano, no mesmo ano um colega, um astrônomo demonstrou que mesmo com aquele termo que ele tinha introduzido para manter o universo estável, o universo expandia, portanto não era por causa daquele termo... E, estamos aqui em 1917, seis anos depois, o astrônomo norte-americano Hubble demonstrou que Andrômeda era outra galáxia, não era... O universo não era um amontoado de galáxias, eram milhas separadas umas das outras hã... E, portanto quando falo da dinâmica do universo, eu tenho que olhar para as galáxias e não para as estrelas que, enquanto que, pronto, os astrônomos estavam olhando para... Em 1917 pensavam que todas as galáxias estavam amontoadas umas nas outras, portanto não faz mal se essas estrelas, essas estrelas são representantes de tudo não é, mas essa a astronomia em 1917, não é a astronomia... Portanto, o Einstein propôs a responder um problema para o qual a astronomia não estava pronta, portanto a imagem que a astronomia tinha do mundo estava equivocada, foi isso que o impediu de chegar nessa solução absolutamente extraordinária, seria uma descoberta absolutamente incrível, o universo está em expansão por argumentos puramente teóricos, por isso que é... [...]”.

Compreensão Eidética das convergências na quarta categoria

A relevância do contexto histórico e social no desenvolvimento da Cosmologia, enquanto ciência, é amplamente explanada pelo sujeito 1 nesta categoria. Ele considera que

estes contextos exercem influência, direta ou indiretamente, no modo em que o cientista vai guiar os seus estudos e fazer suas postulações, pois

[...] é essencial compreender a ciência como um corpo de conhecimento historicamente em expansão e que uma teoria só pode ser adequadamente avaliada se for prestada a devida atenção ao seu contexto histórico. A avaliação da teoria está intimamente ligada às circunstâncias nas quais surge” (CHALMERS, 1993, p. 60).

Vale ressaltar, no entanto, que os demais discursos não atribuem consideração significativa aos aspectos históricos e sociais, o que pode corroborar para a possibilidade dos mesmos apresentarem visões deformadas da ciência, pois, nas palavras de Feysabend (2007, p.33)

A história da ciência, afinal de contas, não consiste simplesmente em fatos e conclusões extraídas de fatos. Também contém ideias, interpretações de fatos, problemas criados por interpretações conflitantes, erros e assim por diante. Em uma análise mais detalhada, até mesmo descobrimos que não conhece, de modo algum, “fatos nus”, mas que todos os “fatos” de que tomamos conhecimento já vimos de certo modo e são, portanto, ideacionais. Se é assim, a história da ciência será tão complexa, caótica, repletas de enganos e interessantes quanto à mente daqueles que a inventaram.

Conforme Feysabend (2007) ressalta, a história da ciência é permeada por interpretações conflitantes, que com efeito favorecem e propiciam o desenvolvimento da ciência, em distintos contextos históricos sociais.

5.2.5. 5ª Categoria: a necessidade de se fazer suposições no campo da Cosmologia

Sujeito 1

U-2 “[...] Em particular no caso da Cosmologia, Cosmologia não é uma ciência experimental e por não ser uma ciência experimental baseia-se em observações, observações em porções diminutas do universo observável, hã... Portanto, as extrapolações são sempre, são sempre um salto não no vazio, mas um salto de fé, hã... São essencialmente assumir que aquilo que observamos correspondem a porções importantes do universo como um todo hã... Se é que podemos falar de um universo, já fala-se em multiversos, falamos de multiversos hã... Sim, esse é o preço que que podemos ter que pagar se darmos larga a imaginação... imaginação teórica sempre esteve conosco, portanto hã... [...]”

U-2 “[...] Eu posso te dar matéria condensada, os instrumentos são todos mais ou menos conhecidos, os instrumentos experimentais, os instrumentos teóricos e a única coisa a qual deve estar preparada para usar é a minha imaginação para perceber que a configuração de átomos é diferente daquela e eu posso agora construir ou inventar literalmente, eu invento

num laboratório novos materiais, com novas propriedades as regras são bem conhecidas hã... No que se refere à estrutura do universo, no que refere-se à estrutura íntima, mais, mais (*sic*) íntima da matéria, as regras ainda estão por serem, por serem desvendadas e essa que é a grande diferença, não sabemos quais são os constituintes, quer dizer, se assumimos, no caso da Cosmologia moderna a relatividade geral que é a teoria do espaço-tempo, que tem necessariamente uma solução, essa solução dessas equações é o nosso universo, certo, para termos a solução do “nosso universo”, precisamos saber exatamente quais são os constituintes, nas proporções corretas, portanto a Cosmologia vamos dizer mais praticada hoje faz é, dizer pronto os constituintes que nós identificamos são as partículas elementares conhecidas, depois eu sou obrigado quando olho para as galáxias, os exames de galáxias, etc. Tenho que colocar mais matéria do que vejo, veja que já é mais hã... [...]”.

U-3 “A ciência vai postulando novos objetos que vão cumprindo certas funções, não é e isso é imaginação criadora, não está escrito num livro texto que tem que deve ser assim, portanto, o texto vai se adaptando a descrição que vamos fazer. Cosmologia, tivemos que introduzir pelo menos duas entidades, a energia escura e a matéria escura, mas hã... Isso se assumirmos que a teoria da relatividade geral é a teoria que descreve o espaço-tempo, mas novamente, nós não sabemos e eu penso que hã... [...]”

U-5 “[...] Quero que essa máquina tenha o mesmo peso, mas com uma bateria que dure duas vezes mais, não é, o contexto é muito específico, não é... Quem estuda materiais agora hã... Eu quero que uma certa quantidade de elétrons, elétrons livres tem que ser o dobro, certo, para a mesma unidade de volume, certo, hã... À medida que eu vou colocando os problemas vão ficando cada vez mais claros hã... Mas, se transplantássemos a mesma questão para o universo, nós não sabemos, nós não sabemos nem as leis que estão... Estamos tentando apalpar, estamos tentando hã... É muito mais difuso do que isso e talvez por isso que a Cosmologia seja, seja paradigmática sobre esse ponto de vista, não, como disse, repito, Cosmologia não é observacional, quer dizer não é experimental, é observacional, é verdade que alguns fatos são, são muito próximo daquilo que extraímos do laboratório, quando olhamos para a radiação cósmica de fundo, essa radiação tem propriedades que são exatamente aquelas certo, que nós observamos quando analiso o espectro hã... De emissão de qualquer fonte luminosa ou birrado, etc. Portanto, sob esse ponto de vista sim temos o objeto, um objeto muito bem definido para os quais as propriedades físicas damos todas as respostas, mas hã... Quando falamos, quando falamos de coisas muito menos específicas, como a distribuição das, das galáxias, como quais são as sementes que devem dar origens a essas estruturas, quais são as protogaláxias, quais são os, os constituintes ainda mais

fundamentais quando essa estrutura não existia, estamos aqui a procurar coisas muito mais difusas não é, e aí é entra necessariamente aquela, aquela componente imaginativa que mencionamos não é, falar... A discussão fica mais abstrata ao falarmos em termos de campos, campos que não conhecemos, porque sabemos que os campos conhecidos não explicam a dinâmica observada, portanto não sabem coisas que desconhecemos, nós vamos nos perguntar hã... [...]"

U-6 “[...] costume chamar, eu gosto de chamar desse jogo e tanto é que posso demonstrar que gosto de chamar dessa forma, eu gosto de chamar isso de escolhas cósmicas, certo. Todo teórico faz um conjunto de escolhas, és uma imagem do mundo, essas escolhas correspondem as, as, as aos termos (*sic*) que colocam nas suas equações, a matéria que coloca em cada um dos, dos termos, aos valores numéricos que esses termos assumem, é uma escolha hã... Essa escolha puramente teórica, mas claro ela tem que ser pra que não seja um exercício fútil tem que ter alguma coisa a ver com a realidade e todo e todo e todo o teórico já, já, já (*sic*)... Teve essa frustração toda vez que ele tenta capturar alguma ideia teoricamente através das observações conclui que ou ele é mal sucedido ou as observações não estão prontas para fazer aquelas.... Mas, por isso que eu chamo, eu julgo de escolhas cósmicas, temos que escolher aquilo que, o nosso universo, nós temos que escolher o nosso... Esse universo que está na minha folha de papel, não é, hã...”

Sujeito 2

U-4 “[...] isso não quer dizer que a visão que temos do mundo atualmente seja completamente correta e de fato há coisas que nós não sabemos, 96 % do conteúdo do universo são coisas que chamamos de matéria escura, energia escura que nós nunca detectamos em laboratório, deveria ser indireta observacional pelo fato delas existirem, mas nunca as vimos em laboratório, então da mesma forma que, já vimos um elétron um próton no laboratório...”

Compreensão Eidética das convergências na quinta categoria

Ao estudar o universo, percebe-se que a comunidade científica tem informações que correspondem a porções ínfimas do mesmo e, portanto, é necessário e essencial que sejam feitas suposições de entidades desconhecidas, bem como sejam propostos experimentos puramente teóricos na tentativa de buscar explicações que satisfaçam as observações e inquietações da sociedade.

A componente imaginativa constantemente permeou o pensamento dos cientistas e proporcionou que muitos avanços fossem alcançados no desenvolvimento da Cosmologia, uma vez que “as teorias podem ser, e geralmente são, concebidas antes de serem feitas as observações necessárias para testá-las” (CHALMERS, 1993, p. 59- 60).

5.2.6. 6ª Categoria: Cosmologia como área de integração

Sujeito 1

U-8 “[...] é um diálogo constante entre, entre o teórico, o teórico da gravitação com o teórico da física de partículas, o teórico da gravitação com o teórico da astrofísica, o teórico com o teórico da física nuclear e assim sucessivamente, portanto Cosmologia transformou-se necessariamente numa área de integração do conhecimento”.

Compreensão Eidética das convergências na sexta categoria

A Cosmologia carece da contribuição das distintas áreas do conhecimento, todavia tal concepção somente está presente no discurso do sujeito 1, os demais interlocutores não estabeleceram relação entre ela e as diferentes áreas de estudo e pesquisa. Segundo, Ostermann e Cavalcanti (2011, p.7) “uma crítica ainda válida atualmente à comunidade científica, na qual grande parte dos cientistas trabalha em nichos restritos de conhecimento e poucos sequer buscam tomar conhecimento do histórico, filosófico e cultural da Ciência”. Desse modo, percebe-se que a Cosmologia apenas desenvolve-se em conjunto com todo o contexto que a cerca.

5.2.7. 7ª Categoria: os pilares da teoria do big bang (estrondão)

Sujeito 1

U-10 “Portanto, se assumirmos, se assumirmos a relatividade geral que é claramente um dos pilares teóricos, então, teremos eu diria que duas vertentes muito claras, uma que temos que ter matéria escura porque como eu disse as galáxias não rodam como deveriam, hã... Como os enxames de galáxias hã... Têm fragmentos de galáxias com velocidades muito maiores do que aquilo que seria supor se observássemos só a matéria visível, certo, a ideia é muito simples, se esse sistema, se esse sistema é fechado é porque tem energia gravitacional para mantê-lo fechado, mas eu mecho energia luminosa visível e chego à conclusão que eu tenho

dez vezes menos matéria que deveria para manter esse sistema coeso, portanto tem que haver alguma coisa que eu não vejo, certo, matéria escura, hã... Eu vejo luz ser curvada nas vizinhanças de galáxias ou enxames de galáxias de uma forma que não pode ser explicada através do que eu vejo, não é, com a matéria visível, novamente tem que ter mais matéria e assim sucessivamente, portanto hã... Todas as observações colocadas juntas, não é, dão a ideia de que exista a matéria escura, portanto esse é um pilar importante, outro pilar é que essa expansão acelerada, ou seja, seja do fato de existirem objetos muito muito distantes cuja a luz é mais tênue, mais fraca do que supúnhamos, supúnhamos num universo em expansão hã... Exige que esse universo esteja expandindo mais rápido do que supúnhamos, portanto esse é um outro pilar que se da origem a chamada energia escura e finalmente pronto, a base teórica disso tudo é que hoje chamamos o modelo padrão cosmológico que envolve relatividade geral e todas as áreas da física hã... Que, que nós conhecemos, física de partículas, modelo padrão das partículas fundamentais, modelo, modelo da física nuclear e assim sucessivamente, portanto o que nós temos é uma imagem, as peças do quebra cabeça vão sendo montadas gradativamente, algumas peças estão bem encaixadas outras não, mas hã... [...]"

U-11“Esses objetos (quasares) são aquilo que costuma-se designar por núcleos ativos de galáxias, portanto são galáxias que são anormalmente ativa do ponto de vista de emissão de energia, existem vários exemplos dessas galáxias, galáxias que emitem predominantemente no visível, há galáxias que emitem fortemente no rádio e assim sucessivamente, várias vertentes, mas mais recentemente observou-se alguma dessas galáxias com emissão variável, isso parece, parece banal mas não é tão banal com isso porque estava a ver se uma coisa varia num escala cósmica, estamos a falar de milhões e milhões de anos, portanto tem que fazer medições durante milhões e milhões de anos não é, ou então essa variação é tão abrupta que pode ser observada não é, e de fato alguns desses objetos hã...A luminosidade varia em escala () o que é extraordinário, portanto, estamos aqui a falar de objetos muito distantes, muito ativos e pelo fato de serem muito ativos emitem muita energia, portanto podem ser vistos a grandes distancias hã...”

Sujeito 2

U-2 “Hã... Aquilo que nós sabemos é que o universo começou, pelo menos a região do universo que nós observamos começou num estado extremamente quente extremamente denso, hã... Muito mais simples, simples do ponto de vista da física, há uma definição técnica de simplicidade em física, se você quiser podemos falar disso mais tarde hã... Começou nesse estado simples mais quente e denso e a partir daí foi evoluindo, portanto foi

expandindo, arrefecendo e gradualmente foram se formando as estruturas que nós observamos em grande escala, as galáxias, os enxames de galáxias, etc. E esse processo de evolução das estruturas é essencialmente um processo gravitacional que se deve ao fato da interação gravitacional ser sempre uma força atrativa, mas precisa de mecanismos para gerar flutuações iniciais de densidade, são esses mecanismos é uma questão um pouco diferente das que hoje em dia estão a estudar, está a teoria do big bang muito bem fundamentada”.

U-5 “[...] há três pilares observacionais do modelo padrão da Cosmologia, chamado modelo do big bang. O primeiro é o fato de o universo estar a expandir e as escalas das galáxias, galáxias se afastarem entre si com uma velocidade que pelo menos em uma primeira aproximação é proporcional a distância entre elas, isso chama lei de Hubble que não é completamente rigorosa, mas é uma boa aproximação, portanto é válida a escalas quilômetros por um, hoje em dia, se fizer essas observações em escalas muito, muito grandes hã... Há pequenas correções, que são correções relativísticas que tem a ver com a curvatura do universo, etc. Mas em primeira aproximação a lei de Hubble é válida e uma aproximação direta do modelo, portanto que foi confirmada, portanto esse é o primeiro pilar. O segundo é, é aquilo que chamamos da síntese primordial, abundancia primordial dos elementos leves, o hidrogênio, o hélio o lítio foram formados no início do universo, mais ou menos nos três primeiros minutos do universo e o modelo prevê isso muito bem, consegues prever todas essas abundancias que tendo apenas um parâmetro livre, que é essencialmente o cociente entre o número de bárions, prótons, nêutrons e o número de fótons que está em exceção e esse único parâmetro controla todas as abundancias ativas desses elementos, portanto isso também está muito bem estudado, muito bem documentado, e o terceiro que a existência de algumas propriedades mais simples da radiação cósmica de fundo, a radiação cósmica de micro-ondas, o universo por já hã... Uma vez já foi mais quente e mais denso, essa radiação primordial ainda está no universo, por definição não é nada fora do universo simplesmente esse ponto de radiação é hoje muito mais frio, com uma temperatura de aproximadamente 2,7 K hã... E essa temperatura foi detectada e não só foi detectada, mas as propriedades estatísticas dessa temperatura são conhecidas, foram caracterizadas e mais uma vez estão () se quiseres em primeira aproximação são as três grandes previsões do modelo do big bang que foram confirmadas”.

Sujeito 3

U-2 “Hã... Eu gosto sempre quando falamos do universo, gosto sempre de da uma regra de que, para que, daquilo que está bem estabelecido para aquilo que não está bem estabelecido. E

aquilo que está bem estabelecido é a evolução do universo, hã... Não próximo do big bang, mas desde cerca de um segundo depois da grande explosão, portanto a partir do segundo de vida, há uma série de acontecimentos no universo, que tem consequências que nós podemos observar e podemos comparar aquilo que os nossos modelos preveem com aquilo que é observado, portanto disso podemos testar a previsão desses modelos e os modelos que temos para o universo dão uma descrição bastante precisa daquilo que nós observamos, portanto desde o início da idade () até a idade atual do universo. Que se passa se ao invés de andar para frente no tempo, andarmos para traz, aquilo que se passa é que, uma vez que e o nosso universo está a expandir, se andarmos para traz no tempo ele vai se tornar cada vez mais denso, cada vez mais compacto e também à medida que expande isso faz com que o comprimento de onda das partículas sejam esticadas, portanto passa-se aquilo que chamamos de desvios para o vermelho, portanto hã... Por exemplo, a luz azul transforma-se em luz vermelha devido à expansão do universo, portanto os comprimentos crescem e a energia da luz torna-se cada vez menor () se nós formos para traz no tempo é exatamente o contrário que acontece, o que acontece é que a medida que caminhamos para o big bang as partículas do universo tem cada vez mais energia e portanto, as escalas de energia em que são formadas são cada vez maiores e portanto, chegam a uma determinada altura que conseguimos atingir energias tão grandes que nós não somos, não temos capacidade para na Terra construir aceleradores de partículas que consigam atingir essas energias e, portanto, estamos a entrar, se quiseres na física que é desconhecida e o que é interessante é que essa física que é desconhecida ou quando tu queres conhecer () nós não somos a parte de estar em laboratório na terra, portanto nem nos grandes aceleradores de partículas essa física que é um bocadinho especulativa pensa-se que poderá ter sido responsável pelas estruturas que nós hoje observamos no universo”.

U-3 “[...] se olharmos em muito larga escala, portanto a escala cosmológica então, o universo é aproximadamente homogêneo isotrópico e está a se afastar, nós verificamos esse desvio para o vermelho que evidencia que está a se afastar, quer dizer os objetos estão a se afastar, os objetos distantes estão a se afastar de nós, essa é uma evidencia científica para a expansão do universo, depois existem outros aspectos, a expansão não se da sempre da mesma forma, existe uma dinâmica”.

U-4 “Quando se fala da teoria do big bang, é importante distinguir dois aspectos. Um aspecto é o que acontece no universo próximo ao Big bang e relativamente o que acontece próximo ao big bang é hã... Há muita incerteza, portanto, o universo pode até nem ter tido o big bang,

portanto relativamente a isso há muita liberdade, do ponto de vista da construção de modelos e quando se diz que o termo big bang é nesse sentido”.

“Agora, é possível, não é impossível, que o universo tenha tido origem, portanto que ele tenha sido extraordinariamente denso, mas quando vamos para traz, tivesse acontecido algo que se chama (), portanto o nosso universo ao invés de ter começado nesse estágio muito denso, pode ter começado num estado de muito baixa densidade, estar a colapsar e depois... Mas quando falamos do big bang, hã... Estamos no fundo a dizer que num passado remoto, o nosso universo era extraordinariamente denso, extraordinariamente quente. Agora e, portanto, relativamente ao início existe, do ponto de vista teórico, grande liberdade, grande incerteza. Relativamente hã... A história do universo, passado um segundo de idade, não existe assim tão grande liberdade, portanto eu não conheço nenhuma teoria alternativa ao big bang que não seja equivalente”.

Sujeito 5

U-4 “Bom... Esses estudos recentes sobre a possibilidade de o universo continuar se expandindo indefinidamente, acho que eles corroboram a hipótese de que o universo teve um começo e toda essa descoberta da matéria escura e a proposta da energia escura, elas de certa forma também não vão ao encontro ao fato de que o universo teve um começo. A própria descoberta do bóson de Higgs no LHC, acho que também reforça a hipótese do big bang, de que lá no começo havia esse campo de Higgs onde partículas passaram e adquiriram massa, etc e tal”.

U-3 “A minha concepção... Complicado (risos), muito complicado, existem essa famosa teoria do big bang, mas é... Eu confesso que é uma teoria que eu ainda não, não conheço, não tenho muito conhecimento, não consigo entender muito bem porque eu precisaria entender muito mais física, conhecer muito mais física pra entender isso. Hã... Eu confesso que é... É bem complicado, quando me perguntam, às vezes eu me ponho a pensar um pouco sobre isso, eu as vezes acho até que não tem muito sentido a gente fica pensando sobre como o universo se formou ou como como que é isso aí que a gente vive estudando, que a gente vive, porque parece que a gente está saindo fora do universo, no momento em que queremos saber como o universo se formou ou ele é... Aí a gente é o próprio universo, a gente é um... A gente está dentro do universo, a gente é um produto dele, eu sempre penso assim, pelo menos é assim como eu sinto hoje, é... Se o universo muda a gente muda junto, se se encaminha para um lado, a gente se encaminha junto e não tem como a gente sair fora e dizer assim, está acontecendo assim ou assado, então me parece um pouco sem sentido pensar hã... Como é

que surgiu esse universo, a impressão que eu tenho é que... As vezes eu tenho a impressão é que não tem resposta (risos)”.

Sujeito 6

U-2 “Bom, eu acredito na teoria do big bang, de evolução, de origem. E a evolução do universo que ele está se expandindo, que a gente não conhece ainda muita coisa, que tem muita coisa ainda para ser descoberta no universo, mas que nos últimos anos, cada vez mais a gente tem entendido mais sobre isso e aprendido mais sobre isso em função da evolução tecnológica, dos avanços de nossos telescópicos, de novas tecnologias, da evolução da própria física e o entendimento das coisas, tanto do ponto de vista das teorias, que a gente vem estudando, quanto das, dos experimentos né, das tecnologias que a gente consegue usar para observar esse, esse universo”.

U-3 “Eu não sei como te dizer [longo intervalo]. Mais ou menos nessa ideia da gente somar no conhecimento que a gente tem e tentar montar uma teoria, tentar explicar as coisas, acho que a física, a astronomia, Cosmologia vem no sentido da gente observar as coisas e tentar explicar aquilo, então a gente tenta fazer teorias, agora com, por exemplo, com o acelerador de partículas para tentar recriar essas estruturas, estudar as partículas, estudar o mundo atômico e tentar recriar, pelo menos em teoria a ideia do big bang”.

Compreensão Eidética das convergências na sétima categoria

Nesta categoria os sujeitos de pesquisa versam sobre suas concepções a respeito da teoria do big bang (estrondão), bem como sobre os pilares que, com efeito, consideram que, fornecem bases sólidas e confiáveis para fazer com que tal modelo cosmológico permaneça sendo o mais aceito e difundido em meio à comunidade científica.

A união entre a teoria da relatividade geral, proposta por Einstein, e as evidências observacionais (redshifts e a radiação cósmica de fundo) parecem contribuir significativamente para a consolidação do modelo cosmológico padrão, uma vez que, “embasado em todas as *'evidências'* experimentais e nas *'confirmações experimentais'* de *'previsões'* teóricas, o big bang (estrondão) elevou-se à condição de paradigma da Cosmologia Moderna” (NEVES, 2000, p.192a). No entanto, tal teoria apresenta muitas incongruências, as quais necessitam que sejam olhadas e analisadas a luz de visões alternativas ao paradigma vigente.

5.2.8. 8ª Categoria: dúvidas sobre o modelo cosmológico padrão

Sujeito 4

U-3 “Eu não sei se eu parei para pensar assim efetivamente no que, que eu acredito, eu acho que a teoria do big bang, por exemplo, ela é a melhor teoria que nós temos, mas eu ainda acho que ela nos deixa um monte de dúvidas, né. A gente tem uma série de evidências de que o universo teve um começo e é meio complexo tu pensar que bom, não foi alguém apertando um botão, mas é como se fosse, como se tivesse sido”.

Sujeito 5

U-4 “Eu acho que uma das coisas que mais me intriga é essa questão da gente imaginar que um dia tudo isso que nos rodeia, toda a matéria, energia, esteve um dia numa forma tal que, os físicos dizem que estavam num ponto, num único ponto né, é... E o problema interessante é pensar como é que é que a gente pode imaginar esse ponto (risos) essa singularidade, usa-se essa expressão singularidade, mas é, isso é uma coisa que foge da minha, foge da minha capacidade de entender é...”

Compreensão eidética das convergências na oitava categoria

As dúvidas e indagações referentes à origem do universo intrigam o pensamento dos interlocutores. Percebe-se que a ideia de que tudo o que se conhece surgiu a partir de uma singularidade inicial não os convence, pois, esta premissa pode sugerir que o universo é o resultado de uma criação divina, que permitiu que tudo fosse, instantaneamente, criado.

Para os demais sujeitos, parece que tais inquietações são elucidadas e, portanto, não necessitam serem discutidas, ou então, podem ser consideradas irrelevantes, uma vez que, dificilmente o homem terá informações confiáveis e incontestáveis sobre a origem do universo.

5.2.9. 9ª Categoria: ensino da Cosmologia

Sujeito 1

U-3 “[...] Portanto, sim, temos uma, uma (sic) ensinar Cosmologia é, é uma coisa extremamente exigente por que hã... Naturalmente transborda qualquer, qualquer desenho programático que podíamos idealizar de início né, por isso que eu gosto de pensar que Cosmologia é por definição, por definição um assunto multidisciplinar, mas nunca foi visto

enquanto tal, foi visto um capítulo especial, astronomia onde ao invés de olhar para as galáxias, eu olho para o grupos de galáxias pronto, sim... esse é uma visão clássica mas que não tem nada a ver com, com a excitação das pessoas sentem quando estão trabalhar a coisa, mas hã... O que é interessante nesse assunto é perceber que as fronteiras desse assunto são, são inacreditavelmente vastas, inacreditavelmente vastas. E essa forma de raciocinar tem sido em certa medida o aspecto mais fundamental dessa investigação hã...”

U-4 “[...] às técnicas que o estudante aprende ao estudar Cosmologia, muitas delas são inerentes à Cosmologia não é, em certa medida ele se encaixa naquela famosa anedota que dizia que xadrez é muito bom é um excelente exercício para jogar xadrez não é, tá certo hã... Sim em certa medida isso é estritamente verdadeiro, mas não é completamente verdadeiro, eu acho que é hã... uma das coisas de nós aprendemos na vida, são, são genéricas, ficam para outras coisas, muitas outras não hã... Resolver equação de Schroedinger num certo contexto é, é, é (*sic*) útil na nossa vida cotidiana? Provavelmente não, mas ter tido a disciplina de, de resolver aquele exercício, obter a resposta correta, raciocinar e ser capaz de tirar dali algumas consequências eu penso que sim, percebo sem mais, sem mais, sem adicionar mais nada é um exercício extraordinário para estudar o nosso intelecto não é, hã... Por que no final o que, o que nós queremos é exatamente isso, não é, queremos um médico com um intelecto bem estruturado, eu quero um advogado que saiba argumentar com um segurança, eu quero um político que saiba... Que tenha... Que esteja minimamente comprometido com a verdade, não é, e não com a mentira hã... E, assim sucessivamente, nós queremos, na nossa sociedade, profissionais que sejam capazes de, de dar respostas”.

Sujeito 2

U-6 “[...] é importante para toda a gente ter pelo menos uma ideia básica, sem os detalhes técnicos obviamente, mas ter, ter (*sic*) uma ideia básica da visão do universo, da cultura em que se vive”.

U-7 “[...] o modelo no big bang no contexto da química, essencialmente na formação dos elementos da tabela periódica, eles precisam saber que os elementos mais leves foram formados no início do universo, os elementos até o ferro foram formados nas estrelas, os elementos a partir daí foram formados nas explosões de supernovas etc”.

Sujeito 3

U-6 “Em relação à Cosmologia, há muita coisa que pode ser abordada, em primeiro lugar, de uma forma relativamente simples, por exemplo, em primeiro lugar existem observações que

nós fizemos acerca do universo, são observações simples, que nos dizem coisas que são muito profundas acerca do nosso universo e que, do ponto de vista histórico também é interessante, foram coisas que foram pensadas há muito tempo, hãhãhã...”.

U-7 “[...] outro aspecto que acho interessante na Cosmologia é a ligação entre temas muito distintos, portanto a uma ideia que a Cosmologia, o objeto de estudo é o nosso universo e para estudarmos o nosso universo globalmente, teríamos que estudar tudo, portanto há muitos conhecimentos, há muitas coisas em jogo para a, de alguma maneira conseguirmos fazer essa descrição, portanto a ligação entre esses vários conhecimentos também é algo que a Cosmologia nos dá e algo que pode ser aproveitado de forma muito positiva para o ensino, portanto, mostrar que existem muitos aspectos envolventes e analogias, por exemplo analogia entre o som e a luz, comportamento do som e comportamento da luz, os comportamentos são diferentes, mas há coisas em que são semelhantes portanto, é possível aproveitar essas analogias ao nível do ensino, ao nível do ensino parece muito interessante”.

Sujeito 4

U-5 “Bom, no Ensino Superior, se a gente estiver falando de um curso de formação de professores de física, eu acho que é fundamental né, porque esses professores, eles vão estar lá no Ensino Médio, eles tem uma responsabilidade muito grande de transmitir ideias cientificamente corretas e epistemologicamente coerentes para os estudantes da educação básica né, se a gente fala de um curso superior de formação de professores, eu acho que o enfoque é esse e eu acho que para os estudantes do Ensino Fundamental se engajarem em estudar ciências né, hãhãhã... Se motivarem, a saber, mais sobre o tema é fundamental que eles tenham uma visão minimamente rica da Cosmologia né. Eu acho que o estudante, ele tem que perceber o universo como a casa dele né, hãhãhã... Saber o seu lugar nesse universo, onde é que está o sistema solar, onde é que está a Via Láctea nesse sistema, que idade tem esse universo, saber que quando a gente olha para as estrelas, a gente está olhando para o passado, tudo isso eu acho que é fundamental para o aluno da educação básica, para ele se motivar, a saber, mais sobre ciência, para ele querer ser um cientista um dia talvez e, portanto, quem está na formação de professores tem que ter uma bagagem ainda mais substancial.”

“[...] é importante que os estudantes lá da educação básica tenha essa perspectiva que a ciência, ela é uma construção humana, a gente não trabalha com a realidade diretamente, a gente trabalha sempre com modelos sobre a realidade e que eu posso escolher modelos melhores, modelos piores, acho que do ponto de vista epistemológico é muito importante”.

Sujeito 5

U-6 “Geralmente quando a gente fala em importância, a gente vê aquilo que é mais prático ou mais visível da gente né, quando uma coisa parece não muito clara, parece que ela não tem muita importância. Pra mim... Eu diria assim hã... Que eu vejo a Cosmologia como uma coisa meio que ilegível, estudar como que o universo se formou e pra fins de ensino, em nível de licenciatura ou Ensino Médio hã... Me parece que aprofundar isso não parece uma coisa tão importante é... Talvez para os físicos que vão trabalhar com pesquisas, vão além, vão fazer, fazem um bacharelado ou vão fazer um mestrado ou doutorado talvez seja mais interessante saber um pouco sobre, sobre essa questão de Cosmologia, mas assim para um primeiro momento não me parece fazer muita diferença saber sobre Cosmologia, saber como que o universo se formou e como vai se terminar, hã... Se é que tem sentido realmente a gente fazer esses estudos”.

“Parece um pouco de divagação (risos), embora para a área, para quem conhece pode não ser, mas pra questões práticas de ensino, parece que não faz muita diferença estudar Cosmologia ou não estudar, não vejo assim, grande, grande importância para seres que vivem 60, 70 anos no máximo, saber como é que se formou ou não o universo, pra que? (risos) É mais ou menos isso”.

Sujeito 6

U-4 “Uma das questões eu acho que é a interdisciplinaridade, que a gente pode conversar sobre vários assuntos com os alunos, hã... Os alunos entenderem um pouco sobre a nossa evolução, sobre como tudo isso, hã... Falar que a nossa vida aqui é um período curto e que toda essa evolução, evolução do homem em si é um período curto aqui frente à idade do sol, a idade da Terra, idade do universo”.

Compreensão Eidética das convergências na nona categoria

Nesta categoria, a maioria dos sujeitos convergem suas concepções acerca da importância do ensino da Cosmologia nos diferentes níveis de ensino. Eles consideram fundamental que os estudantes compreendam, ainda que minimamente, o universo que os cercam, a partir de fenômenos que estão rotineiramente presentes em suas vidas. Contudo, é preciso que seja dado ênfase não somente para aos aspectos conteudistas, mas também aos relacionados à história e filosofia da Ciência, uma vez que, “há muito tempo, a pesquisa em ensino de Ciências tem assinalado a necessidade de que a educação científica procure, na

História e Filosofia da Ciência, uma fundamentação mais sólida e atualizada” (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011, p. 45).

O ensino da Cosmologia contemporânea demanda muito planejamento e cuidado, pois, o professor necessita apresentá-la de modo integralizado com as demais áreas de conhecimento, bem como articulá-la e situá-la no contexto histórico e social em que as teorias cosmológicas surgiram.

5.2.10.10ª Categoria: insegurança e receio ao falar sobre Cosmologia

Sujeito 4

U-1 “Cosmologia é o estudo do surgimento do universo, pra mim é isso”.

Sujeito 5

U-1 “O que é Cosmologia pra mim? Bom, não tenho muito conhecimento sobre Cosmologia, também nunca fui muito a fundo, talvez até porque ela puxe por partes da física que eu não tenho muito domínio, é... Eu não tenha muito buscado o estudo da Cosmologia. É... Eu sei que ela envolve bastante conhecimento da teoria da relatividade geral de Einstein, física quântica e além do que eu diria que assim, ela é uma, é uma área um pouco distante do nosso dia-a-dia e... Parece assim um estudo ainda um pouco é... Ainda divaga muito para o meu gosto, digamos assim né (risos), é assim que eu penso pelo menos”.

U-2 “É o estudo do universo, estudo do cosmos mais especificamente o estudo dos tipos de universo que existem, as formas de universo que existem, hã... Como que o universo se formou, possibilidades, como que ele pode terminar, se é que vai haver um fim, como vai terminar esse universo, né. E como a gente conhece o estudo de... Tá (*sic*) envolvendo o estudo de matéria escura que a gente ouve falar tanto hoje, energia escura, mas que eu particularmente não sei exatamente o que é, hã... Essas possibilidades de outras missões, viagens, viagem através de buracos de minhoca, como a gente diz, é uma expressão na teoria da relatividade seja, existir talvez outros universos, é... Pra mim é o estudo do universo né, eu entendo isso como sendo Cosmologia, tá, então eu não vou abrir mais isso, porque realmente não tenho muita, muito conhecimento na área.”

U-3 “A minha concepção... Complicado (risos), muito complicado, existem essa famosa teoria do big bang, mas é... Eu confesso que é uma teoria que eu ainda não, não conheço, não tenho muito conhecimento, não consigo entender muito bem porque eu precisaria entender muito mais física, conhecer muito mais Física pra entender isso. Hã... Eu confesso que é... É

bem complicado, quando me perguntam, às vezes eu me ponho a pensar um pouco sobre isso, eu as vezes acho até que não tem muito sentido a gente fica pensando sobre como o universo se formou ou como como que é isso aí que a gente vive estudando, que a gente vive, porque parece que a gente está saindo fora do universo, no momento em que queremos saber como o universo se formou ou ele é... Aí a gente é o próprio universo, a gente é um... A gente está dentro do universo, a gente é um produto dele, eu sempre penso assim, pelo menos é assim como eu sinto hoje, é... Se o universo muda a gente muda junto, se se encaminha para um lado, a gente se encaminha junto e não tem como a gente sair fora e dizer assim, está acontecendo assim ou assado, então me parece um pouco sem sentido pensar hã... Como é que surgiu esse universo, a impressão que eu tenho é que... Às vezes eu tenho a impressão é que não tem resposta (risos)”.

U-6 “Pra minha cabeça é muita divagação porque eu desconheço a física que poderia talvez me fazer entender, fazer eu entender melhor esse começo e a gente sabe que tem físicos que estudam isso, né, que tem realmente como foco estudar como é que poderia se formar o universo, mas ele tem um conhecimento muito, muito alto de física, esses indivíduos né”.

Sujeito 6

U-1 “É o entendimento do universo, entender da onde a gente vem, para onde a gente vai, a evolução do universo”.

Compreensão Eidética das convergências na décima categoria

Ao serem questionados sobre “O que é Cosmologia para você?”, alguns interlocutores demonstraram insegurança e até mesmo receio ao tecer suas considerações sobre o assunto. Tais sentimentos podem ser reflexos do fato que o conhecimento científico inerente à Cosmologia está em constante construção e reelaboração e, devido a isso, não se pode ter conclusões definitivas. Todavia, é possível que esta hesitação tenha implicações negativas no ensino, uma vez que, os professores, por medo de cometerem equívocos conceituais, optem por não abordarem tópicos relacionados à Cosmologia Contemporânea.

5.2.11. 11ª Categoria: demonstração de nervosismo e autoridade no discurso

Sujeito 2

U-3 “Eu acho que até a pouco tempo, até a vinte anos digamos a Cosmologia era uma aérea de exploração livre no sentido do que quase não havia dados observacionais, portanto havia imensas teorias poderiam ser postuladas, muito dificilmente eram separáveis (), hoje não é o caso, Cosmologia é totalmente liderada e impulsionada, catalisada por resultados observacionais, portanto é extremamente difícil a existência de modelos alternativos que estejam em desacordo com, com a descrição global que temos do universo, as teorias podem diferir em pequenos detalhes, teorias são, não são necessariamente fáceis de testar como já testamos atualmente, mas em termos de visão global se quiseres, estrutura global da teoria, imagem conceitual, essa, essa (*sic*) imagem está muito bem conhecida do ponto de vista observacional, portanto é praticamente impossível ter uma descrição que seja completamente diferente dessa...”

Sujeito 3

U-5 “Houve no passado, a teoria do universo estacionário, mas esta é uma teoria que está completamente posta de parte, de alguma maneira existem fatos no nosso universo que tem alguma semelhança hã... Com aquilo que era previsto por essa teoria, mas só isso e basicamente essa teoria não explica aquilo que nós observamos no universo”.

Compreensão eidética das convergências na décima primeira categoria

Nesta categoria é evidenciado que em determinados momentos, os sujeitos de pesquisa manifestaram autoridade e nervosismo ao serem instigados a refletir sobre as possíveis teorias alternativas ao modelo cosmológico padrão. Esses episódios podem ser interpretados como sendo decorrentes de suas concepções acerca da teoria do big bang estarem fixadas em possíveis bases sólidas conceituais e observacionais, que não permitem diferentes interpretações.

5.3. COMPREENSÃO NOMOTÉTICA DOS DISCURSOS DOS SUJEITOS

5.3.1. Compreensão Nomotética imediata das situações relatadas pelos seis sujeitos de pesquisa

Ao trilhar o caminho da redução fenomenológica, adotado para compreender o discurso dos professores/investigadores, muitos pontos de convergência emergiram diante do questionamento inicial “O que é a Cosmologia para você?”.

As convergências desvelam que a Cosmologia é entendida como uma ciência que destina-se ao estudo do universo, desde a seu suposto surgimento até a sua possível evolução. E a teoria que norteia as concepções dos sujeitos corresponde ao big bang (estrondão), uma vez que, os mesmos consideram que esta dispõe de evidências observacionais, bem como de princípios teóricos suficientes para a sua consolidação, enquanto paradigma vigente.

Em contrapartida é possível depreender que os interlocutores, apesar de, defenderem claramente o modelo cosmológico padrão, concebem que em relação ao estudo do universo, há muito o que ser descoberto, investigado, reformulado e até mesmo refutado, uma vez que, o ser humano desconhece completamente 96% do conteúdo do universo e devido a isso, ainda está a supor a existência de entidades não detectadas e/ou observadas. Diante dessa concepção, é compreensível que os discursos apreendem dúvidas sobre determinados aspectos da teoria do big bang (estrondão), no entanto, tais impasses, sejam eles conceituais ou observacionais, não se caracterizam como um retrocesso, mas pelo contrário, configuram-se como necessários para o progresso da Cosmologia, enquanto ciência.

Em relação ao ensino da Cosmologia contemporânea, com exceção de um sujeito, os demais interlocutores da pesquisa, conferiram importância a sua abordagem, nos diferentes níveis de ensino, seja dando ênfase aos aspectos conteúdos, no ensino da Química ou da Física, ou seja, evidenciando a relevância de discutir assuntos relacionados à Cosmologia sob o enfoque da epistemologia, para a formação de estudantes críticos e participativos. E, para alcançar tais objetivos, caminhos metodológicos foram apontados, na tentativa de salientar que, não obstante a sua complexidade, é possível e essencial que a Cosmologia esteja efetivamente presente no ambiente escolar e acadêmico.

4.3.2. Compreensão Nomotética Geral

Ao debruçar-se sob as categorias que emergiram dos discursos dos sujeitos de pesquisa, percebe-se que há muitas lacunas que podem revelar concepções que estão nas entrelinhas das falas dos interlocutores. No que se refere a segunda e terceira categoria, “Cosmologia como ciência” e “Importância dos resultados observacionais”, respectivamente, somente dois sujeitos evidenciaram conceber o conhecimento científico como sendo guiado

por paradigmas que exercem influências tanto na observação, quanto na interpretação de fatos e fenômenos. No “não dito” dos demais discursos, pode estar presente a concepção de que a Cosmologia é uma área de estudo resultado de um “método científico”, cujas etapas são rígidas, neutras e confiáveis.

Na quarta categoria, “Importância do contexto histórico e social” é possível pressupor que os sujeitos não atribuem muita relevância ao fato de que o desenvolvimento da Cosmologia está relacionado aos aspectos sociais, políticos, religiosos e históricos que refletem os interesses dos cientistas em determinado contexto. A partir das lacunas existentes na quinta e sexta categoria, respectivamente “A importância de fazer suposições no campo da Cosmologia” e “Cosmologia como área de integração” também é presumível que os interlocutores não levam em consideração a necessidade que a Cosmologia tem em fazer suposições teóricas, na busca de compreender o que é ou não observado, bem como em buscar o conhecimento de outras áreas, na tentativa de construir um cenário universal.

As lacunas presentes na oitava categoria “Dúvidas do sujeito sobre o modelo cosmológico padrão” pode demonstrar que os sujeitos de pesquisa estão embasados em “certezas observacionais e conceituais” que são facilmente encontradas em livros de divulgação científica e na bibliografia em geral e que, portanto, não são passíveis de dúvidas e questionamentos. Todavia, a Cosmologia, enquanto ciência, é um empreendimento humano, que admite interpretações equivocadas, mudanças e reformulações no decorrer do seu desenvolvimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais objetivos da educação, desde o ensino fundamental até a pós-graduação consiste em contribuir efetivamente para a formação de estudantes críticos e reflexivos, que consigam ir além da memorização de teorias, conceitos, datas, equações, etc. É necessário, portanto, que eles compreendam a ciência como fruto de uma construção humana não linear, bem como, tenham argumentos para opinar, discutir e tomar decisões, quando forem expostos a questões polêmicas e controversias.

Nessa perspectiva, percebe-se que o papel desempenhado pelo professor pode fomentar o senso crítico e reflexivo dos alunos, tanto do ponto de vista científico, como epistemológico. Todavia, quando se refere ao ensino da Cosmologia os professores e os pesquisadores, sujeitos de pesquisa, de ambas as instituições de ensino superior apresentam concepções distintas. A maioria dos professores e pesquisadores considera viável e relevante o ensino da Cosmologia contemporânea nos diferentes níveis, seja, por meio de uma abordagem adequada, que contemple conceitos e conteúdos referentes ao universo em que o homem habita, ou seja, através da compreensão de fenômenos presentes no cotidiano dos estudantes, que possam estabelecer relações com o universo em larga escala. Alguns sujeitos de pesquisa foram além da perspectiva conteudista e consideraram essencial discutir aspectos da natureza da ciência, por meio do ensino da Cosmologia contemporânea. Há, contudo, um sujeito de pesquisa, que conforme sua concepção, concebe a Cosmologia com um tema abrangente e complexo, que não está embasado em resultados conclusivos e definitivos e, portanto, não necessita ser discutido no âmbito escolar e acadêmico.

Percebe-se assim, que a importância do ensino da Cosmologia ainda não é consenso entre os professores e pesquisadores, bem como a metodologia a ser adotada. Em relação à abordagem de modelos cosmológicos alternativos ao modelo padrão, os sujeitos de pesquisa, também não estão em consonância, pois, alguns defendem que a teoria do big bang (estrondão) apresenta dados observacionais e experimentais suficientes para consagrá-la a ponto de desconsiderar a existência das demais teorias que fornecem explicações, por vezes, mais satisfatórias. Contudo, há opiniões que divergem desta, uma vez que, alguns sujeitos de pesquisa comparam a Cosmologia a um edifício, que está sujeito a desmoronamento a qualquer novo dado observacional e experimental, ou seja, é uma ciência que ainda está em construção sob a influência do contexto histórico e social e, portanto, pode sofrer modificações e refutações, que, com efeito, podem fazer com que o paradigma vigente seja destituído. Ademais, parece ser unanimidade entre os sujeitos de pesquisa a concepção de que

em relação ao universo, há muito a ser descoberto, investigado e estudado, uma vez que, se conhece apenas uma porção ínfima do mesmo.

Em relação às três evidências empíricas, redshifts, quasares e radiação cósmica de fundo, os sujeitos de pesquisa que versaram sobre as mesmas, apresentaram somente as interpretações que corroboram para a solidificação da teoria do big bang (estrondão). As dissonâncias existentes entre tais evidências, bem como, a contribuição de renomados astrônomos como, por exemplo, Halton Arp, não foram salientadas nos discursos.

Conclui-se, portanto, que a teoria do big bang (estrondão) é a mais difundida e a mais aceita em âmbito acadêmico. Esta quase certeza num *fiat lux* cosmológico acaba por igualar a crença dessa ciência numa certeza semelhante aos dogmas religiosos. Não há, pois, lugar para as incertezas. Contudo, não há uma resposta definitiva para melhor explicar a origem do universo, uma vez que, ao discutir-se aspectos da natureza da ciência, percebe-se que o conhecimento científico não se encontra pronto e acabado, baseado em certezas absolutas, mas sim constitui-se de constantes evoluções e reconstruções.

Com o avanço das tecnologias que permitem dados observacionais mais confiáveis, os desenvolvimentos dos estudos cosmológicos adquiriram prestígio e passaram a serem mais divulgados em espaços de socialização do saber, tais como congressos, simpósios, livros de divulgação científica e revistas especializadas na área. Entretanto, ainda assim, há inúmeras possibilidades de interpretação dos resultados obtidos, o que evidencia a pluralidade de teorias existentes para desvendar o surgimento do universo e o complexo processo de construção do conhecimento científico.

Nessa perspectiva é fundamental que os estudantes compreendam que a teoria do big bang (estrondão) é apenas mais uma teoria, entre as outras teorias, que procuram respostas para as questões que norteiam a humanidade desde a antiguidade até os dias de hoje – de onde viemos? para onde vamos? – e, por vezes, estas outras teorias fornecem explicações mais eloquentes as evidências observacionais e experimentais.

REFERÊNCIAS

- ARP, H. **Quasares, redshifts and controversies**. Cambridge: Cambridge-USA, 1988
- ARP, H. **O universo vermelho: cosmologia e Ciência Acadêmica**. São Paulo: Perspectiva, 2001.
- ASIMOV, I. **O colapso do universo**. São Paulo: Círculo do livro:1977.
- ASSIS, A.K.T. [**Correspondência via e-mail**] dezembro de 2015, Campinas [para] NEVES, M.C.D., Maringá. Teorias alternativas ao modelo cosmológico padrão.
- ASSIS, A. K. T.; NEVES, M. C. D.; SOARES. D. S. L. A cosmologia de Hubble: de um universo finito em expansão a um universo infinito no espaço e no tempo. In: NEVES, M. C. D.; SILVA, J. A. P. (Org.). **Evoluções e revoluções: o mundo em transição**. Maringá: Massoni, 2008.
- ASSIS, A.K, T; NEVES, M.C.D. History of 2,7K temperature prior to Penzias and Wilson. **Apeiron**, vol.2, n.3, p.79-87, 1995.
- ASSIS, A.K, T; NEVES, M.C.D. Tradução comentada do artigo de Guillaume de 1896 sobre a temperatura do espaço. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol.31, n.3, p.564-570, 2014.
- ASSIS, A.K.T; NEVES M.C.D.**O desvio para o vermelho revisitado**, in: O. Freire Jr. e S. Carneiro (orgs.); **Ciência, Filosofia e Política: Uma Homenagem a Fernando Bunchaft** (EDUFBA, Salvador, 2013), p. 53-69.
- BICUDO, M. **Fenomenologia: Confronte e Avanços**. São Paulo: Cortez, 2000.
- BORGES, J.N.P. **Cosmologia e a radiação cósmica de fundo, como elemento motivador no ensino secundário**. 2008. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Astronomia) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2008.
- BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**.Brasília: MEC/SEF, 1998b.
- BUENO, E. R. A. Fenomenologia: a volta às coisas mesmas. In PEIXOTO, A.J (org). **Interações entre fenomenologia & educação**. Campinas: Alínea, 2003.
- CARVALHO, J.P.M. **Uma odisseia no tempo ou uma breve introdução à história da astronomia**. (Texto de apoio a disciplina de História da Astronomia-Mestrado em Ensino da Astronomia) 191p. Porto, Faculdade de Ciências-Universidade do Porto, 2000.
- CHALMERS, A.F. **O que é a ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- ESPÓSITO, V.H.C. **A escola: um enfoque fenomenológico**. São Paulo: Escuta, 1993.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. São Paulo: Unesp, 2007.

FRANÇA, C. **Psicologia fenomenológica: uma das maneiras de se fazer.** Campinas: Unicamp, 1989.

GAMOW, G., **The Creation of the Universe.** New York: Viking Press, 1961.

GRIBBIN, J. R. **No início: antes e depois do Big bang.** Rio de Janeiro: Campus, 1995.

HAWKING, S. **Uma breve história do tempo.** Rio de Janeiro: Intrínseca, 1942.

HENRIQUE, A.B. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia.** 2011. 261 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

HENRIQUE, A.B; SILVA, C. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: o Universo teve um começo ou sempre existiu?** VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 8 de novembro de 2009.

HOYLE, F. O universo em estado estacionário. In SCIENTIFIC AMERICAN (Org.) **O imenso universo.** São Paulo: IBRASA, 1959.

HOYLE, F. **Ten faces of the universe.** São Francisco: W.H Freeman and Company, 1977.

HOYLE, F.; BURBIDGE G. NARLIKAR J.V. **A different approach to cosmology.** Cambridge University Press, 2000.

HUBLE, E. **The problem of the expanding universe.** American Scientist, vol.30, n.2, p.98-115, 1942.

HUSSERL, E. **Ideias para uma fenomenologia pura e para uma filosofia fenomenológica.** Aparecida: Ideias & Letras, 2006.

HUSSERL, E. **Meditações cartesianas: introdução a fenomenologia.** São Paulo: Madras, 2001.

KRAGH, H. **Cosmology and controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe.** Princeton, Princeton University Press, 1996.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas.** 12ªed, São Paulo: Perspectiva, 2013.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas.** 5ªed, São Paulo: Moderna, 1998.

LERNER, E. **The Big Bang never happened.**New York: Vintage Books, 1992.

MARTINS, J. Uma visão fenomenológica da pesquisa sobre ansiedade. In DICHTCHEKENIAN, M.F.S.F.B (Org). **Vida e morte: ensaios fenomenológicos.** São Paulo: companhia ilimitada, 1988, p. 55-66.

MARTINS, J; BICUDO, M.A.V. **A pesquisa qualitativa em psicologia: fundamentos e recursos básicos.** São Paulo: Moraes, 1989.

MARTINS, J; BICUDO, M.A.V. **Estudos sobre existencialismo, fenomenologia e educação.** São Paulo: Moraes, 1983.

MARTINS, R.A. **Universo: teorias sobre sua origem e evolução**. 1ªed. São Paulo: Moderna, 1994.

MOORE, P. **Universo em expansão**. São Paulo: Melhoramentos, 1982.

NARLIKAR, J. Was there a Big bang? **New Scientist**, v. 91, n.1260, p. 10-21, 1981. Artigo reproduzido em LESLIE, John (ed.) *Physical cosmology and philosophy*, New York, MacMillan Publishing Company, 1990.

NEVES, M.C.D. A Questão Controversa da Cosmologia Moderna: Hubble e o infinito-parte 1. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol.17, n 2, p. 189-204,2000a.

NEVES, M.C.D. A Questão Controversa da Cosmologia Moderna: uma teoria e suas incongruências-parte 2. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol.17, n.2, p. 205-228, 2000b.

NEVES, M.C.D. **O que é isto, a ciência?** Maringá: Eduem, 2005.

NEVES, M.C.D. Do Mundo Fechado da Astronomia na Antiguidade à Cosmologia do Universo Fechado do Big bang: revistando velhos e novos dogmas da ciência astronômica. In NEVES, M.C.D (Org.) **Astronomia e cosmologia: Fatos, Conjecturas e Refutações**. Maringá: UEM, 2011, p. 161-217.

OSTERMANN, F; CAVALCANTI, C.J.H. **Epistemologia: implicações para o ensino de ciências**. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

PRAIA, J. CACHAPUZ, A. GIL-PÉREZ. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. In CACHAPUZ et al (Org.) **A necessária renovação no ensino de ciências**. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

RESENDE, A.M.D. **Educação e ser-no-mundo um projeto de fenomenologia da educação**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1985.

ROBERTSON, H. O universo. In SCIENTIFIC AMERICAN (Org.) **O imenso universo**. São Paulo: IBRASA, 1959.

ROCHA, G.R. **Controvérsias científicas: o caso do modelo padrão da cosmologia**. 11º Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia. Niterói, 26 a 29 de outubro de 2008.

SILK, J. **O Big Bang: a origem do universo**. Brasília: Universidade de Brasília, 1985.

SINGH, S. **Big Bang**. 3ªed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

SOARES, D.S.L. **A tradução de Big Bang**. Disponível em: <
<http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/aap/bgbg.htm>. Acesso em 7 de fevereiro, 2016.

SOARES, D.S.L. **O paradigma da luz cansada**. Disponível em:<
<http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/luzcans/luzcans.htm>. Acesso em 17 de setembro, 2015.

WEINBERG, S. **Os três Primeiros Minutos**: uma discussão moderna sobre a origem do universo. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

APÊNDICE 1: DISCURSO DOS SUJEITOS DE PESQUISA NA ÍNTEGRA

SUJEITO DE PESQUISA 1

“Hoje temos esses métodos não é, que tem imensas vantagens, mas também tem imensas desvantagens, mas vamos falar sobre eles, este é um aspecto muito importante daquilo que estávamos a conversar. Estavas a introduzir a discussão, portanto é, mas eu acho que você deve conduzir, segundo as suas as suas convicções, as suas ideias, portanto, estávamos a falar de como “ensinar”, se é que este termo é adequado, hã... Ensinar é como tudo na vida, interagir, interagir com as pessoas implica uma troca, uma troca (*sic*), essa que obviamente, no caso do ensino tem um centro, tradicionalmente o centro era o professor, hoje em dia do ponto de vista pedagógico por razões inúmeras, as mais diversas possíveis não se quer mais permitido dizer que o centro é o professor, não o centro é o aluno hã... Não sei se é um modismo, eu penso que hã... A educação é centrada num animador, num animador que não é mais inteligente e nem mais hábil, é mais experiente que os outros e ele sabe que se ele bem treinado, bem condicionado e bem vamos dizer hã... Imbuído de boas intenções vai sempre animar os seus, os seus, seus (*sic*) alunos a procurarem respostas. Eu penso hã... Que toda educação centra nessa, nessa, nessa (*sic*) necessidade que temos de procurar respostas às questões que nós colocamos hã... Na verdade toda nossa vida é isso, estamos à procura de respostas, aquele que consegue além de dar as respostas certas, fazer perguntas são mais hábeis, eu acho que também isso é uma questão fundamental para a educação hoje, nós estamos a ensinar os alunos a responderem as questões não é... E essa é a contradição básica da educação, nós estamos a dar as melhores notas àqueles que respondem melhor, não é, estamos a dar notas àqueles que repetem (risos). Será que é isso a educação? Eu diria que essa é apenas uma componente quase que ínfima da educação, a educação é exatamente o oposto, é exatamente fazer, colocar as suas próprias perguntas em vez de dar as respostas, hã... Claro que pra fazer as perguntas eu preciso saber respostas, portanto esse equilíbrio entre esses fatores que faz com que a educação seja uma educação eficiente ou uma educação deficiente. A educação tradicional hã... Na qual a única coisa que nós exigíamos dos alunos era responderem bem as perguntas que lhe são colocadas, portanto eles têm que reproduzir aquilo que lhes foi dado, eu penso que é deficiente no século XXI, talvez fosse eficiente na Idade Média, mas atualmente não é mais eficiente nos nossos tempos. Por outro lado também não podemos pensar que, e é essa é uma tentação muito perigosa no meio em que vivemos, não é,

que a única coisa que interessa é fazer perguntas, não é verdade, não é, porque isso banaliza a educação ao ponto de já não precisarmos da educação, nós temos através de meios de comunicação hoje, nós temos toda a informação, não é preciso, eu tenho tudo no meu computador, tenho todas as bibliotecas do mundo, todos os quadros do mundo, todas as peças musicais que interessam eu posso ter, mas isso significa que eu tenho esse conhecimento? Significa, mesmo que eu tivesse vontade de adquirir esse conhecimento, será que eu seria capaz de, de metabolizar este conhecimento eficientemente se não fosse, se não fosse (*sic*) através de algum processo de educação? E eu penso que é exatamente aí que, que a educação faz a diferença, não é. Como eu digo, a educação no sentido mais “latu” possível do termo, educação no sentido de certezas, eu penso que esta... Não é educação do século XXI. Não há mais certezas, já não há mais verdades com v maiúsculo, verdades com v minúsculo, verdades contextuais, verdades históricas, verdades que são construídas socialmente, etc, etc... E cada um vai encontrar... O objetivo da educação é permitir que cada um faça uma imagem do mundo que seja consistente com a sua história pessoal, claro isso não quer dizer esquizofrenia completa, a minha visão de mundo tem que ter alguma coisa em comum com a sua visão de bom senso, senão não há nenhum diálogo possível, mas é perigoso quando todas as visões de mundo convergem para uma única visão de mundo e isso é o perigo que corremos no, não só no nosso tempo, mas muitas das maiores tragédias da história da humanidade tem a ver com isso, certezas absolutas em regimes políticos de sistemas educacionais, todas as pessoas tinham que saber aquelas verdades e aquelas eram as únicas verdades, isso é trágico, isso é trágico e a humanidade sempre que caiu nesse, nesse, nesse (*sic*) terreno hã... Deu origem as guerras mais sangrentas e mais desumanas possíveis hã... Pois, os desafios da educação do século XXI são extraordinários não é, quer dizer, a educação é supostamente a resposta pra tudo não é, hã, mas a sociedade nem sempre está, está, está (*sic*) pronta para ouvir, ter intervenientes que são completamente autônomos e pensam por si mesmo não é, e é só, é muito fácil, vamos pensar como um físico certo era possível uma sociedade onde houvesse 100% de licenciados, todos eles interessados em fazer trabalho intelectual não é, uma sociedade assim não é possível não é, mas o outro extremo também não é possível, não é possível nós termos uma sociedade onde as pessoas desempenham as suas tarefas mais básicas da vida, isso também não é mais possível não é, então qual é o equilíbrio? Cada sociedade vai encontrar o seu equilíbrio, esse equilíbrio é um equilíbrio muito complexo, é um equilíbrio socioeconômico que é construído historicamente não é. Quantos licenciados um país pode ter? Cada país tem a sua resposta não é, uns tem mais que a metade da população licenciada, imagina mais que a metade da população são licenciados, outros que

estão pronto a caminhar no sentido de ter uma população minimamente alfabetizada, no caso do nosso país, eu também sou brasileiro, talvez você não saiba, mas, portanto esse é um grande desafio hã... E é claro queremos que as pessoas que aprendem coisas sejam autônomas, elas sejam capazes de criar as suas, os seus problemas, resolver os seus problemas não é, e serem cidadãos úteis e criativos não é, eu acho que é um objetivo extraordinário e a educação é essencialmente socrática, ela é autocrítica por definição, a educação tem que ser autocrítica e muito da minha crítica relativamente à educação baseada exclusivamente em metodologias de educação, aquela não é autocrítica, ela é metodológica não é, a educação por definição é um questionamento contínuo daquilo que fazemos e que aprendemos, é só assim que ela merece o () de ser chamado de () se não... Esse é o quadro mais ou menos geral, como nós atingimos essa situação no quadro específico do ensino universitário, no quadro específico da física no contexto ultra especializado da Cosmologia é um hã... É uma, uma, uma, pode ser uma (*sic*) tarefa quase que banal, mas pode também ser uma tarefa mais, mais complexa, eu gosto de pensar que a educação, como disse, é uma coisa muito mais “lata” do que simplesmente transmitir conteúdos, claro que hã... Educar significa transmitir conteúdos, mas significa acima de tudo ensinar a pensar, do meu ponto de vista e hã... É nesse contexto que, por exemplo, ensinar, ensinar assuntos avançados, Cosmologia sendo um destes casos é particularmente exigente, posso seguir um livro texto, mas também hã... Tem que pôr ao mesmo tempo hã... Isso num contexto histórico, num contexto evolutivo e se não percebermos essa dimensão evolutiva do conhecimento podemos cair em armadilhas muito perigosas, hã... Em particular no caso da Cosmologia, Cosmologia não é uma ciência experimental e por não ser uma ciência experimental baseia-se em observações, observações em porções diminutas do universo observável, hã... Portanto, as extrapolações são sempre, são sempre um salto não no vazio, mas um salto de fé, hã... São essencialmente assumir que aquilo que observamos correspondem a porções importantes do universo como um todo hã... Se é que podemos falar de um universo, já fala-se em multiversos, falamos de multiversos hã... Sim, esse é o preço que que podemos ter que pagar se darmos larga a imaginação... imaginação teórica sempre esteve conosco, portanto hã... Entender essa dimensão histórica, entender que de fato o conhecimento hoje satisfaz é uma construção que satisfaz aqueles constrangimentos observacionais da Cosmologia são os atuais, percebermos que qualquer novo fato observacional pode fazer esse edifício desmoronar ou fazer esse edifício ficar mais sólido é muito importante e talvez em nenhuma outra atividade científica hã... Uma visão de conjunto seja tão importante, se, não sei... Eu posso te dar matéria condensada, os instrumentos são todos mais ou menos conhecidos, os instrumentos

experimentais, os instrumentos teóricos e a única coisa a qual deve estar preparada para usar é a minha imaginação para perceber que a configuração de átomos é diferente daquela e eu posso agora construir ou inventar literalmente, eu invento num laboratório novos materiais, com novas propriedades as regras são bem conhecidas hã... No que se refere a estrutura do universo, no que refere-se a estrutura íntima, mais, mais (*sic*) íntima da matéria, as regras ainda estão por serem, por serem desvendadas e essa que é a grande diferença, não sabemos quais são os constituintes, quer dizer, se assumimos, no caso da Cosmologia moderna a relatividade geral que é a teoria do espaço-tempo, que tem necessariamente uma solução, essa solução dessas equações é o nosso universo, certo, para termos a solução do “nosso universo”, precisamos saber exatamente quais são os constituintes, nas proporções corretas, portanto a Cosmologia vamos dizer mais praticada hoje faz é, dizer pronto os constituintes que nós identificamos são as partículas elementares conhecidas, depois eu sou obrigado quando olho para as galáxias, os exames de galáxias, etc. Tenho que colocar mais matéria do que vejo, veja que já é mais hã... E depois quando vejo a dinâmica do universo nas maiores escalas tem que colocar uma coisa que supostamente que não, não deveria existir que é a energia escura, portanto, se colocar entidades que não são vistas, você diz pronto, isso é novo, não, não é novo, a ciência é toda história da ciência é assim, os átomos não eram vistos, mas foram postulados teoricamente antes de serem observados experimentalmente, hã... Na biologia molecular, supunha-se que existia só o DNA e depois perceberam que era impossível, que devia haver trações mais, mais maleáveis e mais simples do que o DNA e, portanto postulou-se o RNA e depois que se percebeu que o RNA era de fato era o mensageiro do que acontecia, da mensagem que estava guardada no centro das células para o que acontecia no interior das células já perceberam que o RNA tinha que ter três versões, tinha que ter um transmissor, um mensageiro hã... Uma matriz, portanto hã... A ciência vai postulando novos objetos que vão cumprindo certas funções, não é e isso é imaginação criadora, não está escrito num livro texto que tem que deve ser assim, portanto, o texto vai se adaptando a descrição que vamos fazer. Cosmologia, tivemos que introduzir pelo menos duas entidades, a energia escura e a matéria escura, mas hã... Isso se assumirmos que a teoria da relatividade geral é a teoria que descreve o espaço-tempo, mas novamente, nós não sabemos e eu penso que hã... Uma, uma (*sic*) discussão do ensino da Cosmologia contemporânea tem que necessariamente passar por entender esses aspectos certo, hã... Que o universo é o espaço-tempo e a sua evolução, essa evolução descrita tanto quanto sabemos por esta equação, essa equação tem soluções e uma solução é o nosso universo hã... A primeira pessoa a perceber isso foi o Einstein em 1917 depois de ter formulado a sua teoria da

relatividade geral em 1915 hã... Até hoje estamos tentando perceber qual é a solução e quais são os constituintes que fazem com que a dinâmica resultante seja a dinâmica que nós observamos, que nós extraímos dessa equação. Sim, existem outras maneiras de, de, de (*sic*) pensar o universo, hã... Mas, essa evolução sugere, sugere que o universo está expandindo, portanto se olharmos para traz no passado o universo estava concentrado numa pequena, numa pequena região de espaço-tempo, aliás não há nem dentro nem fora espaço-tempo, portanto hã... E quer dizer quando coloco a matéria tão concentrada, pronto, começa a ter efeitos que são típicos da física de partículas, física de altas energias, portanto aqui não há mais separação possível entre... Eu faço Cosmologia não me interessa, não, não é possível, agora quem faz a Cosmologia se quiser trazer esses aspectos cosmológicos próximos do *Big Bang*, tem que necessariamente fazer física nuclear, física de partículas, física de altas energias, etc, etc. Portanto, hã... O que passa no LHC certo, é fundamental para quem vai fazer Cosmologia, portanto e de fato pelo menos eu tenho uma aluna que, que pronto, trabalha olhando para os dois lados, portanto o que é feito na física de partículas transportar para a Cosmologia, alias meu doutoramento a 30 anos mais ou menos foi basicamente fazer esse, esse exercício hã... Portanto, sim, temos uma, uma (*sic*) ensinar Cosmologia é, é uma coisa extremamente exigente porque hã... Naturalmente transborda qualquer, qualquer desenho programático que podíamos idealizar de início né, por isso que eu gosto de pensar que Cosmologia é por definição, por definição um assunto multidisciplinar, mas nunca foi visto enquanto tal, foi visto um capítulo especial, astronomia onde ao invés de olhar para as galáxias, eu olho para o grupos de galáxias pronto, sim... esse é uma visão clássica mas que não tem nada a ver com, com a excitação das pessoas sentem quando estão trabalhar a coisa, mas hã... O que é interessante nesse assunto é perceber que as fronteiras desse assunto são, são inacreditavelmente vastas, inacreditavelmente vastas. E essa forma de raciocinar tem sido em certa medida o aspecto mais fundamental dessa investigação hã... Agora está na moda um filme que chama “The Theory of Everything”, que fala sobre a vida de Stephen Hawking hã... Quer dizer, eu estava chamando a atenção dos meus alunos que nos anos 50, início dos anos 60, a relatividade geral tinha, tinha (*sic*) dois objetos estranhos não é, tinha buracos negros que tinham no seu interior uma singularidade, uma situação da física que não funcionava mais, mas a Cosmologia também tem esse mesmo hã... Mas, foi preciso chegarmos aos anos 60 para percebermos que eram dois aspectos da mesma coisa é... Portanto, esse também é um outro exemplo interessante do raciocínio científico que os... Que a pedagogia tem que mais ou menos refletir, que é simplificar as coisas, escrever duas coisas com uma coisa é o caminho natural do pensamento científico e, portanto, isso tem que estar

necessariamente, tem que estar necessariamente refletindo na forma de ensinar e as pessoas tem que ser ensinadas a serem capazes de identificarem essas partes, essas partes que parecem dissociadas não é, é... Tudo isso eu estava lendo num jornal, que o Newton descobriu o mecanismo de respiração, transpiração ou de condução da seiva nas arvores duzentos anos antes que os botânicos e como que é possível? Como é que é possível? Pois, ele percebia física, não é, certo, porque o que está por traz de tudo o que existe na natureza são as leis da física certo, se eu entendo as leis da física, sim hã... Sim os objetos da natureza, os objetos... Os seres vivos são muito mais complexos, mas muito daquilo que eles são refletem, refletem leis de física muito simples não é, em particular o mecanismo certo, do transporte da seiva é basicamente a diferença de pressão que existe entre as raízes e as folhas e, e como que é possível chegar nesse mecanismo? O Newton percebeu isso imediatamente, respirando, não é, certo, portanto sem saber, ele pronto, disse que pronto as folhas são uma, uma... são os poros não é, das plantas não é, de fato sabemos que existem células especializadas nas folhas não é, que de fato, literalmente abrem esse a... Sim e, portanto isso na astronomia um exemplo absolutamente notável não é, de que realmente é isso que a educação é é é (*sic*)... Objetivo último da educação, permitir que pessoas comecem a aprender coisas para depois utilizar num contexto completamente diferente daquele que elas aprenderam, não é, hã... E eu gosto também de... Há uns anos eu fui desafiado a falar um bocadinho sobre o que eu entendia por educação e eu disse, eu disse, eu não sou capaz, mas se vocês quiserem podemos ver um filme de um violinista que muito admiro a ensinar a tocar violino. Ele não dizia faça isso faça aquilo, eles tocavam juntos, os dois tocavam juntos! Ele dizia, nós temos que produzir música, você vai usar o seu método e eu vou usar o meu método, a diferença, é como eu digo para os meus alunos, a diferença é a diferença de experiência, um tem mais experiência o outro tem menos experiência, ele teve mais dificuldades e, portanto mais frustrações certo, que tem mais experiências tem mais frustrações porque hã... E eu acho que a educação é muito isso “tocar juntos”, todos nós tentarmos encontrar uma melodia, a qual nós consigamos e eu acho que, muito da educação, muito da... Não passa por isso, isso é um erro. Despejarmos coisas e depois os alunos veem e reproduzem aquelas coisas, isso, isso está ultrapassado, certo...É verdade que num certo nível nós temos que fazer isso certo, pra quem não sabe ler, tem que aprender a ler e como se aprende a ler? Tentando o erro, repetindo, repetindo, repetindo e repetindo e como se aprende a tabuada? Memorizando, memorizando e memorizando, como que se aprendem as capitais dos países? Memorizando, memorizando, memorizando. É importante? É fundamental. Isso maltrata a inteligência das pessoas? Muito pelo contrário, memorizar é fundamental hã... A questão é como memorizamos, a questão é

o contexto em que memorizamos hã... E as pessoas que sabem o número τ com 10 mil, com 10 mil não, tem um senhor que sabe duas mil casas decimais. Como é que ele consegue memorizar aquilo? Ele... Tem vários métodos não é, mas nós nunca aprendemos isso, nós devíamos aprender certo, acho que porque, certo... Um dos métodos muito conhecido é, é, é, é... (*sic*) atribuir a cada número ou a cada coisa que nós queremos lembrar uma coisa despartada que faz parte da nossa vida, hã... Quero comprar leite, eu olho para aquele quadro e vejo leite escorrendo dali, quero comprar bananas e vejo uma banana ali e assim sucessivamente, portanto, mas isso faz parte da minha... De uma certa rotina, certo. Agora quando eu vejo aquele quadro eu vou associar a leite, quando eu vejo esse... E quando eu estou ao supermercado eu estou a lembrar daquele quadro, eu sei que tenho comprar bananas e eu sei que tenho que comprar leite e assim sucessivamente, portanto as pessoas conseguem treinar a sua memória de uma forma completamente diferente, de uma forma dinâmica e de uma forma que por sua vez também é criativa. O maior, maior estrategista de sempre chamava Cícero, ele era capaz de discursar com uma, uma eloquência extraordinária horas a fio e ele dizia que o método dele era precisamente o método associativo, ele pensava que estava entrando em casa, cada, cada parte de seu discurso ele atribuía a cada uma das peças de sua casa, portanto, nós não aprendemos nada disso, mas isso é uma pena uma pena não é... e portanto eu acho que o ensino tem que refletir tudo isso não é, num contexto que é completamente diferente do contexto que existiu nas gerações anteriores, o contexto de educação no seu contexto é muito mais exigente que no contexto, no contexto do meu tempo, hã... No meu tempo hã... Havia poucos físicos no mundo, aqueles que eram bem sucedidos tinham um emprego, hoje há muito mais físicos, hoje há muito mais pessoas em qualquer área da atividade humana muito mais pessoas, antes ter educação era uma vantagem decisiva no mercado de trabalho e hoje já não é mais e isso significa que essa componente da educação também vai se apagando e isso faz com que por um lado a educação não seja tão atrativa para a maioria parte das pessoas, se elas não vão conseguir um bom emprego por terem educação então porque eu vou ter educação. Mas por outro lado eu coloco a educação no seu verdadeiro, no seu verdadeiro nicho que não é dar emprego para as pessoas é ensinar as pessoas a pensar a serem diferentes, serem melhores, serem mais ativas... Enfim eu estou aqui a falar de imensas coisas e não sei se em algum momento toquei naquilo que você gostaria de ouvir, mas enfim... Portanto, era melhor então você começar a talvez fazer perguntas para direcionar mais um bocadinho mas...

_Na sua concepção, o senhor acha que a Cosmologia ensina os alunos a pensar?

Quer dizer, não necessariamente não é, quer dizer às técnicas que o estudante aprende ao estudar Cosmologia, muitas delas são inerentes à Cosmologia não é, em certa medida ele se encaixa naquela famosa anedota que dizia que xadrez é muito bom é um excelente exercício para jogar xadrez não é, tá certo hã... Sim em certa medida isso é estritamente verdadeiro, mas não é completamente verdadeiro, eu acho que é hã... uma das coisas de nós aprendemos na vida, são, são genéricas, ficam para outra coisas, muitas outras não hã... Resolver equação de Schroedinger num certo contexto é, é, é (*sic*) útil na nossa vida cotidiana? Provavelmente não, mas ter tido a disciplina de, de resolver aquele exercício, obter a resposta correta, raciocinar e ser capaz de tirar dali algumas consequências eu penso que sim, percebo sem mais, sem mais, sem adicionar mais nada é um exercício extraordinário para estudar o nosso intelecto não é, hã... Por que no final o que, o que nós queremos é exatamente isso, não é, queremos um médico com um intelecto bem estruturado, eu quero um advogado que saiba argumentar com um segurança, eu quero um político que saiba... Que tenha... Que esteja minimamente comprometido com a verdade, não é, e não com a mentira hã... E, assim sucessivamente, nós queremos, na nossa sociedade, profissionais que sejam capazes de, de dar respostas específicas para os problemas que nós colocamos, mas muitas vezes os problemas não têm respostas específicas, mas, hã... Vamos dizer, transplantando para a nossa sociedade aquilo que esperamos da educação e eu penso que isso é um exercício muito saudável, muito saudável, certo. Eu não vou, eu não vou, eu não vou deixar o meu automóvel certo, para o mecânico me dar considerações genéricas sobre... Eu quero que ele resolva o problema, desmonte e resolva o problema em questão, certo, hã... E é aqui que entra o termo sociedades não é, que são suficientemente sofisticadas para darem respostas específicas para os problemas que são colocados, mas como disse muitas vezes na ciência e principalmente na ciência, hã... Nos limites da ciência não há respostas específicas, nós não sabemos as resposta e é aí diferença entre certezas e investigação, não é, entre investigação aplicada e investigação... Investigação abstrata, investigação abstrata nós não sabemos a resposta, a investigação aplicada nós sabemos onde queremos chegar que é muito simples certo, quer dizer eu tenho um produto e quero melhorar aquele produto de algum ponto de vista hã... Quero que essa máquina tenha o mesmo peso, mas com uma bateria que dure duas vezes mais, não é, o contexto é muito específico, não é... Quem estuda materiais agora hã... Eu quero que uma certa quantidade de elétrons, elétrons livres tem que ser o dobro, certo, para a mesma unidade de volume, certo, hã... À medida que eu vou colocando os problemas vão ficando cada vez mais claros hã... Mas, se transplantássemos a mesma questão para o universo, nós não sabemos, nós não sabemos nem as leis que estão... Estamos tentando

apalpar, estamos tentando hã... É muito mais difuso do que isso e talvez por isso que a Cosmologia seja, seja paradigmática sobre esse ponto de vista, não, como disse, repito, Cosmologia não é observacional, quer dizer não é experimental, é observacional, é verdade que alguns fatos são, são muito próximo daquilo que extraímos do laboratório, quando olhamos para a radiação cósmica de fundo, essa radiação tem propriedades que são exatamente aquelas certo, que nós observamos quando analiso o espectro hã... De emissão de qualquer fonte luminosa ou birrado, etc. Portanto, sob esse ponto de vista sim temos o objeto, um objeto muito bem definido para os quais as propriedades físicas damos todas as respostas, mas hã... Quando falamos, quando falamos de coisas muito menos específicas, como a distribuição das, das galáxias, como quais são as sementes que devem dar origens a essas estruturas, quais são as protogaláxias, quais são os, os constituintes ainda mais fundamentais quando essa estrutura não existia, estamos aqui a procurar coisas muito mais difusas não é, e aí é entra necessariamente aquela, aquela componente imaginativa que mencionamos não é, falar... A discussão fica mais abstrata ao falarmos em termos de campos, campos que não conhecemos, porque sabemos que os campos conhecidos não explicam a dinâmica observada, portanto não sabem coisas que desconhecemos, nós vamos nos perguntar hã... Se existe um contexto no qual esses campos surgem naturalmente, um contexto na qual os parâmetros dinâmicos desse campo são consistentes com aqueles que dão origem a estrutura observada no universo e assim necessariamente e aí procuramos esses detalhes e encontramos um problema tão bem definido, aproximadamente tão bem definido quanto tentar encontrar um material que tenha o dobro de elétrons disponíveis para, para ser utilizado não é... E aí sim, a educação tem que ser centrada nos aspectos técnicos, tem que ser centrada na, na, na... Capacidade de, de, de (*sic*)... Calcular coisas, etc, etc... Que certo, esse aspecto dual da educação não é, hã... Por um lado quem toca violino tem que praticar todos os dias e é uma coisa mecânica, tem que ser feita para nós termos a habilidade manual para tocar uma peça ou para depois compor uma peça, é inescapável, portanto no contexto da Cosmologia do ensino o estudante vai ter que fazer cálculos, vai ter que treinar a mão, o braço como um violinista treina os seus dedos não é, e a posição do arco etc, etc... E, só depois que ele tem essa destreza ele vai ser capaz de ser ao mesmo tempo eficiente em dar respostas e eficiente em fazer perguntas, esse, esse... Provavelmente você está percebendo que a minha discussão é, é ambígua e dual não é, quer dizer eu preciso aprender a técnica, mas, por outro lado eu preciso aprender a raciocinar, para aprender a raciocinar eu preciso saber a técnica e assim sucessivamente, é um exercício muito delicado, não há... Onde começa um e termina o outro, alguns serão mais capazes de produzir ideias outros serão mais capazes de fazerem cálculos,

hã... Aqueles que são capazes de ter ideias e fazer cálculos são muito mais, são muito mais eficientes, muito mais bem sucedidos, hã... Aqueles que são criativos fazem, sabem fazer cálculos tem capacidade de trabalho, são concentrados e são capazes de ficar dez horas sentados numa secretária, esses são bem sucedidos e assim sucessivamente, mas há espaço para todos, então quer dizer haverá, haverá todos os, todos as pessoas, todos os feitos são possíveis não é, desde que a pessoa esteja disponível pra fazer aquilo, não é... Enfim novamente nunca tenho certeza de estar respondendo corretamente ou minimamente, de uma forma minimamente satisfatória suas perguntas, mas...

(...)²³

A imagem que nós fazemos do, do mundo certo, corresponde a fundamentalmente duas coisas, as nossas expectativas teóricas, são necessariamente e as nossas observações, hã... Isso fazemos desde sempre, desde sempre não é, nos tempos memoriais temos uma imagem do mundo que correspondia a maneira primitiva de pensar, hã... Pronto, que refletimos são os rumores, as indisposições, as boas disposições dos deuses, etc, etc... São maneiras de explicar os fenômenos, certo, mas qual, qual a deficiência básica dessa forma de raciocinar, que não é qualquer capacidade de fazer previsões não é, a ciência permite nos fazer previsões, não é, portanto, quando se criamos uma imagem do mundo, essa imagem do mundo, quer dizer, é uma imagem plausível, se ela cientificamente bem fundamentada, no caso Einstein, tinha dois fatos importantes que, que apoiavam essa imagem que ele fez do mundo, a primeira que curiosamente, curiosamente, aqui estamos a falar do maior, não é o maior erro de Einstein, talvez o maior erro científico de toda a história da humanidade, imagine esse senhor, certo, em 1917, tiver chegado à conclusão de que o universo estava em expansão por argumentos puramente teóricos, foi o que ele obteve em 1917, certo, seria a maior descoberta de sempre, literalmente, certo, o que... era o que as equações diziam, o que impediu o de dar esse passo fundamental ? Hã... A imagem que tínhamos do mundo e a culpa não era dele, ele não era astrônomo, os astrônomos diziam as estrelas estão fixas, certo, se as estrelas estão fixas, não há razão alguma para o universo estar a se expandir ou o universo estar a contrair, mas isso era a solução das equações, portanto ele assumiu provisoriamente, temporariamente que as equações estavam erradas e colocou lá um termo nas suas equações certo, e conseguiu manter, ainda que precariamente o universo com a posição das estralas fixas, no mesmo ano, no mesmo ano um colega, um astrônomo demonstrou que mesmo com aquele termo que ele

²³ Segundo Bicudo e Martins (1989, p.95) “o pesquisador fenomenólogo busca descrições bem organizadas da experiência que está sendo vivida pelo sujeito. D um modo ideal as descrições deveriam excluir os dados sem importância e incluir todas as afirmações relevantes para caracterizar o fenômeno experienciado de forma precisa e expressiva”.

tinha introduzido para manter o universo estável, o universo expandia, portanto não era por causa daquele termo... E, estamos aqui em 1917, seis anos depois, o astrônomo norte-americano Hubble demonstrou que Andrômeda era outra galáxia, não era... O universo não era um amontoado de galáxias, eram milhas separadas umas das outras hã... E, portanto quando falo da dinâmica do universo, eu tenho que olhar para as galáxias e não para as estrelas que, enquanto que, pronto, os astrônomos estavam olhando para... Em 1917 pensavam que todas as galáxias estavam amontoadas umas nas outras, portanto não faz mal se essas estrelas, essas estrelas são representantes de tudo não é, mas essa a astronomia em 1917, não é a astronomia... Portanto, o Einstein propôs a responder um problema para o qual a astronomia não estava pronta, portanto a imagem que a astronomia tinha do mundo estava equivocada, foi isso que o impediu de chegar nessa solução absolutamente extraordinária, seria uma descoberta absolutamente incrível, o universo está em expansão por argumentos puramente teóricos, por isso que é... Costumo chamar, eu gosto de chamar desse jogo e tanto é que posso demonstrar que gosto de chamar dessa forma, eu gosto de chamar isso de escolhas cósmicas, certo (nesse momento o professor alcança um livro seu que estava na sua estante). Todo teórico faz um conjunto de escolhas, é uma imagem do mundo, essas escolhas correspondem as, as, as aos termos (*sic*) que colocam nas suas equações, a matéria que coloca em cada um dos, dos termos, aos valores numéricos que esses termos assumem, é uma escolha hã... Essa escolha puramente teórica, mas claro ela tem que ser pra que não seja um exercício fútil tem que ter alguma coisa a ver com a realidade e todo e todo e todo o teórico já, já, já (*sic*)... Teve essa frustração toda vez que ele tenta capturar alguma ideia teoricamente através das observações conclui que ou ele é mal sucedido ou as observações não estão prontas para fazer aquelas.... Mas, por isso que eu chamo, eu julgo de escolhas cósmicas, temos que escolher aquilo que, o nosso universo, nós temos que escolher o nosso..., esse universo que está na minha folha de papel, não é, hã... E. isso de fato Einstein precursor de muitas, muitas ideias físicas que hoje nós estudamos, a relatividade geral, a mecânica quântica, em certa medida um dos fundadores da mecânica quântica, embora hã... Mais tarde muitos não estavam completamente a vontade com a teoria que emergiu desses movimentos, mas ele, além de tudo, além de tudo isso ele criou uma nova maneira de fazer física, a física era fatos, uma teoria e uma explicação para esses fatos. Einstein criou uma maneira completamente diferente, ele disse não, a teoria precede tudo, nós olhamos o mundo porque temos uma teoria, nós nunca olhamos o mundo em termos de fatos em bruto hã... A demonstração mais básica disso é o nosso corpo, nosso corpo só nos permite através da visão ver o espectro do visível, através da pele o infravermelho, temos nós uma teoria dentro de nós certo, nós só

conseguimos ter um... Essa é uma teoria para discutirmos o mundo não é, e para interagir com o mundo não é, Einstein disse não, a maneira segundo a qual interagimos são as teorias científicas, elas que determinam como eu vou ver a natureza, quais são os observáveis que interessam, antes eu pensava que certo, que hã... Eu fazia experimentação depois criava teoria, não, Einstein inverteu essa ordem, hoje isso é uma fatalidade mas no seu tempo isso foi considerado uma subversão, tanto é que a reação foi violentíssima, chamavam isso de ciência judia não é, são judeus que hã... São seres híper intelectuais que intelectualizam tudo, problematizam tudo, a ciência não é assim e uma porção havia essa ciência ariana, não é, que começaram com os fatos observacionais não é, com a experimentação. Sim hoje sabemos, não é, que não existe experimentação que faça sentido se eu não tiver uma teoria, o que eu vou experimentar? Quais são os observáveis que vou observar? Vou medir a temperatura? Vou, vou tirar fotografias? Eu preciso saber qual é o objetivo da minha experiência, certo. Porque você trouxe uma máquina, uma máquina de filmar e não um termômetro, certo? Você já tinha uma teoria daquilo que você pretendia hã... Quando observamos a natureza sempre temos uma ideia daquilo que queremos ver e essa ideia no sentido mais lato é a teoria, portanto hã... Os instrumentos, com os instrumentos intelectuais que estavam disponíveis no tempo de Einstein foi a primeira vez na história da humanidade, teve condições de falar em um universo do ponto de vista científico, até então hã... Não tínhamos uma teoria científica que, que aproximasse, que tivesse o rigor necessário para entender a evolução do espaço-tempo, o universo é o espaço-tempo e se o espaço-tempo evolui o universo evolui, portanto foi só com a relatividade geral que esses instrumentos surgiram, depois disso, claro com a equação de Einstein que necessariamente um termo de geometria, um termo de matemática, podemos saber quais os constituintes materiais o e aí novamente, há uma imensa escolha, novamente agora o teórico tem que voltar e perguntar humildemente, muito bem meus senhores físicos de partículas, físicos nucleares, hã... Qual o conteúdo do universo nesse período? Qual o conteúdo do universo naquele período? Quais são como é que as partículas, interagem, interagem nessa hã... Entre essas duas fases e assim sucessivamente, portanto é um diálogo constante entre, entre o teórico, o teórico da gravitação com o teórico da física de partículas, o teórico da gravitação com o teórico da astrofísica, o teórico com o teórico da física nuclear e assim sucessivamente, portanto Cosmologia transformou-se necessariamente numa aérea de integração do conhecimento, como a astrofísica já o era, física também, a astronomia passou de uma fase descritiva, vamos dizer até século XIX, a partir da segunda metade do século XIX, começou final do século XIX, começou a se transformar em uma outra ciência, a ciência da astrofísica, na qual já começava surgir ainda que imprecisamente, embrionariamente ideias

para explicar que o observado, que é certo, para termos uma ideia certo, é suposto até a segunda metade, até a primeira metade, segunda metade do século XIX não é, até então supunha que não sabia, que nunca ia saber alguma coisa sobre as estrelas, mas depois os astrônomos foram, foram extraordinariamente sagazes, se eu consigo tirar o espectro de uma estrela, esse espectro é exatamente o espectro dos elementos no laboratório, portanto a comparação disse que tenho cálcio duplamente ionizado naquela estrela, certo. Quais as estrelas que tem cálcio duplamente ionizado? E assim foi possível classificar as estrelas segundo o seu espectro não é, se eu classifico as estrelas começo a entender sobre a sua estrutura íntima, sobre a sua dinâmica mais... Portanto, e se consigo entender essa dinâmica aí, não precisamos mais falar de física, já não estamos mais a falar em astronomia, estamos a falar de astrofísica não é, portanto a física dos astros, portanto hã... E essa ciência quando começou a ser desenvolvida hã... Ficou claro que uma teoria era uma ciência de toda a física, ela envolvia a gravitação, ela envolvia o transporte de energia do centro da estrela a sua periferia, isso é um transporte radioativo, ela envolvia física nuclear porque só através da física nuclear era possível explicar que de fato havia energia produzida no seu centro e só foi entendida a partir dos anos 30 do século passado e assim sucessivamente, mas a astrofísica já era uma ciência de integração, a Cosmologia atingiu esse nível pronto, inicialmente umas décadas depois, umas três ou quatro décadas depois. As pessoas começaram a falar em hã... Cosmologia e física de partículas, estamos aqui a falar da década, final dos anos 60, início dos anos 70, algumas décadas depois, hã... Portanto, sim o Einstein tinha uma ideia teórica, essa ideia teórica não estava, não estava pronta para o seu tempo, se obrigou a voltar atrás ao invés de levar a sério essa, essa solução espaço-tempo, na qual o universo expandia e optou por uma solução estática e depois teve que alterar as equações, depois como o universo expandia ele pensou pronto, então esse termo é desnecessário, mas como a história é cheia de, de, cheia de sutilezas hoje estamos de volta com esse termo, esse termo é importante para muitas coisas, pode ser, pode ser o termo que explica a expansão acelerada do universo, pode ser, não sabemos.

(...)

Se, se pensarmos, vamos ver, se assumirmos que a relatividade geral é a teoria, então certo, o conteúdo, temos que especificar qual o conteúdo material do universo, contudo material esse que hã... Quer dizer é necessariamente as partículas elementares, mas quando vamos estudar alguns objetos como galáxias, como enxame de galáxias, não é suficiente, não é suficiente porque esses objetos estão em rotação, alguns deles em espirais e as estrelas na sua periferia giram mais rapidamente do que no seu centro e isso é um dos paradoxos que nós temos hoje,

isso é possível se existe energia escura ou então nós não percebemos a teoria da gravidade não é, hã... Portanto, se assumirmos, se assumirmos a relatividade geral que é claramente um dos pilares teóricos, então, teremos eu diria que duas vertentes muito claras, uma que temos que ter matéria escura porque como eu disse as galáxias não rodam como deveriam, hã... Como os enxames de galáxias hã... Têm fragmentos de galáxias com velocidades muito maiores do que aquilo que seria supor se observássemos só a matéria visível, certo, a ideia é muito simples, se esse sistema, se esse sistema é fechado é porque tem energia gravitacional para mantê-lo fechado, mas eu mecho energia luminosa visível e chego à conclusão que eu tenho dez vezes menos matéria que deveria para manter esse sistema coeso, portanto tem que haver alguma coisa que eu não vejo, certo, matéria escura, hã... Eu vejo luz ser curvada nas vizinhanças de galáxias ou enxames de galáxias de uma forma que não pode ser explicada através do que eu vejo, não é, com a matéria visível, novamente tem que ter mais matéria e assim sucessivamente, portanto hã... Todas as observações colocadas juntas, não é, dão a ideia de que exista a matéria escura, portanto esse é um pilar importante, outro pilar é que essa expansão acelerada, ou seja, seja do fato de existirem objetos muito muito distantes cuja a luz é mais tênue, mais fraca do que supúnhamos, supúnhamos num universo em expansão hã... Exige que esse universo esteja expandindo mais rápido do que supúnhamos, portanto esse é um outro pilar que se da origem a chamada energia escura e finalmente pronto, a base teórica disso tudo é que hoje chamamos o modelo padrão cosmológico que envolve relatividade geral e todas as áreas da física hã... Que, que nós conhecemos, física de partículas, modelo padrão das partículas fundamentais, modelo, modelo da física nuclear e assim sucessivamente, portanto o que nós temos é uma imagem, as peças do quebra cabeça vão sendo montadas gradativamente, algumas peças estão bem encaixadas outras não, mas hã... Certo, se eu tenho um quebra-cabeças certo, falta só uma peça e alguém me traz uma peça que não encaixa naquela, certo, eu percebo que aquele quebra-cabeça não está completo não é, e eu penso que é mais ou menos a situação que temos hoje, não conseguimos, primeiro não conseguimos completar o quebra-cabeças tal como ele se apresentam, não estão lá todas as peças e algumas peças é claro que não se encaixam com as peças já existentes, portanto, significa que, sim está tudo por fazer ainda em certa medida e isso é ótimo.

_ Professor, no seu livro o senhor dedicou um capítulo aos quasares, o senhor poderia falar um pouco sobre eles.

Bom, quer dizer hã... Esses objetos são aquilo que costuma-se designar por núcleos ativos de galáxias, portanto são galáxias que são anormalmente ativa do ponto de vista de emissão de energia, existem vários exemplos dessas galáxias , galáxias que emitem

predominantemente no visível, há galáxias que emitem fortemente no rádio e assim sucessivamente, várias vertentes, mas mais recentemente observou-se alguma dessas galáxias com emissão variável, isso parece, parece banal mas não é tão banal com isso porque estava a ver se uma coisa varia num escala cósmica, estamos a falar de milhões e milhões de anos, portanto tem que fazer medições durante milhões e milhões de anos não é, ou então essa variação é tão abrupta que pode ser observada não é, e de fato alguns desses objetos hã... A luminosidade varia em escala () o que é extraordinário, portanto, estamos aqui a falar de objetos muito distantes, muito ativos e pelo fato de serem muito ativos emitem muita energia, portanto podem ser vistos a grandes distancias hã... Há uma teoria chamada hã... Chamada teoria unificada, segundo a qual todos esses objetos são um mesmo objeto hã... Eles são tão diferentes um dos outros dependendo da maneira como eu os vejo certo, se eu olhar um objeto assim a emissão frontal na direção ótica eu vou pensar, eu vou pensar que ele é um quasar, se tiver um bocadinho inclinado a emissão, a emissão não é tão frontal, portanto posso pensar que é uma galáxia Seiffer e assim por diante, portanto sim são objetos que chamam, chamam a nossa atenção pelo fato de que hã... Longe de vivermos num universo harmonioso onde está tudo em equilíbrio, não há grandes demonstrações de violência, os objetos são muito violentos, eles são de fato, correspondem a cataclismos em escala cósmica, alguns deles mesmo, mesmo mortais, letais mesmo, por exemplo se alguma explosão de raios gamas estiver na nossa vizinha, a nossa civilização literalmente desaparece, não é, portanto isso nos dá uma noção... E, eu penso que a Cosmologia tem esse aspecto que talvez nenhuma outra ciência tenha não é, é que coloca-nos numa escala tão insignificante, as distancias envolvidas, as escalas de tempo são tão, são tão inimagináveis que a escala da nossa vida, a escala cotidiana que vivemos é, é, é (*sic*) absolutamente insignificante, não é. E só, só aqueles que raciocinam de uma forma muito, muito primitiva puderam alguma vez pensar que nós estávamos no centro do mundo, no centro dos acontecimentos cósmicos, isso é tão patético, tão, tão absurdo não é que pronto, é mesmo uma forma primitiva de pensar, mas isso não quer dizer que não somos importantes, olha lá, e pronto, uma das questões desse... Eu acho que a vida é um fenômeno natural e, portanto, é generalizado, existe em todo o universo, nós não somos um caso isolado, estou convencido que não somos um caso isolado, mas hã... Isso não quer dizer muito, porque nós sabemos que existe uma diferença gigantesca entre um elefante e uma ameba, são todos seres vivos, todos nós temos a mesma origem, portanto hã... Sim, existem formas de vida completamente inimagináveis pronto, para as quais, pronto a nossa imaginação sequer seria capaz de imaginar, mas, os universos são tão grandes e as hipóteses de alguma vez nos depararmos com essas formas diferentes de vida é diminuta,

portanto sim eu acredito que a vida é um fenômeno generalizado, mas eu não, não vejo muitas hipóteses de alguma vez nos depararmos com outras formas de vida, hã... Mas enfim, portanto hã... Sim, estamos constantemente colocados na nossa escala não é, e se pensarmos certo, e se pensarmos que alguns quasares emitem em alguns segundos a energia que a nossa galáxia emite em séculos, portanto coloca-nos a escala dos acontecimentos não é, hã... Algumas explosões de raios gama são objetos muito compactos ninguém sabe qual o mecanismo central e em um segundo emite mais energia que o sol emitiu em toda a sua história, essa é uma ideia da violência desses fenômenos, portanto sim, esse é um universo de fato grandioso que muitas coisas que de fato desafiam a imaginação.

SUJEITO DE PESQUISA 2

Hã... Cosmologia é essencialmente o estudo da origem e evolução do universo, portanto é uma, é essencialmente a aplicação de física, portanto as leis da física, os princípios da física ao estudo do universo como um todo, portanto o universo em larga escala.

(...)

Hã... Aquilo que nós sabemos é que o universo começou, pelo menos a região do universo que nós observamos começou num estado extremamente quente extremamente denso, hã... Muito mais simples, simples do ponto de vista da física, há uma definição técnica de simplicidade em física, se você quiser podemos falar disso mais tarde hã... Começou nesse estado simples mais quente e denso e a partir daí foi evoluindo, portanto foi expandindo (arrefecendo) e gradualmente foram se formando as estruturas que nós observamos em grande escala, as galáxias, os enxames de galáxias, etc. E esse processo de evolução das estruturas é essencialmente um processo gravitacional que se deve ao fato da interação gravitacional ser sempre uma força atrativa, mas precisa de mecanismos para gerar flutuações iniciais de densidade, são esses mecanismos é uma questão um pouco diferente das que hoje em dia estão a estudar, está a teoria do Big Bang muito bem fundamentada.

(...)

Eu acho que até a pouco tempo, até a vinte anos digamos a Cosmologia era uma aérea de exploração livre no sentido do que quase não havia dados observacionais, portanto havia imensas teorias poderiam ser postuladas, muito dificilmente eram separáveis (), hoje não é o caso, Cosmologia é totalmente liderada e impulsionada, catalisada por resultados observacionais, portanto é extremamente difícil a existência de modelos alternativos que

estejam em desacordo com, com a descrição global que temos do universo, as teorias podem diferir em pequenos detalhes, teorias são, não são necessariamente fáceis de testar como já testamos atualmente, mas em termos de visão global se quiseres, estrutura global da teoria, imagem conceitual, essa, essa (*sic*) imagem está muito bem conhecida do ponto de vista observacional, portanto é praticamente impossível ter uma descrição que seja completamente diferente dessa, pelo menos () observacionais, portanto pode ser postulado uma teoria que seja indistinguível daquela que nós conhecemos, mas ser distinguível não é muito útil do ponto de vista científico, por outro lado, se tem diferenças observadas essas diferenças são testáveis e muito das coisas que são, que correm naturalmente em teorias alternativas é fácil de mostrar que são, que estão compatíveis com os dados observacionais, portanto isso não quer dizer que a visão que temos do mundo atualmente seja completamente correta e de fato há coisas que nós não sabemos, 96 % do conteúdo do universo são coisas que chamamos de matéria escura, energia escura que nós nunca detectamos em laboratório, deveria ser indireta observacional pelo fato delas existirem, mas nunca as vimos em laboratório, então da mesma forma que, já vimos um elétron um próton no laboratório, isso de fato nós já sabemos o que são, mas isso até certo ponto isso são detalhes do modelo, em termos de estrutura global, essa está muito bem determinada e é muito difícil termos um modelo diferente por tipicamente esse modelo diferente dar-te-á também previsões observacionais diferentes que não vão estar de acordo com, com o que quero saber.

(...)

Se quiseres há dois níveis de detalhes, ao nível mais elementar a... Aquilo que eu chamo às vezes de, só para fazer um pequeno parênteses, eu não dou aula no ensino secundário, mas trabalho frequentemente com o ensino secundário, naquele programa Astrocamp que tivemos sábado passado, também vou muito frequentemente a escolas das palestras (), mas, mas voltando a pergunta, a forma como em geral eu explico isso aos alunos do ensino secundário em primeira aproximação há três pilares observacionais do modelo padrão da Cosmologia, chamado modelo do Big Bang. O primeiro é o fato de o universo estar a expandir e as escalas das galáxias, galáxias se afastarem entre si com uma velocidade que pelo menos em uma primeira aproximação é proporcional a distância entre elas, isso chama lei de Hubble que não é completamente rigorosa, mas é uma boa aproximação, portanto é válida a escalas quilômetros por um, hoje em dia, se fizer essas observações em escalas muito, muito grandes hã... Há pequenas correções, que são correções relativísticas que tem a ver com a curvatura do universo, etc. Mas em primeira aproximação a lei de Hubble é válida e uma aproximação direta do modelo, portanto que foi confirmada, portanto esse é o primeiro pilar. O segundo é,

é aquilo que chamamos da síntese primordial, abundância primordial dos elementos leves, o hidrogênio, o hélio o lítio foram formados no início do universo, mais ou menos nos três primeiros minutos do universo e o modelo prevê isso muito bem, consegue prever todas essas abundâncias que tendo apenas um parâmetro livre, que é essencialmente o cociente entre o número de bárions, prótons, nêutrons e o número de fótons que está em exceção e esse único parâmetro controla todas as abundâncias ativas desses elementos, portanto isso também está muito bem estudado, muito bem documentado, e o terceiro que a existência de algumas propriedades mais simples da radiação cósmica de fundo, a radiação cósmica de micro-ondas, o universo por já hã... Uma vez já foi mais quente e mais denso, essa radiação primordial ainda está no universo, por definição não é nada fora do universo simplesmente esse ponto de radiação é hoje muito mais frio, com uma temperatura de aproximadamente 2,7 K hã... E essa temperatura foi detectada e não só foi detectada, mas as propriedades estatísticas dessa temperatura são conhecidas, foram caracterizadas e mais uma vez estão () se quiseres em primeira aproximação são as três grandes previsões do modelo do Big Bang que foram confirmadas, depois ao nível seguinte aspectos mais, mais esteriodos () por exemplo, com as características específicas dessa radiação cósmica de micro-ondas, as propriedades estatísticas com a qual as características das flutuações que afetam também as características que observamos hoje, suas coisas devem estar relacionadas, se as flutuações que observamos, radiação cósmica de fundo são aquelas que deram origem as galáxias, os enxames de galáxias amplitude primordial dessas flutuações traduz alguns cálculos nas flutuações que observamos hoje, estar mais especificamente essas propriedades há um grande conjunto de outros dados observacionais.

(...)

Sim hã... Eu acho que mais uma vez aqui há dois níveis de detalhes, se quiseres. Um, portanto, um nível mais básico, mais conceitual, hã... É a forma como a nossa cultura articula a nossa visão do universo, portanto acho que é importante para toda a gente ter pelo menos uma ideia básica, sem os detalhes técnicos obviamente, mas ter, ter (*sic*) uma ideia básica da visão do universo, da cultura em que se vive, se tu quiseres um nível mais elementar, depois a um nível um pouco mais técnico, ao fato de este modelo tem, tem consequências práticas para a física, para a química, por exemplo, e um exemplo interessante disso é que no sistema de ensino Português, no plano curricular química e física, os alunos aprendem esta descrição do modelo do Big Bang no décimo ano, agora o currículo está a ser revisto numa nova versão diferente, mas mesmo na qual os alunos aprendem isso tudo no décimo ano, portanto, o modelo no Big Bang no contexto da química, essencialmente na

formação dos elementos da tabela periódica, eles precisam saber que os elementos mais leves foram formados no início do universo, os elementos até o ferro foram formados nas estrelas, os elementos a partir daí foram formados nas explosões de supernovas etc. Portanto, isso tem alguma aplicação direta na, em outras áreas da física e da química particularmente, mas eu diria que, mais importante do que isso tem a ver com o primeiro aspecto, ser parte integrante da, da, da (*sic*) descrição que a nossa sociedade que a nossa cultura tem do universo em que vive e a forma como se encaixa nesse universo.

SUJEITO DE PESQUISA 3

O que é estudar Cosmologia? Cosmologia é o estudo do universo em larga escala, portanto quando, quando, quando (*sic*) falamos do universo em larga escala, estamos a falar de escalas mesmo muito grandes, escalas que vão ter, portanto, a escala maior que conseguimos observar é da ordem de umas dezenas de milhares de milhões de anos luz, portanto o nosso universo, é um universo que tem uma idade cerca de quatorze mil milhões de anos e a luz desde o evento deste chamado big bang ou grande explosão, a luz, uma vez que não se desloca a uma velocidade arbitrariamente grande, portanto existe, tem uma velocidade finita hã... A luz consegue se deslocar desde esse instante cerca de quatorze mil milhões de anos luz, portanto, não é exatamente assim que o universo expande, à medida que a luz percorre, mas é mais ou menos isso que acontece, portanto nós temos acesso do ponto de vista de informação, quando escala do universo () temos acesso a essa região do universo a que chamamos nosso horizonte e portanto, o estudo do universo, portanto a Cosmologia abrange desde essa escala, que é a escala máxima que conseguimos obter informação, até hã... A escala de galáxias, portanto para quando já estamos a estudar as galáxias, basicamente aquilo que está envolvido, portanto, se temos () hoje a expansão do universo em larga escala tem pouca influência naquilo que está a acontecer e portanto podemos dizer que a Cosmologia já não é portanto, mas quando estamos a estudar escalas maiores que as galáxias, até a escala do nosso horizonte, então essas são as escalas grandes () no ponto de vista da Cosmologia.

(...)

Hã... Eu gosto sempre quando falamos do universo, gosto sempre de da uma regra de que, para que, daquilo que está bem estabelecido para aquilo que não está bem estabelecido. E aquilo que está bem estabelecido é a evolução do universo, hã... Não próximo do Big Bang, mas desde cerca de um segundo depois da grande explosão, portanto a partir do segundo de

vida, há uma série de acontecimentos no universo, que tem consequências que nós podemos observar e podemos comparar aquilo que os nossos modelos preveem com aquilo que é observado, portanto disso podemos testar a previsão desses modelos e os modelos que temos para o universo dão uma descrição bastante precisa daquilo que nós observamos, portanto desde o início da idade () até a idade atual do universo. Que se passa se ao invés de andar para frente no tempo, andarmos para traz, aquilo que se passa é que, uma vez que e o nosso universo está a expandir, se andarmos para traz no tempo ele vai se tornar cada vez mais denso, cada vez mais compacto e também à medida que expande isso faz com que o comprimento de onda das partículas sejam esticadas, portanto passa-se aquilo que chamamos de desvios para o vermelho, portanto hã... Por exemplo, a luz azul transforma-se em luz vermelha devido à expansão do universo, portanto os comprimentos crescem e a energia da luz torna-se cada vez menor () se nós formos para traz no tempo é exatamente o contrário que acontece, o que acontece é que a medida que caminhamos para o big bang as partículas do universo tem cada vez mais energia e portanto, as escalas de energia em que são formadas são cada vez maiores e portanto, chegam a uma determinada altura que conseguimos atingir energias tão grandes que nós não somos, não temos capacidade para na Terra construir aceleradores de partículas que consigam atingir essas energias e portanto, estamos a entrar, se quiseres na física que é desconhecida e o que é interessante é que essa física que é desconhecida ou quando tu queres conhecer () nós não somos a parte de estar em laboratório na terra, portanto nem nos grandes aceleradores de partículas essa física que é um bocadinho especulativa pensa-se que poderá ter sido responsável pelas estruturas que nós hoje observamos no universo, portanto se hoje nós observamos galáxias, se observamos enxames de galáxias, essas estruturas formada a partir de flutuações de densidade muito pequeninas, que a gravidade amplificou e tornou-se transformou essas pequenas flutuações em grandes flutuações, mas essas pequenas flutuações tinham que lá estar desde tempos muito remotos e portanto, essa ligação entre aquilo que é observado hoje no universo que é observado a baixas energias que o nosso universo estaria em grandes escalas com física que está a passar no nosso universo a escalas muito pequeninas e grandes energias, esta ligação não está completamente bem estabelecida e não está porque o melhor laboratório que temos para testar essas energias em muitos casos o próprio universo, não temos um laboratório alternativo onde possamos confrontar aquilo que observamos com testes experimentais e portanto, no fundo estamos a utilizar o universo como um grande laboratório de física fundamental.

(...)

Portanto, no texto, se pegar a expansão aquilo que significa é que objetos que estão... Portanto, nós podemos medir a velocidade de objetos do universo, da mesma forma que, uma forma precisa como aquela que conseguimos medir, por exemplo a velocidade de um comboio na Terra, portanto se nós fecharmos os olhos e ouvirmos o som que vem do comboio conseguimos saber se ela está a se aproximar ou está a se afastar, devido ao som ser mais grave, mais agudo ou mais grave, dependendo de ele estar a se aproximar ou se afastar. Há um fenômeno que ocorre com a luz, portanto enquanto que o som precisa de um meio para se propagar, a luz propaga-se no vazio, mas sofrem efeitos semelhantes, portanto se nós tivermos objetos que estão a se afastar de nós, aquilo que acontece é que o comprimento de onda da radiação que nós mediríamos radiação emitida por esses objetos, nós mediríamos se tivéssemos a acompanhar o objeto em diferentes de se nós estivéssemos a acompanhar o objeto, portanto se vemos a afastar, o comprimento de onda é desviado para o vermelho, se os objetos estivessem a aproximar seriam desviados para o azul, ou seja, se o objeto está a afastar o comprimento de onda estica, se estiver a aproximar nós vimos um comprimento de onda menor e, portanto está é a ligação da velocidade com dos objetos e o que nós verificamos é que quanto mais longe estamos dos objetos, mais depressa eles estão a afastar de nós e isso verifica que existe uma relação entre a velocidade que está a afastar e a distância, portanto a velocidade é proporcional à distância e, portanto isso é consistente com um universo que aproximadamente homogêneo e isotrópico, homogêneo quer dizer que o universo é mais ou menos igual em todo o lado e isotrópico quer dizer que é mais ou menos igual em todas as direções. E isso só é válido em muito larga escala, se nós olharmos o universo a nossa volta não é assim, portanto se olharmos a nossa volta, vemos grandes e enormes galáxias, a escala do sistema solar, a escala das galáxias, mas se olharmos em muito larga escala, portanto a escala cosmológica então, o universo é aproximadamente homogêneo isotrópico e está a se afastar, nós verificamos esse desvio para o vermelho que evidencia que está a se afastar, quer dizer os objetos estão a se afastar, os objetos distantes estão a se afastar de nós, essa é uma evidencia científica para a expansão do universo, depois existem outros aspectos, a expansão não se dá sempre da mesma forma, existe uma dinâmica, existe uma hãm... Matéria, energia no universo e essa matéria e energia tem influência na forma como o universo evolui e para surpresa de grande parte dos cosmólogos, hãm... Foi descoberto, portanto há uns anos atrás, que o nosso universo estava em expansão, que o nosso universo estava a acelerar, ou seja, que o nosso universo está a expandir cada vez mais rapidamente e essa descoberta, hãm... Portanto, por um lado é surpreendente, por outro lado, em indicativa da presença de uma componente de energia estranha, com efeito, em vez de ser atrativo, é um

efeito repulsivo e foi uma descoberta que foi consagrada com o prêmio Nobel da física muito recentemente, portanto em 2011, vale a pena verificar, mas acho que é 2011, hã... Portanto, foi, foi (*sic*) esta descoberta foi feita, portanto olhando para a dependência do brilho das chamadas supernovas, portanto resultam hã... Podemos dizer de uma forma simples, resultam da morte de uma estrela, portanto uma grande explosão que está associada à morte de uma estrela e que durante um tempo de vida, relativamente curto, de vários dias e semanas, hã... Basicamente o brilho dessa estrela é comparável ao brilho de uma galáxia inteira que tem milhares de milhões de estrelas e, portanto, olhando a forma como o brilho dessas supernovas varia com a distância, hã... A que essas supernovas estão de nós, conseguimos verificar, inferir que o nosso universo estava a acelerar na sua expansão.

(...)

Quando se fala da teoria do big bang, é importante distinguir dois aspectos. Um aspecto é o que acontece no universo próximo ao big bang e relativamente o que acontece próximo ao big bang é hã... Há muita incerteza, portanto o universo pode até nem ter tido o big bang, portanto relativamente a isso há muita liberdade, do ponto de vista da construção de modelos e quando se diz que o termo big bang é, nesse sentido, quando vamos para trás no tempo, nós vamos atingir um estágio do universo em que ele era muito quente e denso e o nosso horizonte, portanto, aquilo que nós conseguiríamos observar se lá estivéssemos era relativamente, seria relativamente reduzido, portanto, ou seja, as escalas importantes eram muito pequenas e as escalas de energias, escalas hã... Escalas especiais e importantes eram pequenas e escalas de energias eram muito grandes. Agora, é possível, não é impossível, que o universo tenha tido origem, portanto que ele tenha sido extraordinariamente denso, mas quando vamos para trás, tivesse acontecido algo que se chama (), portanto o nosso universo ao invés de ter começado nesse estágio muito denso, pode ter começado num estado de muito baixa densidade, estar a colapsar e depois... Mas quando falamos do big bang, hã... Estamos no fundo a dizer que num passado remoto, o nosso universo era extraordinariamente denso, extraordinariamente quente. Agora e, portanto, relativamente ao início existe, do ponto de vista teórico, grande liberdade, grande incerteza. Relativamente hã... A história do universo, passado um segundo de idade, não existe assim tão grande liberdade, portanto eu não conheço nenhuma teoria alternativa ao big bang que não seja equivalente porque há casos de, em função de interpretações alternativas, mas basicamente o que está em causa é exatamente a mesma função, mas não conheço nenhuma teoria que consiga explicar todos os dados observacionais. Houve no passado, a teoria do universo estacionário, mas esta é uma teoria que está completamente posta de parte, de alguma maneira existem fatos no nosso universo

que tem alguma semelhança hã... Com aquilo que era previsto por essa teoria, mas só isso e basicamente essa teoria não explica aquilo que nós observamos no universo.

(...)

Em relação à Cosmologia, há muito coisa que pode ser abordada, em primeiro lugar, de uma forma relativamente simples, por exemplo, em primeiro lugar existem observações que nós fizemos acerca do universo, são observações simples, que nos dizem coisas que são muito profundas acerca do nosso universo e que, do ponto de vista histórico também é interessante, foram coisas que foram pensadas há muito tempo, hã... Eu dou como exemplo o fato da noite, do céu ser escuro a noite é algo que nos diz algo muito profundo acerca do nosso universo, nós podemos tomar isso como evidente, mas se tivermos em conta que se o nosso universo fosse infinito no espaço e infinito no tempo e estático, o que seria um bom modelo para o universo no século, portanto antes.... Hã... Antes da descoberta da expansão do universo, hã... Em qualquer direção que nós observássemos, nós veríamos uma estrela e é possível ilustrar apenas com a geometria que o brilho de uma estrela () não depende da distância que a estrela está, portanto se nós colocarmos a estrela mais longe, ela nos parece menos brilhante e é menos brilhante por um fator de $1/d^2$, mas a área do pôr do sol, varia do mesmo fator, portanto o brilho por unidade no céu, portanto o brilho por unidade no céu não depende da distância, portanto se nós conhecemos um universo infinito, estático, infinito no espaço e no tempo, estático, em qualquer direção que observássemos iríamos ver uma estrela e o céu iria aparecer completamente iluminado a noite, portanto se verificamos que isso não acontece, a noite existe, temos uma observação, que é uma observação que está a dizer algo muito fundamental acerca do nosso universo, pois não, entre outras coisas, portanto há analogia entre várias possibilidades para a evolução do universo, universo que expande para o centro, universo que expande até uma certa altura e colapsa com o movimento dos corpos celestes, portanto quando atiramos um objeto da superfície da Terra, agora vamos esquecer o atrito, se o atirássemos a uma velocidade maior que a velocidade de escape, ele conseguiria sair da influência da ação da Terra, se o atirássemos com uma velocidade menor que a velocidade de escape hã... Portanto, sobe até uma determinada altura e depois colapsa depois para a Terra, isso é perfeitamente análogo aos modelos, hã... Portanto, os modelos de evolução de universo em que temos expansão para o centro, expansão até uma altura e colapsa, portanto isso são exemplos muito simples de abordagens que podem ser feitas hã... Usando conhecimentos que são conhecimentos que são pertinentes aos alunos a um nível, que é um nível relativamente básico, não são conhecimentos muito, muito complicados. Por outro lado, um outro aspecto que acho interessante na Cosmologia é a ligação entre temas muito

distintos, portanto a uma ideia que a Cosmologia, o objeto de estudo é o nosso universo e para estudarmos o nosso universo globalmente, teríamos que estudar tudo, portanto há muitos conhecimentos, há muitas coisas em jogo para a, de alguma maneira conseguirmos fazer essa descrição, portanto a ligação entre esses vários conhecimentos também é algo que a Cosmologia nos dá e algo que pode ser aproveitado de forma muito positiva para o ensino, portanto, mostrar que existem muitos aspectos envolventes e analogias, por exemplo analogia entre o som e a luz, comportamento do som e comportamento da luz, os comportamentos são diferentes, mas há coisas em que são semelhantes portanto, é possível aproveitar essas analogias ao nível do ensino, ao nível do ensino parece muito interessante.

Aqui, são abordados, agora não sei, portanto são abordados vários conceitos da astronomia, ao nível da Cosmologia eu já não me lembro exatamente a que nível, mas eu penso que a questão do desvio para o vermelho, a expansão do universo, portanto a um nível muito básico, muito aquém... Já tem muito tempo que não olho para isso, portanto, neste momento, não sei exatamente.

SUJEITO DE PESQUISA 4

Cosmologia é o estudo do surgimento do universo, pra mim é isso.

(...)

Olha... Eu não sei se eu parei para pensar assim efetivamente no que, que eu acredito, eu acho que a teoria do big bang, por exemplo, ela é a melhor teoria que nós temos, mas eu ainda acho que ela nos deixa um monte de dúvidas, né. A gente tem uma série de evidências de que o universo teve um começo e é meio complexo tu pensar que bom, não foi alguém apertando um botão, mas é como se fosse, como se tivesse sido.

(...)

Por exemplo, se há um começo o que havia antes? Era o nada absoluto? E o que determinou inicialmente a velocidade de expansão, os fatores como temperatura hã... É algo que a gente teria que estudar Cosmologia a fundo pra, pra não ter essas dúvidas e poder defender, digamos assim com unhas e dentes a teoria do big bang e na minha formação eu não tive essa, essas respostas.

(...)

Bom... Esses estudos recentes sobre a possibilidade do universo continuar se expandindo indefinidamente, acho que eles corroboram a hipótese de que o universo teve um começo e

toda essa descoberta da matéria escura e a proposta da energia escura, elas de certa forma também não vão ao encontro ao fato de que o universo teve um começo. A própria descoberta do bóson de Higgs no LHC, acho que também reforça a hipótese do big bang, de que lá no começo havia esse campo de Higgs onde partículas passaram e adquiriram massa, etc e tal.

_ Qual a importância do ensino da Cosmologia nos diferentes níveis de ensino?

Bom, no Ensino Superior, se a gente estiver falando de um curso de formação de professores de física, eu acho que é fundamental né, porque esses professores, eles vão estar lá no Ensino Médio, eles tem uma responsabilidade muito grande de transmitir ideias cientificamente corretas e epistemologicamente coerentes para os estudantes da educação básica né, se a gente fala de um curso superior de formação de professores, eu acho que o enfoque é esse e eu acho que para os estudantes do Ensino Fundamental se engajarem em estudar ciências né, hã... Se motivarem, a saber, mais sobre o tema é fundamental que eles tenham uma visão minimamente rica da Cosmologia né. Eu acho que o estudante, ele tem que perceber o universo como a casa dele né, hã... Saber o seu lugar nesse universo, onde é que está o sistema solar, onde é que está a Via Láctea nesse sistema, que idade tem esse universo, saber que quando a gente olha para as estrelas, a gente está olhando para o passado, tudo isso eu acho que é fundamental para o aluno da educação básica, para ele se motivar, a saber, mais sobre ciência, para ele querer ser um cientista um dia talvez e, portanto, quem está na formação de professores tem que ter uma bagagem ainda mais substancial.

(...)

Eu acho que sim porque é importante que os estudantes lá da educação básica tenha essa perspectiva que a ciência, ela é uma construção humana, a gente não trabalha com a realidade diretamente, a gente trabalha sempre com modelos sobre a realidade e que eu posso escolher modelos melhores, modelos piores, acho que do ponto de vista epistemológico é muito importante.

SUJEITO DE PESQUISA 5

O que é Cosmologia pra mim? Bom, não tenho muito conhecimento sobre Cosmologia, também nunca fui muito a fundo, talvez até porque ela puxe por partes da física que eu não tenho muito domínio, é... Eu não tenha muito buscado o estudo da Cosmologia. É... Eu sei que ela envolve bastante conhecimento da teoria da relatividade geral de Einstein, física quântica e além do que eu diria que assim, ela é uma, é uma área um pouco distante do nosso dia-a-dia e... Parece assim um estudo ainda um pouco é... Ainda divaga muito para o meu

gosto, digamos assim né (risos), é assim que eu penso pelo menos. Então, não é uma coisa que me atrai muito, mas Cosmologia, se eu fosse dizer assim, o que eu entendo por Cosmologia? É o estudo do universo, estudo do cosmos mais especificamente o estudo dos tipos de universo que existem, as formas de universo que existem, hã... Como que o universo se formou, possibilidades, como que ele pode terminar, se é que vai haver um fim, como vai terminar esse universo, né. E como a gente conhece o estudo de... Tá (*sic*) envolvendo o estudo de matéria escura que a gente ouve falar tanto hoje, energia escura, mas que eu particularmente não sei exatamente o que é, hã... Essas possibilidades de outras missões, viagens, viagem através de buracos de minhoca, como a gente diz, é uma expressão na teoria da relatividade seja, existir talvez outros universos, é... Pra mim é o estudo do universo né, eu entendo isso como sendo Cosmologia, tá, então eu não vou abrir mais isso, porque realmente não tenho muita, muito conhecimento na área.

(...)

A minha concepção... Complicado (risos), muito complicado, existem essa famosa teoria do big bang, mas é... Eu confesso que é uma teoria que eu ainda não, não conheço, não tenho muito conhecimento, não consigo entender muito bem porque eu precisaria entender muito mais física, conhecer muito mais física pra entender isso. Hã... Eu confesso que é... É bem complicado, quando me perguntam, às vezes eu me ponho a pensar um pouco sobre isso, eu as vezes acho até que não tem muito sentido a gente fica pensando sobre como o universo se formou ou como como que é isso aí que a gente vive estudando, que a gente vive, porque parece que a gente está saindo fora do universo, no momento em que queremos saber como o universo se formou ou ele é... Aí a gente é o próprio universo, a gente é um... A gente está dentro do universo, a gente é um produto dele, eu sempre penso assim, pelo menos é assim como eu sinto hoje, é... Se o universo muda a gente muda junto, se se encaminha para um lado, a gente se encaminha junto e não tem como a gente sair fora e dizer assim, está acontecendo assim ou assado, então me parece um pouco sem sentido pensar hã... Como é que surgiu esse universo, a impressão que eu tenho é que..., As vezes eu tenho a impressão é que não tem resposta (risos).

(...)

Eu acho que uma das coisas que mais me intriga é essa questão da gente imaginar que um dia tudo isso que nos rodeia, toda a matéria, energia, esteve um dia numa forma tal que, os físicos dizem que estavam num ponto, num único ponto né, é... E o problema interessante é pensar como é que é que a gente pode imaginar esse ponto (risos) essa singularidade, usa-se essa expressão singularidade, mas é, isso é uma coisa que foge da minha, foge da minha

capacidade de entender é... Que toda a matéria se formou a partir desse ponto. Alguns falam que foi uma explosão, outros dizem que a expressão explosão não é correta, porque o cara introduziu essa ideia, não sei quem foi, há cinquenta anos atrás, não lembro se foi Fred Hoyle ou coisa assim trazendo essa ideia de explosão, mas parece que tem muitos cientistas que contestam que essa palavra foi mal empregada e ficou essa ideia de explosão e... Mas, a gente ouviu muito o pessoal comentar da tal singularidade, de que tudo um dia esteve num ponto e que todos os elementos químicos é... Formaram-se depois que esse ponto hã... Por alguma razão, que eu não tenho a menor ideia hã... Começou a se formar a matéria, se formar a partir do que eu li alguma coisa a respeito, primeiro de um mar, sei lá de quais partículas, parecidos com os tais quarks e dos quarks uma sopa de quarks (risos). São essas partículas que dizem que são formados os prótons e nêutrons né, é... Mas hã... Que a partir dessa sopa foram surgindo o hidrogênio, depois o hélio e isso aconteceu em frações muito pequenas de tempo, que o tempo, tem sentido em falar de tempo só no momento em que começa a se formar, que ocorre alguma “explosão” em que se formou o tal universo de hoje, tempo e espaço só tem sentido né, pensar depois do tal big bang né, mas isso eu confesso que é... Pra minha cabeça é muita divagação porque eu desconheço a física que poderia talvez me fazer entender, fazer eu entender melhor esse começo e a gente sabe que tem físicos que estudam isso, né, que tem realmente como foco estudar como é que poderia se formar o universo, mas ele tem um conhecimento muito, muito alto de física, esses indivíduos né, são prêmios Nobeis, uns dos maiores acho que, estudiosos dessa questão da formação desse universo é o Stefan Hawking né e... Então é, é um mundo completamente hã... Pensar sobre isso, imaginar isso requer uma física que é muito alto nível né e isso é um ponto de vista de um leigo, eu acho que realmente é uma coisa muito estranha, foge da minha ideia do que é, do que seria esse tal big bang (risos). Para começar parece que essa ideia de explosão não é correta pensar, mas normalmente o que a gente imagina é uma explosão, mas realmente eu não consigo abrir isso aí e explicar mais do que isso que eu estou te dizendo, realmente é muito confuso pra mim.

(...)

Pois é... Qual a importância disso? Geralmente quando a gente fala em importância, a gente vê aquilo que é mais prático ou mais visível da gente né, quando uma coisa parece não muito clara, parece que ela não tem muita importância. Pra mim... Eu diria assim hã... Que eu vejo a Cosmologia como uma coisa meio que ilegível, estudar como que o universo se formou e pra fins de ensino, em nível de licenciatura ou Ensino Médio hã... Me parece que aprofundar isso não parece uma coisa tão importante é... Talvez para os físicos que vão trabalhar com

pesquisas, vão além, vão fazer, fazem um bacharelado ou vão fazer um mestrado ou doutorado talvez seja mais interessante saber um pouco sobre, sobre essa questão de Cosmologia, mas assim para um primeiro momento não me parece fazer muita diferença saber sobre Cosmologia, saber como que o universo se formou e como vai se terminar, hã... Se é que tem sentido realmente a gente fazer esses estudos. É uma coisa assim que não me chama muita à atenção, justamente por ser uma coisa de escala cósmica, que temos tão, tão, parece tão distante da gente que não considero uma coisa tão prioritária para Ensino Médio ou mesmo para o Ensino Superior. É... Parece um pouco de divagação (risos), embora para a área, para quem conhece pode não ser, mas pra questões práticas de ensino, parece que não faz muita diferença estudar Cosmologia ou não estudar, não vejo assim, grande, grande importância para seres que vivem 60, 70 anos no máximo, saber como é que se formou ou não o universo, pra que? (risos) É mais ou menos isso.

SUJEITO DE PESQUISA 6

É o entendimento do universo, entender da onde a gente vem, para onde a gente vai, a evolução do universo.

(...)

Bom, eu acredito na teoria do big bang, de evolução, de origem, nesse sentido? E a evolução do universo que ele está se expandindo, que a gente não conhece ainda muita coisa, que tem muita coisa ainda para ser descoberta no universo, mas que nos últimos anos, cada vez mais a gente tem entendido mais sobre isso e aprendido mais sobre isso em função da evolução tecnológica, dos avanços de nossos telescópicos, de novas tecnologias, da evolução da própria física e o entendimento das coisas, tanto do ponto de vista das teorias, que a gente vem estudando, quanto das, dos experimentos né, das tecnologias que a gente consegue usar para observar esse, esse universo. Cada vez temos mais os telescópicos que podem chegar mais longe, enxergar mais longe e a gente entender o acúmulo do nosso conhecimento, o que, que a gente tá hã... Entendendo mais hoje sobre esse nosso universo.

(...)

Eu não sei como te dizer [longo intervalo]. Mais ou menos nessa ideia da gente somar no conhecimento que a gente tem e tentar montar uma teoria, tentar explicar as coisas, acho que a física, a astronomia, Cosmologia vem no sentido da gente observar as coisas e tentar explicar aquilo, então a gente tenta fazer teorias, agora com, por exemplo com o acelerador de

partículas para tentar recriar essas estruturas, estudar as partículas, estudar o mundo atômico e tentar recriar, pelo menos em teoria a ideia do big bang.

_Qual a importância no ensino da Cosmologia nos diferentes níveis de ensino?

Uma das questões eu acho que é a interdisciplinaridade, que a gente pode conversar sobre vários assuntos com os alunos, hã... Os alunos entenderem um pouco sobre a nossa evolução, sobre como surgiu o universo, como surgiu o mundo, ver a grandiosidade do universo, o quão pequeno a gente é perto de tudo isso, hã... Falar que a nossa vida aqui é um período curto e que toda essa evolução, evolução do homem em si é um período curto aqui frente à idade do sol, a idade da Terra, idade do universo.

(...)

De entender a evolução, por exemplo, a gente alguns anos acreditava que a Terra era o centro do universo, então qual é o pensamento do homem naquela época, como é que os físicos tiveram que explicar o movimento dos planetas, de uma forma para tentar entender se a Terra é o centro do universo, como é que era a evolução do homem, trajetória dos planetas, então tinha toda uma teoria para explicar isso, hã... Depois tem a evolução da, da (*sic*), fugiu o nome agora, das revoluções e aí o homem começou a pensar, não a Terra não é o centro do universo, então começa mudar um pouco a concepção, o que, que acontece na evolução da história nessa época, de trocar não, o sol é que está no centro do universo, a gente tem que trocar as teorias para explicar o movimento dos planetas, então daí vem Galileu, Ptolomeu, daí conta a história que Galileu foi morto não acreditando que a Terra era o centro do universo, era o sol não é. E o que se torna a revolução em função disso, tem um outro filme que conta também sobre a, uma física, filósofa, filme “Ágora” que em português se chama “Alexandria”, da biblioteca de Alexandria, que acreditava nessa mudança do heliocentrismo que o sol é um dos focos e ela já explica lá, não se se tu já assistiu esse filme. Ele é bem legal para justamente explicar a questão, a ligação da física com a história, o que estava acontecendo, então eles queimaram todos os né, contam a história que queimaram a biblioteca de Alexandria na época, apedrejaram ela, me esqueci o nome da física da história, que apedrejaram ela em praça pública porque ela defendia o heliocentrismo, então nesse sentido. E se a gente for pensar a questão de átomos, a gente tem modelos atômicos, então a gente pode falar um pouquinho de química, ah os átomos se reuniram né e a gente começa a ter a formação de estrelas, de planetas né, a gente pode falar um pouco da fusão nuclear, fissão nuclear, as ligações, toda a formação da tabela periódica, de todos os elementos químicos, hã... A gente forma até o ferro nas estrelas de massa superior, se não me engano dez massas solares, daí todos os elementos da tabela periódica que a gente vê, da onde vieram, da

explosão das estrelas, então a gente só tem os elementos na Terra que vieram das estrelas, como eles se juntaram para formar a vida, a gente pode entrar numa questão filosófica, formação da vida, a evolução do homem, da vida, hã... Nessas ligações atômicas, de onde eles vieram. Nesse sentido aqui, a interdisciplinaridade. Pela mesma questão da interdisciplinaridade. Acho que é sempre importante o conhecimento e essa discussão que a gente pode levantar, falando nesses assuntos.

**APÊNDICE 2: MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO**



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Ciências Exatas

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática

Ofício nº __/____-PCM

Maringá, __ de _____ de ____.

Prezado professor,

Vimos, pelo presente, apresentar a pós-graduanda **Milene Rodrigues Martins**, bolsista CAPES e mestranda deste Programa de Pós-Graduação desde 2014. Ela possui Graduação em Licenciatura em Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Bento Gonçalves. Está realizando uma pesquisa que visa investigar o discurso de professores licenciados em física sobre o ensino da cosmologia contemporânea.

Essa proposta de pesquisa, concentra-se em estabelecer contato com o professores universitários licenciados em física que atuem na educação superior da Universidade do Porto e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Bento Gonçalves

À

.../



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Ciências Exatas

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática

/... Continuação do Ofício nº 016/2014-PCM

O projeto da aluna irá analisar os dados qualitativamente. Esses procedimentos serão baseados nos princípios da pesquisa fenomenológica.

Cabe ressaltar que os dados da pesquisa serão mantidos com todo sigilo, respeitando a ética acadêmica, social e de pesquisas estatísticas; nenhum professor ou instituição de ensino será identificado em meios de divulgação acadêmica; as instituições de ensino terão nomes fictícios no texto da pesquisa e os dados serão usados apenas para fins acadêmicos.

Diante do exposto, peço a **autorização** para que a pesquisa seja realizada junto aos professores, iniciando o contato com os mesmos e aplicando os instrumentos de coleta de dados supracitados. Informamos, ainda, que a referida autorização será adicionada ao cadastro da Plataforma Brasil – banco de cadastramento de pesquisas acadêmicas – juntamente com outros documentos.

Segue em anexo a este Ofício o Termo de Consentimento Livre Esclarecido aprovado pelo COPEP-UEM e também o modelo do questionário.

No aguardo de uma manifestação.

Saudações cordiais,

Profa. Dra. Maria Júlia Bonazza

Coordenadora Adjunta do PCM

Termo de consentimento livre esclarecido

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa intitulada “**O discurso de professores licenciados em Física sobre o Ensino da Cosmologia Contemporânea**”, que está sendo desenvolvida pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM), e é orientada pelo Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves, da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

O objetivo da pesquisa é investigar o discurso de professores licenciados em física sobre o ensino da cosmologia contemporânea. Para isto a sua participação é muito importante.

A pesquisa dar-se-á da seguinte forma: entrevista gravada em vídeo, com o objetivo de levantar informações sobre o que os docentes vivenciam e pensam sobre o ensino da cosmologia contemporânea.

Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais absoluto **sigilo e confidencialidade**, de modo a preservar a sua identidade. Os registros obtidos serão guardados pela pesquisadora pelo prazo de cinco (05) anos e depois incinerados.

Os benefícios esperados são indiretos, ou seja, por meio da análise das entrevistas obteremos indicadores que nos auxiliarão a compreender como a cosmologia nos discursos dos professores se constitui como uma ciência natural. Desse modo, o benefício relacionado à sua participação será o de contribuir para um melhor entendimento das questões que envolvem o ensino de cosmologia contemporânea.

Caso você tenha mais dúvidas ou necessite maiores esclarecimentos, pode nos contatar no endereço abaixo. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Além da assinatura nos campos específicos pelo pesquisador e por você, solicitamos que sejam rubricadas todas as folhas deste documento. Isto deve ser feito por ambos (pelo pesquisador e por você, como sujeito ou responsável pelo sujeito de pesquisa) de tal forma a garantir o acesso ao documento completo.

Eu, _____ (nome por extenso do sujeito de pesquisa) declaro que fui devidamente esclarecido e concordo em participar VOLUNTARIAMENTE da pesquisa coordenada pela mestrandia Milene Rodrigues Martins.

_____ Data: _____
Assinatura ou impressão datiloscópica

Eu, Milene Rodrigues Martins, declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supra-nominado.

_____ Data: _____
Assinatura da pesquisadora

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com a pesquisadora, conforme o endereço abaixo:

Nome: Milene Rodrigues Martins
Endereço: Rua José Clemente, 1274, ap. 103, Zona 7.
CEP: 85020-070 Maringá/PR
Telefone: (44) 91235344
e-mail: milene_r_martins@hotmail.com