

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA,  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, FACULDADE DE EDUCAÇÃO.

ALEXANDRE BAGDONAS HENRIQUE

**DISCUTINDO A NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE EPISÓDIOS DA  
HISTÓRIA DA COSMOLOGIA**

SÃO PAULO

2011

ALEXANDRE BAGDONAS HENRIQUE

**DISCUTINDO A NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE EPISÓDIOS DA  
HISTÓRIA DA COSMOLOGIA**



Orientadora: Profa. Dra. Cibelle Silva

Dissertação de mestado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Cibelle Silva (IFSC-USP)

Prof. Luis Carlos de Menezes (IF-USP)

Prof. Antonio Augusto Passos Videira (UERJ)

SÃO PAULO

2011

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação**  
**do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Henrique, Alexandre Bagdonas

Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia. São Paulo, 2011.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.  
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Cosmologia (Estudo e ensino);  
2. Epistemologia; 3. História da Ciência; 4. Educação;  
5. Formação de professores

USP/IF/SBI-018/2011

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre estimularam a busca pelo conhecimento, e que acompanharam de perto toda a minha trajetória, ajudando desde as pesquisas da educação infantil até a revisão do texto da dissertação.

A todos os professores com quem tive contato ao longo da minha vida escolar, muitos dos quais nem lembro o nome, mas que de alguma forma deixaram boas lembranças. Em especial ao professor Celso, que me deu aulas de física durante todo o ensino médio e com quem tive o prazer de dividir as aulas na mesma escola, depois de formado.

Ao professor Canalle, Nuricel e outros colaboradores da OBA que me estimularam a querer ser físico. Em especial ao Alex Weunsche, que desde o ensino médio me animou com temas instigantes como a cosmologia e a astrobiologia, estimulou que eu apresentasse desde cedo trabalhos nos congressos da SAB e deu diversas sugestões sobre as aulas de cosmologia propostas nessa pesquisa.

Aos professores do IFSC, que mostraram de maneira geral bastante preocupação com ensino na graduação, e forneceram ótimos exemplos sobre como dar aulas de física. Em especial ao prof. Djalma Redondo, pela oportunidade de falar sobre filosofia da ciência nas aulas de física matemática e à profa. Cibelle Silva, pelas indicações de livros e pela orientação desde a iniciação científica. Ao professor Valter Líbero e à Jorge Honnel, assim como ao resto da equipe do CDA, pelo aprendizado atuando como monitor no observatório astronômico da USP.

Aos professores do IF-USP, Maria Regina Kawamura, Cristiano Mattos, Cristina Leite, Luis Carlos de Menezes e Maurício Pietrocola, que com suas aulas tanto na licenciatura quanto no mestrado contribuíram para uma nova visão, mais ampla e humana sobre o ensino de física.

Ao prof. Daniel Vanzella, que infelizmente não foi meu professor durante a graduação, mas foi sempre extremamente atencioso tirando minhas dúvidas e dando valiosas sugestões durante a criação das atividades de cosmologia desta dissertação.

Aos professores Osvaldo Pessoa Jr. e João Zanetic, que além de ministrarem aulas exemplares sobre história e filosofia da ciência para os alunos da licenciatura em física, fizeram excelentes críticas construtivas durante o exame de qualificação.

À profa. Cibelle e aos colegas do grupo de pesquisa, Angélica, Anita, Nilva, Silvia, Breno, Pedro (principalmente por ter achado o *Big Bang Brasil*), por todas as discussões e

sugestões recebidas nas reuniões de grupo. Aos amigos de São Carlos, do IFSC e do alojamento, que me receberam durante as inúmeras viagens realizadas entre São Paulo e São Carlos ao longo desses anos. Em especial ao Rodrigo Shiozaki, que tanto me pentelhou e criticou desde que entramos juntos na faculdade e que continua alfinetando meus textos sempre que tem um tempinho de descanso do laboratório e aos demais amigos da República Baço por serem minha segunda família em São Carlos.

Aos colegas do corredor de ensino, Adalberto, Milton, Leandro, Leo, Esdras, Fred, Marcília, Adriel, Emerson, João, Fernanda, Vanessa, Glauco, Graciela, Ivã e Sidnei por todas as dicas, sugestões, parecerias para artigos e conversas amigáveis. Aos companheiros do Sputnik, Osvaldo, Gabriel, Diana, Letícia, Claudemir, Tassi e Flávia, pelas divertidas horas passadas na praça do relógio, preparando e ministrando cursos e o Grande Frank final, que me ajudaram diretamente na criação das atividades de ensino desta pesquisa.

À Thaís, por toda a ajuda dedicada e pelo exemplo em sua defesa da História e Filosofia da Ciência no ensino, como forma de discutir sobre a Natureza da Ciência.

À Nilva, por toda a ajuda desde a EAF até hoje, pela companhia durante as viagens para São Paulo para cursar disciplinas e todas as sugestões e críticas feitas a este trabalho.

Ao Julio Blanco, por ter sido tão bom anfitrião e ter salvado minha pele no Uruguai. Espero um dia poder retribuir a gentileza!

Ao Jaime, por todas as indicações de leitura, conversas, palestras, vinhos e trilhas, pela amizade e principalmente pelo estímulo a que todos busquem criar algo novo no mundo.

À Victoria, Thiago Hartz, e Bruno, amigos também interessados no ensino de história e filosofia da ciência, que leram, criticaram e discutiram muito sobre muitos trechos desta dissertação, sem os quais fazer esta pesquisa teria sido muito menos divertido.

À Flávia, que mesmo com altos e baixos, esteve sempre ao meu lado ao longo destes dois anos e teve influência direta em grande parte das minhas escolhas, principalmente pelos momentos em que me ajudou a ver a beleza no ensino e que me inspirou a continuar sonhando e agindo para contribuir para a criação de um mundo melhor.

À Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – agradeço a concessão da bolsa de mestrado e o apoio financeiro para realização desta pesquisa no período de fevereiro de 2009 a março de 2011.

## Resumo

HENRIQUE, Alexandre B. *Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2011.

Nesta pesquisa estudamos alguns episódios da história da cosmologia no século XX, buscando episódios interessantes que permitiram a discussão de certos aspectos da natureza da ciência de forma explícita na formação inicial de professores de ciências. Um dos objetivos desta pesquisa é fornecer subsídios para que se possa ensinar cosmologia com uma abordagem histórico-filosófica, o que é sugerido pelos PCN no tema estruturador “Universo, Terra e Vida”. Esta proposta busca contribuir para a introdução de conteúdos de história e filosofia da ciência nos cursos de formação de professores e consequentemente na educação básica. O episódio histórico escolhido foi a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário, que ocorreu a partir da segunda metade do século XX. Tendo em vista a possibilidade de analisar as influências religiosas sobre essa controvérsia, argumentamos sobre a importância de se discutir a relação entre ciência e religião nas aulas de física, utilizando episódios da história da cosmologia como tema motivador. São apresentados três personagens históricos envolvidos nas controvérsias cosmológicas da década de 1950: o Papa Pio XII, Fred Hoyle e Georges Lemaître, que escreveram textos sobre relações entre cosmologia e religião. Após este estudo teórico, foi realizada a aplicação e avaliação de uma sequência didática durante a disciplina História da Ciência, do curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade de São Paulo, campus São Carlos. Nessa aplicação, investigamos a viabilidade do uso dos episódios históricos estudados como forma de discutir questões sobre a natureza da ciência, como a existência de um método científico e questão das “provas” na cosmologia. Além disso, foram realizados debates sobre estratégias para lidar com eventuais conflitos entre ciência e religião durante aulas de cosmologia, tendo como base a leitura de textos escritos por personagens da história da cosmologia. Os dados de pesquisa foram coletados utilizando instrumentos típicos de pesquisa qualitativa, como resposta a questionários, análise das atividades realizadas durante as aulas, e de textos produzidos pelos alunos. A partir da análise destes dados, consideramos que as atividades propostas mostram-se uma boa forma de discutir sobre a natureza da ciência, já que os alunos puderam não só aprender conteúdos de cosmologia, mas também refletir sobre diferenças e semelhanças entre a ciência e outras formas de ver o mundo.

Palavras chave: cosmologia, natureza da ciência, história da ciência, filosofia da ciência

## **Abstract**

HENRIQUE, Alexandre B. Discussing the nature of science from episodes of the history of cosmology. Dissertation (Master in Science Education – Physics Education), Physics Institute, Education Faculty, University of São Paulo, 2011.

In this research we studied some episodes in the history of cosmology in the twentieth century, seeking interesting episodes that allowed the discussion of certain aspects of nature of science explicitly in preservice teacher training. One objective of this research is to provide subsidies for teaching cosmology with a historical-philosophical approach, which is suggested by the PCN (National curricular parameters) in the theme "Universe, Earth and Life." This proposal seeks to contribute to the introduction of contents of history and philosophy of science in teacher training courses and consequently in basic education. The episode chosen was the historical controversy between Big Bang and Steady State theory, which occurred during the second half of the twentieth century. Given the opportunity to consider religious influences on this controversy, we argue about the importance of discussing the relationship between science and religion in physics classes, using episodes in the history of cosmology as a motivating theme. We present three historical characters involved in the controversies of the cosmological decade 1950: Pope Pius XII, Fred Hoyle and Georges Lemaître, who wrote texts on relations between cosmology and religion. After this theoretical study was performed an implementation and evaluation of a didactic sequence during the course History of Science, the course "Higher education in Sciences", in the University of São Paulo, São Carlos campus. In this application, we investigate the feasibility of using the historical episodes studied as a way to discuss issues about the nature of science, as the existence of a scientific method and the question of the "proof" in cosmology. In addition, discussions have been undertaken on strategies for dealing with conflicts between science and religion classes for cosmology, based on the reading of texts written by characters in the history of cosmology. Survey data were collected using typical tools of qualitative research, in response to questionnaires, review of activities during lessons, and texts produced by students. From the analysis of these data, we consider that the proposed activities prove to be a good way to discuss the nature of science, since students could not only learn content of cosmology, but also reflect on differences and similarities between science and other ways of seeing the world.

Keywords: cosmology, nature of science, history of science, philosophy of science

## **Índice de figuras**

Figura 1: Distinção entre sagrado e secular na tradição judaico-cristã .....	38
Figura 2: Distinção entre conhecimento e crença numa visão “empirista” .....	39
Figura 3: Comparação entre o “método científico” e o “verdadeiro” método científico .....	49
Figura 4: Espaço curvo no modelo de Einstein .....	72
Figura 5: Universos em expansão e contração .....	73
Figura 6: Universo em contração, em expansão e estático.....	76
Figura 7: Tipos de universo nos modelos de Friedmann.....	76
Figura 8: Universo oscilante .....	77
Figura 9: Modelo de Lemaître-Eddington.....	80
Figura 10: Universo de Lemaître .....	81
Figura 11: A lei de Hubble, gráfico do artigo original de Hubble de 1929.....	83
Figura 12: Linha do tempo da cosmologia na primeira metade do século XX .....	84
Figura 13: Medições da constante de Hubble .....	106
Figura 14: Espectro da radiação cósmica de fundo medida pelo satélite COBE. ....	109
Figura 15: Visão comum sobre a relação entre ciência e religião.....	114
Figura 16: Diferenças e semelhanças entre ciência e religião segundo Mahner e Bunge .....	117
Figura 17: Novo diagrama construído a partir das críticas à tese de Mahner e Bunge .....	135
Figura 18: Categorias de posturas sobre relações entre ciência e religião .....	137
Figura 19: Religiosidade dos alunos .....	157
Figura 20: Visões dos alunos sobre a origem da vida e do universo.....	157
Figura 21: Diferenças entre ciência e religião no questionário pré-teste .....	161
Figura 22: Semelhanças entre ciência e religião no questionário pré-teste.....	161
Figura 23: Comparando os métodos da ciência e religião no pré-teste .....	162
Figura 24: A influência da religião sobre a investigação científica .....	163
Figura 25: A verdade na ciência - menor concordância.....	164
Figura 26: A verdade na ciência - maior concordância	164
Figura 27: Afirmações que defendem conflitos - maior concordância .....	166

Figura 28: Afirmações que defendem conflitos - menor concordância .....	167
Figura 29: Afirmações que evitam conflitos - menor concordância .....	168
Figura 30: Afirmações que evitam conflitos - maior concordância .....	169
Figura 31: Diferenças entre ciência e religião.....	170
Figura 32: A propagação da visão de mundo científica .....	170
Figura 33: O “verdadeiro método científico” .....	171
Figura 34: Síntese dos diagramas construídos pelos alunos.....	185
Figura 35: Novo diagrama enfatizando semelhanças entre ciência e religião.....	185
Figura 36: Influência da ordem das afirmações	194
Figura 37: Distinção entre astronomia e cosmologia .....	244
Figura 38: Linha do tempo da cosmologia no século XX.....	253

## **Índice de tabelas**

Tabela 1: Posições filosóficas radicais envolvidas no debate sobre o realismo .....	60
Tabela 2: Visões extremas sobre a natureza da ciência.....	62
Tabela 3: Dingle contra os teóricos.....	93
Tabela 4: Posturas sobre a criação na cosmologia .....	104
Tabela 5: Previsões para a temperatura do universo .....	109
Tabela 6: Religião dos pais e alunos .....	156
Tabela 7: Postura sobre a existência de Deus.....	156
Tabela 8: O que você entende por cosmologia?.....	158
Tabela 9: O universo teve um começo ou sempre existiu? .....	158
Tabela 10: Se houve um começo, como ele surgiu? .....	159
Tabela 11: O método científico para Mahner e Bunge .....	173
Tabela 12: Postura dos alunos sobre o método científico e o “método criacionista”.....	176
Tabela 13: Postura desejável do professor de ciência ao ensinar sobre métodos da ciência e religião	179
Tabela 14: Postura dos alunos sobre o método científico e o “verdadeiro método” .....	183

Tabela 15: Postura desejável do professor ao ensinar sobre o método científico .....	184
Tabela 16: Diferenças entre ciência e religião no pré-teste e pós-teste.....	187
Tabela 17: Semelhanças entre ciência e religião no pré-teste e pós-teste .....	188
Tabela 18: Comparando os métodos da ciência e religião no pré-teste e pós-teste.....	188
Tabela 19: Influências religiosas sobre a prática científica no pré-teste e pós-teste .....	190
Tabela 20: Afirmações sobre a verdade - menor concordância no pré-teste e pós-teste.....	191
Tabela 21: Afirmações sobre a verdade - maior concordância no pré-teste e pós-teste.....	191
Tabela 22: Afirmações que defendem conflitos - maior concordância no pré-teste e pós-teste	192
Tabela 23: Afirmações que defendem conflitos - menor concordância no pré-teste e pós-teste	193
Tabela 24: Afirmações que evitam conflitos - menor concordância no pré-teste e pós-teste ...	193
Tabela 25: Afirmações que evitam conflitos – maior concordância no pré-teste e pós-teste ...	194
Tabela 26: Influência da ordem das afirmações.....	195
Tabela 27: Para você, o universo teve um começo ou sempre existiu? .....	196
Tabela 28: O universo teve um começo ou sempre existiu? .....	202
Tabela 29: O Big Bang está provado?.....	206
Tabela 30: Entender ou acreditar na ciência?.....	207
Tabela 31: Os alunos podem entender os conceitos científicos sem acreditar neles? .....	212
Tabela 32: Como lidar com conflitos entre ciência e religião em sala de aula?.....	216
Tabela 33: Escolhas dos alunos sobre as categorias de relações entre ciência e religião, incluindo categorias mistas .....	217
Tabela 34: Escolhas dos alunos sobre as categorias de relações entre ciência e religião.....	217
Tabela 35: Correlação entre postura sobre a existência de Deus e escolha das categorias .....	221
Tabela 36: Plano da aula 1, Introdução a história da cosmologia .....	243
Tabela 37: Plano da aula 2, A controvérsia entre Big Bang e Estado Estacionário .....	246
Tabela 38: Plano da aula 3, O desfecho da controvérsia.....	249
Tabela 39: Plano da aula 4, Ciência e religião .....	251
Tabela 40: Plano da aula 5, Exemplos da história da cosmologia.....	252

<b>Resumo .....</b>	<b>6</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>14</b>
<b>1 As “perguntas fundamentais” e a cosmologia.....</b>	<b>19</b>
<b>2 Ciência, visões de mundo e educação.....</b>	<b>28</b>
2.1 Duas culturas no ensino de física.....	30
2.1.1 A “tendência científicista” .....	31
2.1.2 A tendência “pós-moderna” .....	35
2.2 Conhecimento ou crença? .....	37
<b>3 A natureza da ciência .....</b>	<b>43</b>
3.1 Os critérios de demarcação nas ciências e o método científico .....	48
3.1.1 O método científico .....	48
3.2 O debate sobre o realismo .....	53
3.2.1 As dimensões ontológica, epistemológica e axiológica .....	54
3.2.2 Realismo e construtivismo na sala de aula .....	56
3.3 Uma proposta de síntese .....	61
3.4 A visão de mundo científica e a natureza da ciência .....	65
<b>4 Episódios da história da cosmologia .....</b>	<b>67</b>
4.1 O que é cosmologia? .....	68
4.2 O universo estático.....	69
4.2.1 Einstein: um universo finito e estático .....	71
4.2.2 Willem de Sitter: um universo estático e vazio .....	73
4.3 O universo em expansão .....	74
4.3.1 Friedmann: universos em expansão e contração .....	75
4.3.2 Lemaître e Eddington: o universo em expansão.....	78
4.3.3 Hubble: evidências observacionais a favor do universo em expansão .....	82
4.4 A teoria do Big Bang .....	85
4.5 A teoria do Estado Estacionário.....	87
4.5.1 O surgimento do termo “Big Bang” e as críticas ao começo do tempo .....	88
4.6 Cosmologia e Filosofia .....	92
4.6.1 O ataque de Dingle: empirismo contra o racionalismo .....	92
4.6.2 Princípios em cosmologia.....	95
4.6.3 O conceito de criação na cosmologia .....	99
4.7 O desfecho da controvérsia.....	104
4.7.1 A radiação cósmica de fundo.....	107

4.7.2	Afinal, o universo teve um começo ou sempre existiu? .....	110
<b>5</b>	<b>Relações entre ciência e religião .....</b>	<b>113</b>
5.1	A tese da incompatibilidade entre ciência e religião .....	116
5.2	As críticas à tese de Mahner e Bunge .....	118
5.2.1	O naturalismo científico .....	118
5.2.2	As pressuposições na ciência.....	122
5.2.3	Relações entre crença científica e fé.....	124
5.2.4	O dogmatismo .....	125
5.2.5	As religiões são invenções humanas?.....	128
5.2.6	A história das relações entre ciência e religião.....	129
5.3	Diferenças e semelhanças entre ciência e religião.....	133
5.4	Categorias de posturas sobre relações entre ciência e religião .....	136
5.5	As relações entre ciência e religião nas aulas de ciências .....	141
<b>6</b>	<b>Cosmologia e religião .....</b>	<b>144</b>
6.1	Lemaître: um padre cosmólogo .....	144
6.2	Fred Hoyle: uma visão materialista .....	148
6.3	Papa Pio XII: a postura da integração.....	150
7.1	Metodologia .....	154
7.2	Sujeitos da pesquisa .....	155
7.2.1	Religiosidade dos alunos .....	155
7.2.2	Conhecimentos prévios de cosmologia .....	158
7.3	Questionário sobre relações entre ciência e religião.....	159
7.3.1	Bloco A: comparação entre objetivos e métodos de ciência e religião .....	160
7.3.2	Bloco B: Relações entre ciência e religião na sala de aula.....	165
7.4	Interpretação de tirinhas sobre o método científico, comparando ciência e religião 169	
7.4.1	O método científico e o método criacionista .....	172
7.4.2	A propagação da visão de mundo científica.....	179
7.4.3	O “verdadeiro método científico”.....	180
7.5	Construção de diagramas sobre ciência e religião .....	184
7.6	Questionário pós-teste sobre relações entre ciência e religião.....	186
7.6.1	Bloco A: Comparação entre objetivos e métodos de ciência e religião .....	186
7.6.2	Bloco B: Relações entre ciência e religião na sala de aula.....	192
7.6.3	Limitações do questionário Likert.....	194
7.7	Ensaio final .....	196

7.7.1	A origem do universo .....	196
7.7.2	As provas na ciência .....	202
7.7.3	Entender ou acreditar nas teorias científicas .....	207
7.7.4	Conflitos em sala de aula.....	212
7.7.5	Relações entre ciência e religião .....	216
<b>8</b>	<b>Considerações finais .....</b>	<b>222</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>229</b>
	<b>Apêndices .....</b>	<b>239</b>
	Apêndice A: Respostas dadas ao questionário inicial.....	239
	Apêndice B: Respostas do questionário pré-teste sobre ciência e religião.....	241
	<b>Apêndice C: Descrição das aulas .....</b>	<b>243</b>
	C1: Aula 1 - O que é cosmologia .....	243
	C2: Aula 2 - Controvérsias na cosmologia.....	246
	C3: Aula 3 - O desfecho da controvérsia .....	249
	C4: Aula 4 - Ciência e religião.....	250
	C5: Aula 5 - Debate sobre a postura do professor nas aulas ciências .....	252
	Apêndice D: Gabarito da atividade “Linha do tempo” .....	253
	<b>Anexo : texto “Big Bang Brasil” .....</b>	<b>257</b>

## Introdução

Seguindo a tradição das pesquisas sobre ensino de física, nessa introdução em primeira pessoa vou apresentar um pouco da história dessa pesquisa, que está intimamente relacionada com o modo como minha visão do ensino de ciências se alterou com o passar do tempo. Essa visão mais humana e pessoal do texto apresentado pode ajudar o leitor a entender melhor algumas das escolhas feitas ao longo da construção desta dissertação.

Desde criança pensei em ser professor. Meus pais cursaram o curso de Letras na USP e minha mãe foi professora de língua portuguesa no estado de São Paulo por mais de 25 anos. Ambos sempre valorizaram muito o conhecimento intelectual de maneira geral e fui bastante influenciado por eles. Até o final do ensino fundamental estudei em escolas construtivistas, com propostas pedagógicas freireanas, de forma que até o fim do ensino fundamental eu tive pouco contato com as provas tradicionais, notas de “0 a 10” e listas de exercícios, típicas do ensino tradicional. Estava muito mais acostumado a aprender pesquisando, auxiliado pelos professores, livros, enciclopédias, e também sempre que possível pelos meus pais.

No ensino médio, com a preocupação em ser aprovado no vestibular, fui aprovado num concurso de bolsas de uma escola com sistema apostilado, que noticiava sua qualidade com altos índices de aprovação nas universidades públicas paulistas. O contato com esse novo modo de ensino mais tradicional não foi um grande choque, uma vez que eu já tinha aprendido a estudar e pesquisar, tendo uma passagem tranqüila por uma época que costuma gerar muitas tensões na maior parte dos adolescentes. Inicialmente, não gostei das aulas de física, sobre cinemática, bloquinhos e planos inclinados, não porque tivesse uma visão crítica do ensino “tradicional”, mas simplesmente porque o assunto não era muito motivador. Nessa época era bastante interessado por química, modelos atômicos e outros assuntos que pareciam muito mais relacionados aos instigantes livros de divulgação científica pelos quais comecei a me interessar. Fui muito influenciado pela leitura de obras como *O colapso do universo* (Asimov 1977), *O ponto de mutação* (Capra 1982) e *Uma breve história do tempo* (Hawking 1988), que me deixaram intrigado com as descobertas surpreendentes da mecânica quântica, relatividade e cosmologia. No colegial também entrei em contato com olimpíadas científicas, de física, matemática, biologia e astronomia. A participação na OBA (Olimpíada Brasileira de Astronomia) foi decisiva para a minha escolha de fazer o curso de física na universidade. O contato com astrônomos e

cosmólogos durante cursos ligados à olimpíada me mostraram que a física poderia ser muito mais interessante que os bloquinhos da mecânica. Também acabei descobrindo, auxiliado pelo meu professor do ensino médio, que ela tinha grande relação com estas questões tão interessantes da astronomia e da cosmologia.

Com isso, entender fenômenos cotidianos tornou-se bastante prazeroso para mim, tanto que pensei em ser professor de física. Entretanto acabei ficando bem indeciso, pois não estava convencido de que o ensino de física no ensino médio seria *necessário* para todos os estudantes. A maioria dos meus colegas de classe odiava física, achando-a totalmente desnecessária. Não acreditava que eu conseguiria um resultado muito melhor do que o do meu professor de física do ensino médio, que eu admirava bastante. Se nem eu estou convencido, como convenceria meus alunos de que é necessário estudar física ?

O filme *Mindwalk*<sup>1</sup> (baseado no livro "O Ponto de Mutação") me marcou bastante. Um dos personagens, um poeta, dizia, sobre as leis de Newton: "Eu, como todo bom poeta, sofri muito com isso na escola, assim como a raiz quadrada de Pi dividido por uma pitada de Magnésio". Não me faltavam exemplos de pessoas que não sabem nada de Física, Química e Matemática e não deixavam de ser pessoas muito interessantes, pelas quais tinha muita admiração.

Apesar da indecisão, no terceiro colegial resolvi prestar Física, pensando na enorme falta de professores formados lecionando e pela esperança de que o ensino de física poderia ser diferente do modo tradicional como me ensinaram. Nas vésperas das inscrições do vestibular fui fazer um curso na Escola Avançada de Física da USP São Carlos, onde conheci alguns dos melhores professores do IFSC-USP ministrando excelentes aulas para alunos do ensino médio como forma de motivá-los a fazer o curso de bacharelado em física na USP São Carlos. Assim, fui estudar em São Carlos, já pensando em cursar a licenciatura após o bacharelado.

As aulas do curso de física acabaram sendo um pouco decepcionantes para quem tinha interesse em ser professor, principalmente nas disciplinas do final do curso. Ainda que a maior parte dos professores fosse muito dedicada, bem intencionada e com excelente domínio dos conteúdos, o excesso de informações apresentadas e a falta de tempo para digerir-las, refletindo e debatendo sobre o que era ensinado passou a me incomodar.

---

<sup>1</sup> Disponível em <http://video.google.com/videoplay?docid=854094769667634943#>, acesso em fevereiro de 2011.

Fiz um ano de iniciação científica sobre “Simulação de processos estocásticos”, encantado pela possibilidade de aprender mais sobre a origem da vida, utilizando ferramentas da mecânica estatística para investigar questões instigantes, como as apresentadas por Richard Dawkins em livros como *O gene egoísta* (1979). Porém, esse encanto se desfez quando percebi que no meu projeto iria apenas simular reações químicas no computador, sendo necessários muitos anos de estudo intenso, até que fosse possível entender melhor o que estava simulando. Com isso, acabei preferindo me tornar monitor no Centro de Divulgação de Astronomia (CDA) da USP de São Carlos, bolsista do CDCC (Centro de Divulgação Científica e Cultural). O trabalho consistia em orientar o público em observações astronômicas com telescópios, monitorar a visita de estudantes do ensino médio e fundamental ao observatório durante a semana, além de ministrar palestras sobre Astronomia nos finais de semana. Toda semana o monitor responsável pela palestra apresentava uma prévia para a equipe do observatório, em que todos podiam dar sugestões sobre como melhorar tanto o conteúdo, quanto a forma da apresentação. Neste trabalho aprendi muito sobre Astronomia, tanto na teoria quanto sobre observação do céu com telescópios, mas acho que o principal aprendizado foi sobre a adequação da linguagem ao público leigo nas apresentações de divulgação de ciências.

Na mesma época em que era monitor no observatório, conheci a profa. Cibelle, orientadora desta pesquisa de mestrado. Durante o curso de Física Matemática II, um dos mais exigentes e abstratos de toda a graduação, fiz um seminário sobre “a natureza da ciência” e fui aconselhado pelo professor da disciplina a tomar conselhos com a profa. Cibelle. A disciplina era ministrada pelo prof. Djalma Redondo, que nesse semestre decidiu inovar, propondo aos alunos a possibilidade de fazer seminários sobre epistemologia durante a disciplina de física matemática. Animado com essa oportunidade, estudei recomendado pela professora Cibelle o livro *O que é ciência afinal?* (Chalmers 1993).

Em meu trabalho no observatório, acabei realizando palestras sobre a natureza da ciência tendo como exemplos episódios da história da astronomia, como a revolução copernicana e a cosmologia contemporânea. Assim, surgiu a ideia de “discutir a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia”, que acabou se tornando o título do meu projeto de iniciação científica orientada pela profa. Cibelle Silva, e posteriormente o título desta dissertação.

Nessa iniciação científica, selecionamos e analisamos questões sobre a natureza da ciência que podem ser discutidas a partir da história da cosmologia do século XIX e XX. Foram identificados inicialmente seis episódios históricos: a construção da visão atual sobre a galáxia; Hubble e a expansão do universo; o modelo cosmológico estático de Einstein; o modelo cosmológico estático de De Sitter; modelos cosmológicos em expansão de Friedmann e Lemaître e a controvérsia entre a teoria do Big Bang, e a do Universo Estacionário.

Após a formatura no curso de bacharelado e antes de iniciar o mestrado, enquanto fazia iniciação científica, comecei a cursar a licenciatura em física na USP, no campus da capital. Minha visão sobre o ensino de física foi completamente transformada ao longo dos anos em que tive contato com aulas excelentes, de professores que pesquisam sobre o ensino de física e aplicam os resultados de suas pesquisas em seus cursos ministrados na graduação, assim como pelos estudos realizados durante a iniciação científica. Dentre tantos cursos importantes, destacaram-se as disciplinas envolvendo história e filosofia da ciência ministradas pelo professor João Zanetic, que me mostraram como a física poderia ser vista como uma construção humana, parte da cultura, de modo muito mais estimulante para os alunos que não se sentem desafiados por exercícios tradicionais ou que não gostam de fazer cálculos matemáticos.

Dessa forma, percebi que as aulas de física poderiam ser muito diferentes do ensino tradicional que recebi. Animado com essa perspectiva voltei a ministrar aulas na escola em que estudei, dividindo as aulas com o meu antigo professor de ensino médio. Tentei explorar a possibilidade de ensinar cinemática integrada à história da astronomia, discutindo o movimento dos planetas e o conceito de referencial contextualizado historicamente, a partir de estudos sobre a chamada *Revolução Copernicana*. Se por um lado alguns dos resultados foram animadores, mostrando que muitos alunos que antes odiavam física estavam animados e participativos, por outro lado percebi que alguns alunos preferiam o antigo jeito de ensinar, me cobrando que eu parasse de ficar “filosofando” tanto e seguisse a apostila como os outros professores.

Essa tensão entre o ensino tradicional, pautado pelo ensino de conteúdos de um modo claro e objetivo e essa nova visão do ensino que privilegia a dúvida, as discussões, o complexo processo de construção do conhecimento, é uma das questões centrais abordadas nessa pesquisa. Deixei de ser professor no ensino médio para ser bolsista com dedicação

exclusiva, indo morar em São Carlos para iniciar novas experiências no curso de História da Ciência da Licenciatura em Ciências Exatas da USP.

Nessa pesquisa, criamos e avaliamos uma sequência didática sobre história da cosmologia. Dentre os episódios históricos selecionados anteriormente na pesquisa realizada durante a iniciação científica, decidimos enfatizar a controvérsia entre as teorias do Big Bang e Estado Estacionário, principalmente por sua potencialidade para debater influências filosóficas e religiosas nessa controvérsia.

Na primeira parte da pesquisa realizamos estudos teóricos antes da aplicação do curso. Começamos com uma breve revisão bibliográfica das pesquisas que fazem uso da história e filosofia da ciência no ensino, assim como de trabalhos sobre ensino de cosmologia (capítulo 1); investigamos as relações entre ciência, visões de mundo e educação (capítulo 2), argumentando a favor da importância de problematizar a visão de futuros professores sobre a natureza da ciência (capítulo 3). O episódio histórico escolhido para a criação da sequência didática foi a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário, entre as décadas de 1940 a 1960 (capítulo 4). Dentre os episódios da história da cosmologia do século XX, este pareceu ser o mais adequado para o curso por permitir abordar a influência de aspectos religiosos sobre a controvérsia. Por isso, realizamos uma revisão bibliográfica de pesquisas que analisaram relações entre ciência e religião no ensino de ciências (capítulo 5) e apresentamos textos escritos por três personagens envolvidos nesta controvérsia cosmológica da década de 1950 sobre suas visões envolvendo cosmologia e religião (capítulo 6).

Na segunda parte da pesquisa, apresentamos o curso de história da cosmologia ministrado para o curso de Licenciatura em Ciências Exatas da USP São Carlos, incluindo os dados de pesquisa coletados (capítulo 7) e apresentamos alguns dos resultados obtidos, buscando possíveis contribuições desta pesquisa para o ensino (capítulo 8).

# 1 As “perguntas fundamentais” e a cosmologia

Por que o universo existe? Por que algo deve existir? Por que as coisas são como são?

O universo teve um começo ou sempre existiu?

De onde surgiu o universo? Como e por que ele começou?

Chegará a um fim, e, em caso de resposta afirmativa, como seria isso?

O universo foi criado por um ser inteligente? Se foi, quais seriam as propriedades desse ser?

Em caso contrário, que explicação é possível sobre a criação?

Existe um sentido para a vida ou para o universo?

Como devemos viver nossas vidas? O que é bom ou mau, certo ou errado?

Os humanos têm uma natureza ou essência? Existe outra forma de existência após a morte?

Como podemos buscar respostas para essas perguntas? <sup>2</sup>

Todos nós já fizemos, de certo modo, algumas destas “perguntas fundamentais”, até mesmo quando crianças. Há um interesse muito grande da população em geral pelos mistérios do universo, indagações sobre sua origem, seu estado atual e seu futuro. O livro *Uma breve história do tempo*, escrito pelo físico britânico Stephen Hawking (1988), por exemplo, fez enorme sucesso entre a população em geral, tendo permanecido por quatro anos na lista dos livros mais vendidos do London Sunday Times (Hawking 2001, p. vii). Na introdução deste livro, o cientista estadunidense Carl Sagan, grande divulgador de ciências, escreveu sobre as “perguntas fundamentais” (Hawking 1988, p. 13):

Vivemos o dia-a-dia sem entendermos quase nada do mundo. Pouca atenção damos ao mecanismo que gera a luz do Sol e possibilita a vida; à gravidade, que nos cola a uma Terra que, de outra forma, nos lançaria em rotação pelo espaço; ou aos átomos de que somos feitos e de cuja estabilidade dependemos fundamentalmente. Com exceção das crianças (que não sabem o suficiente para fazer nada mais que perguntas importantes), poucos de nós gastamos muito tempo considerando por que a natureza é do jeito que é; de onde surgiu o cosmo, ou se ele sempre existiu; se o tempo algum dia voltará para trás, fazendo os efeitos antecederem as causas; ou ainda se existem limites máximos para o conhecimento humano. Há até mesmo crianças - eu conheci algumas delas - que querem saber como é um buraco negro; qual é a menor porção de matéria; por que lembramos do passado e não do futuro; como se explica, se houve um caos primordial, que agora haja ordem (pelo menos aparentemente); e por que existe um universo.

---

<sup>2</sup>Estas perguntas estão presentes em diversos livros de divulgação científica sobre cosmologia, como Asimov (1977), Hawking (1988), Barrow (1995) e Hawking (2001). Boa parte delas também está reunida em (Irzik & Nola 2009, p.731). Neste trabalho, elas serão chamadas de “perguntas fundamentais”.

Esta curiosidade poderia ser mantida por mais tempo, talvez até durante a vida inteira, se as aulas de ciências passassem a estimular mais as reflexões e discussões, inclusive sobre essas “questões fundamentais”. Como este tipo de questão não permite respostas definitivas e seguras, muitos professores desprezam ou temem as discussões abertas, em que não se sabe que rumo a aula vai tomar e se corre o risco de discutir “sem chegar a lugar algum”. É comum também que os adultos, quando têm que responder a este tipo de pergunta para crianças, muitas vezes não as levam a sério, desencorajando gradativamente a sua vontade de perguntar. Acabam “ensinando” as crianças a não perderem tempo com esse tipo de coisa e a se concentrarem em assuntos mais “úteis”.

A ciência, pelo menos atualmente, não é capaz de responder diretamente a maior parte das chamadas “questões fundamentais”. Pode ser que algum dia essas respostas sejam consideradas triviais em vista de avanços científicos futuros, mas há bons motivos para suspeitar que algumas dessas questões possam permanecer sem resposta para sempre. As perguntas do início deste capítulo priorizam o *porquê*, a causa e a finalidade das coisas, ou os valores atribuídos às coisas. Há diversas respostas para essas perguntas nas diferentes tradições religiosas.

Ainda hoje, a ciência moderna não sabe responder categoricamente à questão se as suas teorias explicam ou descrevem a natureza. Aliás, é possível que esse debate nunca venha a ser resolvido. No que diz respeito à cosmologia, a necessidade de preocuparmo-nos com o estatuto epistemológico das leis, teorias e modelos cosmológicos é ainda mais relevante. Para nós, não é possível, neste caso, evitar a sugestão de uma resposta para a questão sobre a natureza das teorias científicas. Parece-nos que a própria natureza das questões cosmológicas impõe a necessidade de optarmos por uma das possibilidades existentes: descrição ou explicação (Ribeiro & Videira 2011, p. 2)

Para alguns, a ciência, em particular a cosmologia, pode apenas investigar questões que, limitam-se ao *como*, à descrição dos fenômenos naturais. O físico inglês Dennis Sciama (1926 -1999) disse:

Nenhum de nós pode entender por que o universo existe, ou mesmo por que qualquer coisa deve existir; essa é a última pergunta. Porém, ainda que não possamos responder a essa pergunta, podemos progredir com outra mais simples, que é ‘Como o universo é como um todo?’ (Sciama citado em Kragh 1996, p. xi).

Já para outros, é possível que a ciência um dia ache a resposta para todas essas questões filosóficas, explicando quem somos, de onde viemos e até mesmo para onde vamos.

Por que o universo chega a todas as preocupações do existir? A teoria unificada é tão constrangedora que traz a tona sua própria existência? Ou ela precisa de um criador, e, se for assim, teria ele qualquer efeito no universo? E quem o teria criado?

Até então a maior parte dos cientistas tem estado muito ocupada com o desenvolvimento de novas teorias que descrevem o que é o universo para poder se ocuparem da questão do por quê. Por outro lado, as pessoas cuja tarefa é fazer a pergunta *por quê*, os filósofos, não tem sido capazes de se manter atualizadas sobre as mais avançadas teorias científicas. [...] Entretanto, se descobrirmos de fato uma teoria completa, ela deverá, ao longo do tempo, ser compreendida, *grosso modo*, por todos e não por alguns poucos cientistas. Então todos, filósofos, cientistas, e mesmo leigos, seremos capazes de fazer parte das discussões sobre a questão de por que nós e o universo existimos. Se encontrarmos a resposta para isso teremos o trunfo definitivo da razão humana; porque, então, teremos atingido o conhecimento da mente de Deus (Hawking 1988, p. 169).

Ousar abordar essas “perguntas fundamentais” em sala de aula envolve questionar a postura tradicional do professor como o detentor da “Verdade” que deve ter a resposta para todas as perguntas, uma vez que a ciência não tem respostas seguras para essas questões, pelo menos por enquanto. Esse tipo de discussão, ainda que seja bastante desafiadora, pode acostumar os alunos com a ideia de que discussões abertas são boas oportunidades de aprendizado, mesmo que não se chegue a uma conclusão definitiva. Infelizmente, esta grande oportunidade de motivação dos estudantes para o estudo de ciências a partir de questões cosmológicas não tem sido aproveitada nas salas de aula. Normalmente, enfatiza-se apenas a transmissão de conhecimento sem levar em conta o contexto, os conhecimentos prévios e o interesse dos alunos, de forma que a curiosidade natural dos jovens estudantes é gradualmente amortecida ao longo da vida escolar.

### ***Cosmologia no ensino básico***

Ainda que a cosmologia contemporânea tenha se tornado muito técnica, de forma que só um reduzido número de especialistas seja capaz de entender matematicamente a grande maioria das teorias cosmológicas do século XX, os resultados mais básicos podem ser ensinados de maneira qualitativa ou através de analogias, como tem sido feito por diversos autores (Hoyle 1950, Gamow 1952, Bondi 1952, Asimov 1977, Harrison 1981, Hawking 1988, Martins, R. 1994; Barrow 1995, Hawking 2001). Dessa forma, ao longo deste trabalho vamos discutir questões como: O universo sempre existiu, ou houve um início? Terá um fim? É finito ou infinito? Qual é a sua forma? De onde surgiu a matéria? Ela ainda está sendo criada? Propusemos um curso durante a formação inicial de professores de ciências, buscando não só ensinar conteúdos específicos de cosmologia, mas também estimular os licenciandos a refletir sobre como o ensino de física pode influenciar a construção da visão de mundo dos estudantes.

Os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) propõem algumas competências e habilidades que o ensino de ciências deve buscar desenvolver nos alunos, dentre as quais

está uma diretamente relacionada à história e filosofia da ciência (HFC): “reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico; conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas e ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes” (Brasil 1998, adaptado).

Os PCN propõem mudanças no ensino de física, incentivando o ensino da física moderna e contemporânea, em particular de noções sobre cosmologia, a origem do universo e sua evolução. A ideia não é apenas ensinar uma física mais atual, elaborando novas listas de conteúdo, mas principalmente dar ao ensino de física novas dimensões, promovendo um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem.

O aprendizado de física pode “promover a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que nosso entorno material imediato, capaz, portanto, de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter mais prático, a Física revela também uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo” (Brasil 1998, p. 22).

Com o objetivo de ampliar a implementação das propostas dos PCN, em 2002 foram publicados os PCN+, contendo orientações mais objetivas como os temas estruturadores de ação pedagógica. Há seis temas estruturadores sugeridos, que são assuntos com maior potencial para o desenvolvimento de habilidades e competências propostos. O estudo da astronomia e da cosmologia é sugerido em um destes temas estruturadores dos PCN+: "Universo, Terra e Vida".

Mas afinal, para que estudar a história da cosmologia? Por que queremos saber sobre o que aconteceu há bilhões de anos? Ou ainda, por que se propõe a inserção do estudo da origem do universo no ensino médio? O ensino da cosmologia não pode ser justificado com argumentos utilitaristas, como a utilização prática no dia-a-dia, ou como forma de preparar o indivíduo para o mercado de trabalho. No entanto, a cosmologia é um tema que pode ser fascinante, permitindo a inserção de discussões a respeito da natureza da ciência no ensino de forma problematizadora.

O questionamento a respeito da origem da vida e do universo são assuntos do interesse da maior parte dos estudantes do ensino médio. Estas questões podem ser respondidas a partir de diversas perspectivas, como a investigação científica ou as crenças religiosas. É

importante reconhecer as diferenças entre essas abordagens, assim como os limites de cada uma delas. A cosmologia nos força a examinar nossas crenças mais profundas. Um de seus papéis no ensino é propiciar aos jovens o contato com a visão de mundo científica, que envolve conhecer um conjunto de descrições e explicações a respeito do universo e da posição do homem no mesmo.

Nos PCN+ o estudo do cosmo é apontado como um assunto indispensável, por permitir ao jovem:

Refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive (Brasil 2002, p. 32).

Outro argumento usado por quase todas as pesquisas sobre o ensino de cosmologia no ensino médio é a possibilidade de inserir a física moderna e contemporânea no currículo de física (Oliveira 2006, p. 16; Arthury, 2010, Reis et al 2009). Há muito tempo, o professor João Zanetic defendia que “precisamos ensinar a física do século XX antes que ele se acabe”. No fim do século, Pinto e Zanetic (1999, p. 7) afirmaram que:

Estamos nos aproximando do final do século XX e a Física nele desenvolvida está longe de comparecer às aulas de nossas escolas. É preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, não como uma mera curiosidade, mas como uma Física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo. Uma Física que hoje é responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais básicas para o homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da ciência e da tecnologia, influenciando outras formas do saber humano.

Embora existam muitas pesquisas sobre assuntos como a teoria da relatividade, a mecânica quântica e a física de partículas (Brockington e Pietrocola 2005), ainda é pequena a presença de conteúdos da física contemporânea nas aulas do ensino médio, sendo ainda menor a atenção destinada ao ensino de cosmologia e ao uso da HFC. Dentre as “pedras no caminho” (Martins A., 2007) está a falta de preparo dos professores tanto em relação a conteúdos e formas de ensinar utilizando a HFC, quanto em relação a conteúdos de cosmologia. Além disso, ainda são poucas as licenciaturas com disciplinas obrigatórias sobre astronomia (Bretones 1999; Langhi 2009, p. 16). A maior parte dos trabalhos de divulgação científica de cosmologia é escrita por astrônomos, físicos e jornalistas científicos sem formação em história da ciência. Por isso, tais trabalhos costumam enfatizar apenas os desenvolvimentos mais recentes, apresentando pouca perspectiva histórica. Mesmo quando se apresenta a história da ciência, esta é muitas vezes distorcida,

não confiável ou vista como algo secundário, de pouca importância (Kragh, 1996, p. ix). Além das dificuldades relacionadas aos conteúdos científicos, históricos e filosóficos necessários para o ensino de cosmologia, também são raras as oportunidades na formação dos professores de física em que eles são preparados para conduzir atividades envolvendo temas críticos ou controversos (Höttecke e Silva 2011).

### ***História e filosofia da ciência no ensino***

Há uma longa tradição de autores que defendem a presença da HFC nas salas de aula dos diversos níveis de ensino<sup>3</sup>. Apesar da quase unanimidade acerca da importância da HFC para uma educação científica de qualidade, há vários problemas que permeiam a sua presença efetiva nas salas de aula. Isso é natural já que quando se trata de inovações no ensino:

É fácil falar, mas difícil fazer. A escola real é muito mais complexa do que os instrumentos disponíveis para descrevê-la ou analisá-la. Mais do que isso, propostas, como resultado de práticas e reflexões, apenas sinalizam possíveis caminhos e não podem (nem deveriam) dar conta de propor receitas de mudanças (Kawamura & Hossume 2003, p. 9).

Alguns dos obstáculos à presença efetiva da HFC em sala de aula são problemas que afetam o ensino em geral, não importa qual seja a metodologia utilizada: os baixos salários dos professores, alunos com péssima qualidade de vida e problemas extracurriculares que afetam seu desempenho escolar, a precariedade da infra-estrutura de muitas escolas públicas, as salas de aula com grande número de alunos, a necessidade de cumprir o conteúdo exigido pelos exames vestibulares ou por outros tipos de currículo rígidos aos quais os indivíduos sentem-se presos (Martins, A. 2007, p. 127; Forato 2009, p. 50). Acreditamos que estes sejam os problemas mais relevantes e urgentes que precisam ser enfrentados no ensino. Contudo, a pesquisa em ensino de ciências pouco pode realizar para melhorar essa situação, que depende, sobretudo, das ações políticas da sociedade como um todo.

Por outro lado, quando se enfatiza excessivamente a importância desses problemas, é comum que isso ocorra a partir de uma perspectiva passiva e improdutiva. São poucos os professores e pesquisadores que reconhecem suas próprias limitações e sua parcela de responsabilidade no desafio de realizar atividades inovadoras no ensino de ciências.

---

<sup>3</sup>Alguns deles são: Zanetic 1989, Martins, R 1990, Lederman 1992, Castro e Carvalho 1992, Matthews 1994, Silva & Martins 2003, Vannucchi 1996, McComas et al. 1998, Peduzzi 2001, Freire Jr. 2002, Martins, R. 2006, El-Hani 2006, Silva 2006, Martins, A. 2007, Martins, A. 2009.

Ainda para a maioria, a fonte dos problemas está fora de sua alçada: são os materiais, os vestibulares, as escolas, os alunos. A culpa é sempre do outro. É preciso fazer com que os professores percebam seu papel e sua responsabilidade nesse processo, trazendo esse debate e mostrando experiências concretas nos cursos de formação (Martins, A. 2007, p. 128).

Há uma série de problemas que podem ser enfrentados com a ajuda da pesquisa em ensino de ciências. Höttecke e Silva (2011) apresentaram quatro principais obstáculos para levar a HFC para as aulas de ciências:

1. A cultura do ensino de física tradicional evita a negociação dos conteúdos, normalmente considerados com uma coleção de fatos prontos. Isso contrasta fortemente com a cultura necessária para um ensino efetivo da HFC, que mostra a física como um processo historicamente desenvolvido, influenciado pelo contexto sócio-histórico em que estão presentes investigações empíricas, discursos e a negociação entre cientistas, resultando em um conhecimento que muda com o passar do tempo e deve continuar mudando no futuro.

2. Geralmente professores de física crêem que questões epistemológicas e sobre a natureza da ciência não sejam parte do conteúdo a ser ensinado. Costumam ver a história da ciência apenas como um chamariz para a introdução de um novo tópico. Além das crenças, é importante considerarmos o domínio do conteúdo pedagógico necessário para o ensino de conteúdos históricos, tais como contar histórias, escrever roteiros e dirigir a performance dos estudantes em peças de teatro ou moderar discussões abertas entre os estudantes.

3. Do ponto de vista curricular, a HFC costuma ser vista como um objetivo geral, sem detalhamento de como este conteúdo se relaciona com outros tópicos a serem ensinados. Na prática os professores acabam guiados pelas listas de conteúdos dos currículos que raramente incluem mensagens explícitas sobre o ensino de HFC. Como faltam exemplos concretos de atividades para estudantes fazendo uso da HFC acaba-se gerando uma mensagem oculta para que esta seja ignorada.

4. Nos livros didáticos de física, as narrativas históricas costumam reforçar visões ingênuas sobre a natureza da ciência (Pagliarini 2007). A HFC se resume a datas, nomes e linhas do tempo, em boxes que não são necessários para o aprendizado dos conceitos.

Para a resolução destes problemas apontados a produção de material didático de qualidade e a simples presença de disciplinas sobre HFC na formação inicial não é suficiente. É importante também a integração de cursos de formação inicial com discussões metodológicas e didáticas. São poucas as pesquisas que apontam boas estratégias

metodológicas avaliadas em salas de aula. É preciso refletir sobre “o como fazer” (Carvalho & Vannucchi 2000, p. 428, Martins, A. 2007, p. 127). Quando se concebe a HFC apenas como “conteúdos em si”, como tarefas extras que devem ser cumpridas pelos professores, a limitação de tempo e a necessidade de cumprir o conteúdo programado tornam-se obstáculos muito grandes para a aplicação efetiva da HFC em sala de aula. Uma maneira de contornar este problema é ver a HFC como “estratégia didática” facilitadora na compreensão de conceitos, modelos e teorias (Martins, A. 2007, p. 114).

Tendo em vista a existência destes obstáculos, nesta pesquisa buscamos contribuir para a superação de algumas destas dificuldades na formação inicial de professores de ciências. Elaboramos um curso sobre história da cosmologia ministrado para alunos do último ano da Licenciatura em Ciências Exatas da USP São Carlos, cujo objetivo foi contextualizar discussões sobre a natureza da ciência, apresentando episódios da história da cosmologia. O episódio escolhido foi a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário, por sua potencialidade para gerar discussões sobre a influência de aspectos filosóficos e religiosos na criação de modelos cosmológicos.

Aulas que utilizam metodologias inovadoras podem desenvolver competências e habilidades importantes, como realizar o exercício de discutir sobre temas polêmicos, como relações entre ciência e religião, ou compreender as notícias sobre as pesquisas científicas a respeito da origem e evolução do universo, da busca por vida em outros planetas e novas descobertas realizadas com os telescópios espaciais.

Neste trabalho vemos a HFC como uma forma de contextualizar as discussões a respeito da natureza da ciência e também como estratégia didática para ensinar cosmologia. Esta pesquisa estuda aspectos da história da cosmologia no século XX, buscando questões sobre a natureza da ciência que possam ser inseridas na forma de sequências didáticas da disciplina História da Ciência. Esta disciplina é ministrada em um curso de formação inicial de professores, o curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade de São Paulo, campus São Carlos.

Pretendemos levar discussões a respeito da natureza da natureza da ciência para as salas de aula, fazendo uso da HFC de uma maneira integrada. Concordamos com Michael Matthews (1994, p. 42), Charbel El-Hani (2006, p. 12) e André Ferrer Martins (2007, p. 114) em sua defesa da célebre frase de Lakatos: "A filosofia das ciências sem história é vazia, e a história das ciências sem filosofia é cega". Estes autores defendem que cursos de filosofia da ciência que utilizam a história da ciência apenas como forma de

exemplificar as teses epistemológicas, ou cursos de história da ciência em que não se questiona os aspectos epistemológicos, podem levar os alunos a aceitar as interpretações dos autores sem crítica, assimilando respostas para questões que ainda não tinham sido apresentadas. Assim, são importantes exemplos concretos sobre teorias epistemológicas apresentados em episódios históricos, sem os quais a natureza da ciência se restringiria a memorização de slogans.

## 2 **Ciência, visões de mundo e educação**

O termo “visão de mundo” admite vários sentidos: pode significar uma maneira geral de conceber o mundo (Pessoa Jr. 2006, p. 41); uma perspectiva geral sobre a vida que envolve o conhecimento do mundo e que influencia a tomada de decisões (Gauch 2009, p. 668); ou a busca por uma visão compreensível do universo, do conhecimento, de nós mesmos e sobre como agir da melhor maneira baseando-se nesse conhecimento (Cordero 2009, p. 748). As visões de mundo estão relacionadas a muitas perguntas sobre a vida, o universo e tudo mais, como as “perguntas fundamentais” apresentadas no capítulo 1 (Irzik e Nola 2009, pp. 730-731).

Visões de mundo são gradualmente construídas em um processo envolvendo o acúmulo de experiências e informações desde a infância, inicialmente com maior influência da educação familiar e do convívio em sociedade. Já os aspectos que transcendem o senso comum são (ou deveriam ser) descobertos pelo indivíduo ao longo da vivência escolar. Neste processo em que se busca entender o mundo ao redor e dar significado às experiências vividas, são formadas a visão de si e a visão de mundo, assimilando-se os elementos do legado cultural das gerações anteriores (Pietrocola 2001, p. 2). No Brasil, com a criação dos PCN e PCN+

[...] mesmo respeitando-se o necessário sentido prático do aprendizado escolar, procurou-se ressaltar o sentido da Física como visão de mundo, como cultura em sua acepção mais ampla. É parte dessa preocupação a nova ênfase atribuída à cosmologia física, desde o universo mais próximo, como o sistema solar e, em seguida, nossa galáxia, até o debate dos modelos evolutivos das estrelas e do cosmos (Menezes, 2000, p.2).

Nesse sentido, é importante a pesquisa sobre como o ensino de física pode apresentar uma visão mais complexa e rica sobre a ciência e a própria vida, evitando as abordagens tradicionais que privilegiam apenas a memorização e a aplicação de fórmulas, sem questionar as implicações do que se aprende para o modo como se vê o mundo.

Há vários tipos de visões mundo. Podemos classificá-las em alguns grupos (Pessoa Jr. 2009, p. 58, adaptado):

### A. Visão de mundo naturalista

Visões de mundo que partem da existência da natureza (ou da experiência perceptiva da natureza) e que a concebem, possuindo uma certa unidade e seguindo leis próprias.

### B. Visão de mundo humanista ou subjetivista

Visões de mundo que tomam o homem como a medida de todas as coisas, ou que fundam o mundo nas intuições primeiras do observador que concebe o mundo.

### C. Visão de mundo religiosa ou mística

Visões de mundo que partem da existência de deuses antropomórficos, de um Deus único, ou do acesso direto do indivíduo a um mundo sobrenatural

Nesta pesquisa vamos discutir a importância das visões de mundo para o ensino de ciências, dando ênfase às relações entre ciência e religião. Em 1996, a revista *Science & Education* dedicou uma edição especial para discutir a relação entre ciência e religião e o ensino de ciências, cujo título é “*Science, Religion and Education*”. Essa discussão também ocorreu em pesquisas nacionais, principalmente relacionadas às controvérsias envolvendo o ensino de evolução biológica e o criacionismo (Sepúlveda & El-Hani 2004, Sepúlveda & El-Hani 2006, El-Hani & Sepúlveda 2010). Após treze anos, em 2009, a mesma revista dedicou mais uma edição especial ao assunto: “*Science, Worldviews and Education*”, abordando diversas questões controversas, tais como:

1. O que constitui uma visão de mundo?
2. O que forma a visão de mundo científica?
3. As aulas de ciência devem abordar a relação entre ciência e outras visões?
4. Os professores devem promover conhecimento sobre opções de visões de mundo, ou crença em visões de mundo específicas?
5. Qual é a relação entre aprender sobre a natureza da ciência e as visões de mundo associadas à ciência?
6. A ciência é compatível com outras formas de ver o mundo, como as visões de mundo religiosas?
7. Em relação às questões em que há incompatibilidade, como se deve proceder?
8. Que impacto uma visão de mundo religiosa tem na motivação para estudar ciência e no entendimento de conceitos científicos?

Para abordar questões complexas envolvendo relações entre a ciência e outras formas de ver o mundo, é essencial que haja cooperação interdisciplinar entre educadores, cientistas, filósofos, historiadores e pesquisadores da educação (Matthews 2009, p. 4). Sendo assim, não temos a pretensão de dar respostas definitivas a todas estas questões tão complexas.

## 2.1 Duas culturas no ensino de física

No ensino de física tradicional é comum que se apresente a ciência como a única forma correta de entender a natureza. São apresentados fatos de maneira objetiva, sem que se mostre a influência humana sobre a criação das teorias. Nessa perspectiva, a resposta para a questão “os professores devem promover conhecimento sobre opções de visões de mundo, ou crença em visões de mundo específicas?” seria simples: nas aulas de ciências deve-se mostrar uma visão científica do mundo. Não haveria a necessidade de apresentar outras visões, estas teriam espaço nas aulas de humanidades, ou no ensino religioso, já que o objetivo do ensino de ciências deveria ser o de promover conhecimento e não apenas crenças mal fundamentadas.

A dicotomia entre a “cultura científica” e a “cultura humanista” foi lamentada pelo romancista britânico Chales P. Snow em uma influente palestra, em Cambridge, em 1959, posteriormente publicada em forma de livro: *As duas culturas e a revolução científica*. Essa obra teve bastante repercussão, gerando uma polêmica ainda importante em nossa época. Snow teceu críticas às imagens distorcidas que “intelectuais humanistas” e “cientistas” fariam uns dos outros. Enquanto os primeiros muitas vezes até se vangloriam de saber pouco e não ter interesse por ciências, os últimos além de saber pouco sobre artes e literatura, não teriam interesse em refletir nem mesmo sobre as dimensões questões éticas e humanas relacionadas à ciência (Snow 1995).

A cultura tradicional do ensino de física foi amplamente criticada na literatura de ensino de ciências das últimas décadas. A tese de que apenas a ciência envolve conhecimentos testáveis e reais; e que a filosofia, teologia e religiões não têm qualquer autoridade (conhecida como “cientificismo”) é hoje considerada equivocada, devendo ser combatida pelo ensino de ciências (El-Hani & Mortimer 2007, p. 663; Hansson & Redfors 2007, p. 463). As crenças científicas podem ser especialmente prejudiciais aos professores de ciências, especialmente se eles forem responsáveis por conduzir discussões a respeito das ciências e outras visões de mundo em sala de aula.

Conforme discutiremos adiante, o científicismo está relacionado à uma tradição epistemológica “iluminista” ou “positivista”, que atingiu seu apogeu no século XIX. Ao longo da segunda metade do século XX, com a consolidação de críticas à essa visão “cientificista” surgiu uma nova tendência, que denominaremos “pós-moderna”, ligada ao relativismo epistemológico, sendo marcada por uma visão mais crítica e pessimista sobre o valor da ciência. Nas próximas seções apresentaremos de maneira superficial um pouco da

história dessas diferentes visões sobre a natureza da ciência que estão intimamente ligadas a existência de duas culturas no ensino de física.

### **2.1.1 A “tendência cientificista”**

No século XIX, com a ascensão da visão de mundo positivista, tornou-se difundida a tese de que o conhecimento a respeito do mundo é limitado ao que se pode investigar cientificamente. O resto *não teria sentido*, inclusive as crenças religiosas e toda a metafísica (Cobern 2000, p. 227). Os defensores do positivismo lógico argumentavam que a observação e o método indutivo seriam características distintivas da ciência e que o restante das produções humanas, incluindo as artes, a religião e a própria filosofia fariam uso de métodos especulativos. Para os positivistas a ciência seria mais confiável que outras atividades por ser verificável. Por isso, queriam eliminar por completo as questões metafísicas e especulativas presentes na atividade científica.

Os positivistas mostravam falta de entusiasmo com os grandes problemas do universo, da cosmologia, da Terra primitiva (Feyerabend 2007, p. 320), pois nestas áreas do conhecimento não é possível reproduzir os eventos estudados em laboratório. Não é possível recriar o universo ou a Terra, para controladamente estudar sua evolução como fazem, por exemplo, os físicos e químicos que estudam o espectro eletromagnético emitido por corpos dentro dos laboratórios.

Pela complexidade de seu objeto de estudo, a cosmologia não foi considerada completamente científica até pouco tempo atrás. Muitos pensaram que a cosmologia jamais poderia ser uma ciência como as outras (física, química, biologia, astronomia, etc.). Por exemplo, o filósofo positivista francês Auguste Comte (1798-1857), propôs na primeira metade do século XIX, que os fenômenos astrofísicos e cosmológicos jamais poderiam ser investigados cientificamente porque seria impossível obter dados empíricos sobre os corpos celestes. Ainda que o filósofo francês tenha dirigido suas críticas à possibilidade de se conhecer a composição físico-química dos astros celestes, sua opinião certamente englobava a cosmologia. Poucos anos depois o estudo da composição química das estrelas a partir da espectroscopia mostrou que Comte estava errado (Videira 2006 b, p. 1).

Seguindo essa tradição, ainda hoje encontramos cientistas que enfatizam a necessidade de verificações experimentais concretas para todas as atividades humanas. As investigações cosmológicas são realizadas a partir de teorias ou interpretações de observações atuais sobre os corpos do universo. Estas observações permitem que se faça

inferências sobre o comportamento do universo no passado, mas como não podem ser reproduzidas em laboratório são pouco confiáveis para um adepto da tradição positivista.

O que denominamos “tendência científicista” também poderia ser chamada de tendência “iluminista” ou “científicista”. Trata-se de uma visão ingênua, que é próxima do que Alan Chalmers chamou de “senso comum da ciência”, em seu livro *O que é ciência afinal?*

Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente (Chalmers 1993, p. 23)

Esta tendência também é semelhante ao que Gerard Fourez chama de visão idealista da ciência: a ciência descobriria leis eternas, as “leis imutáveis da Natureza”. Os conceitos científicos seriam descobertos, reencontrando uma espécie de “realidade em si” (Fourez 1995, p. 252).

### ***A visão empírico-indutivista***

Essa visão “do senso comum da ciência”, às vezes chamada também de visão *empírico-indutivista*, é apontada por pesquisas sobre o ensino de ciências como um dos equívocos mais comuns sobre a natureza da ciência entre alunos e professores

Numerosos estudos têm mostrado que o ensino – incluindo o ensino universitário – transmite, por exemplo, visões empírico-indutivistas da ciência que se distanciam largamente da forma como se constroem e produzem os conhecimentos científicos (Gil Pérez et al 2001, p. 126).

O termo “empírico-indutivista” é uma combinação de duas teses: o empirismo e o indutivismo. Há vários sentidos para a palavra empirismo, assim como para quase todos os conceitos filosóficos, que mudam de sentido ao longo da história e conforme a comunidade que os emprega. Dois sentidos possíveis, apresentados por Pessoa Jr. (2009, pp. 55-56), são:

Empirismo<sub>III</sub>: a fonte principal do conhecimento é a observação.

Empirismo<sub>IV</sub>: Há observações neutras não carregadas de teorização e estas devem servir de base para a ciência.

Já o termo “indutivista” se refere ao:

Indutivismo<sub>I</sub>: as leis científicas devem ser formuladas como generalizações indutivas a partir de uma coleção finita de enunciados de observação.

Assim, quando alunos dizem que a ciência sempre começa com a observação, ou que é possível provar experimentalmente uma teoria, tem sido classificados como “empírico-

indutivistas” pelos pesquisadores do ensino de ciências. Porém, no âmbito da filosofia da ciência, o debate o empirismo é bastante sofisticado, bem diferente das concepções encontradas em estudantes do ensino médio.

O termo “empirismo<sub>III</sub>” é um contraponto ao:

Racionalismo: a fonte principal do conhecimento é o intelecto

Já o “empirismo<sub>IV</sub>” se opõe a:

Tese da carga teórica: toda observação é interpretada teoricamente, é impregnada ou carregada de teoria.

Já o “indutivismo” se opõe ao:

Hipotético-dedutivismo: as leis científicas podem ser formuladas de qualquer maneira, desde que sejam testadas por meio da comparação de previsões (deduzidas da teoria) com observações experimentais.

No final do século XIX a filosofia da ciência foi marcada por autores que partilhavam concepções que podem ser compreendidas como diferentes facetas do positivismo lógico. Mesmo ao longo do século XX encontramos filósofos como, por exemplo, filósofo alemão Hans Reichenbach (1891-1953), que introduziu uma concepção probabilística do princípio da indução.

Em seu livro *Experience and Prediction*, Reichenbach (1938, pp. 6-7; 382-384) apresenta a distinção entre dois contextos da prática científica: *o contexto da descoberta*, no qual a influência de fatores sociais, psicológicos, econômicos e culturais seria maior, e *o contexto de justificativa*, onde a influência de fatores “externos” seria minimizada, prevalecendo os aspectos lógicos e epistemológicos. Isto garantiria a racionalidade das ciências. Trata-se de uma posição que não busca descrever a prática científica como ela *costuma ser*, mas sim de prescrever como a ciência *deveria ser*.

No início do século XX, a visão empírico-indutivista recebeu críticas de autores como o francês Pierre Duhem (1861-1916) e o austríaco Karl Popper (1902-1994), que defenderam uma visão racionalista, baseada na “tese da carga teórica”, para atacar a proposta de que a indução seria uma forma de se obter teorias objetivas, seguras e verdadeiras. Esse “problema da indução”, que já havia sido abordado pelo filósofo David Hume (1711-1776), envolve o fato de a veracidade de um enunciado só poderia ser verificada indutivamente se fosse observado em todas as situações possíveis, o que nunca pode ser realizado na prática<sup>4</sup>. Como não é possível realizar um número infinito de

---

<sup>4</sup> Para mais detalhes sobre o “problema da indução”, ver Gama e Zanetic (2009b), Chalmers (1993, p.36-60) e Fourez (1995, pp.37-63).

observações, em todas as situações possíveis, para verificar empiricamente uma proposição de observação, a indução não pode ser verificada a partir da experiência, e, portanto não pode ser utilizada para justificar a validade do conhecimento científico.

Contudo, vale ressaltar que existem muitas diferenças entre essa visão “do senso comum”, mostrada em pesquisas sobre concepções epistemológicas de professores e alunos, e as concepções de filósofos empiristas ou indutivistas, como Francis Bacon ou John Stuart Mill. Ainda que tenha proposto um método que parte da observação, Bacon reconhecia que é preciso um trabalho teórico de ordenação para se criar as teorias. Sendo assim, a visão empirista ingênua é uma caricatura deturpada das teorias de filósofos empiristas. Bacon dizia que “não devemos ser como as aranhas, que tecem empregando coisas tiradas de si próprias, nem como as formigas, que simplesmente as colhem, mas como as abelhas que colhem e ordenam” (Russel 1967, p. 65). Assim deveríamos buscar realizar observações neutras, buscando eliminar os maus hábitos que fazem com que na prática, muitas vezes os cientistas caiam em erro, que ele denominou ídolos:

- Ídolos da tribo: relacionados à natureza humana, como esperar mais ordem nos fenômenos naturais do que pode ser realmente encontrada, produzindo falsas generalizações. Outro exemplo de ídolo da tribo seria tomar o conhecimento dados pelos sentidos como verdadeiro. Essas percepções sensoriais seriam parciais, pois dependeriam da conformação do homem enquanto espécie.

- Ídolos da caverna: prejuízos pessoais, característicos do investigador particular.

- Ídolos do foro: relacionados à linguagem e ambigüidades no discurso

- Ídolos do teatro: tem suas causas nos sistemas filosóficos, assim ele critica a aceitação acrítica do conhecimento teórico estabelecido na época, como a filosofia de Aristóteles e Platão (Russel 1967, p. 65; Zanetic 2009, p. 23).

Sendo assim, o que autores como Gil Perez (2001) e Chalmers (1993) chamam de “indutivista” é uma caricatura, muito mais próxima de concepções ingênuas do que das concepções de filósofos adeptos do indutivismo.

A dependência que a observação tem da teoria com certeza derruba a afirmação indutivista de que a ciência começa com a observação. Contudo, somente o mais ingênuo dos indutivistas desejaria aderir a esta posição. Nenhum dos indutivistas modernos, mais sofisticados, gostaria de apoiar sua versão literal. Eles podem prescindir da afirmação de que a ciência deve começar com a observação livre de preconceitos e parcialidades fazendo uma distinção entre a maneira pela qual primeiro

uma teoria é pensada ou descoberta por um lado, e a maneira pela qual ela é justificada ou quais seus méritos avaliados, por outro (Chalmers 1993, p. 60)

Assim como Reichenbach, Popper adotou a distinção entre o contexto da descoberta e o contexto da justificativa, e acreditava na necessidade de criar critérios para diferenciar teorias científicas de teses metafísicas. Portanto, sua epistemologia mantém traços da tradição positivista: a valorização do contexto da justificação, o logicismo (Zanetic 2009, p. 102). Porém, para ele ainda que as teorias metafísicas não sejam testáveis empiricamente, isso não quer dizer que elas não tenham sentido ou significado, como defendiam os positivistas. Popper admite a influência da metafísica sobre a ciência e reconhece que não há um critério seguro para decidir o que deve ser considerado metafísico. Muitas das ideias hoje consideradas “científicas” foram consideradas metafísicas no passado, como o atomismo, o heliocentrismo e a ação a distância.

### **2.1.2 A tendência “pós-moderna”**

A partir da década de 1950, surgiu a chamada “Nova Filosofia da Ciência”, marcada por autores como o estadunidense Thomas Kuhn (1922-1996) e o austríaco Paul Feyerabend (1924-1994), que fizeram críticas à visão de um método científico rígido, preciso e seguro, que conduziria o cientista com segurança a novas descobertas. Os autores da chamada Nova Filosofia da Ciência não mais enfatizavam o *contexto de justificação*, mas sim buscaram descrever como a prática científica de fato costuma ocorrer, no *contexto da descoberta*. Os fatores que antes eram considerados “irracionais” ou “externos” passaram a ser considerados importantes influências da prática científica (Abd-El-Khalick & Lederman 2000).

Alguns autores, como Paul Feyerabend, também criticaram a própria diferenciação da ciência em dois contextos, que seria artificial e infrutífera. Feyerabend foi um dos principais críticos da epistemologia racionalista de autores como Popper e Lakatos. Sua postura epistemológica ficou conhecida como “anarquismo epistemológico” ou “pluralismo metodológico” (Regner 1996).

Para ele, os defensores de uma visão única e coerente para a ciência costumam dizer: a ciência pode ser complexa, mais ainda é racional. Mas o que querem dizer por

racional? Uma possibilidade válida é a tese *nominalista*<sup>5</sup>, segundo a qual “racional” seria apenas um nome único dado para uma série de procedimentos diferentes.

A ideia de que a racionalidade seria um procedimento geral presente em todas as atividades científicas não se sustenta. Ou a racionalidade é definida de maneira muito estreita, classificando como irracional, por exemplo, as artes e boa parte das ciências, ou é definida de uma forma muito abrangente, classificando como racionais não só toda a ciência, mas também a corte amorosa, a comédia ou as lutas de cachorros (Feyerabend 2007, p. 329).

Segundo algumas de suas formulações mais radicais, a ciência moderna não tem características que a tornem superior e distinta do vodu ou da astrologia (Chalmers 1994, p. 13). Contudo, ainda que Feyerabend tenha sido considerado por certos físicos como “o pior inimigo da ciência”, tendo até mesmo escrito um livro intitulado “Adeus à razão” (1971), não se pode dizer que seja de fato um irracionalista radical (Regner 1996, pp. 231-232; Gama e Zanetic 2009b). Em 1992, no prefácio de uma nova edição de seu livro *Contra o Método*, Feyerabend escreveu:

Esta era a minha opinião em 1970, quando escrevi a primeira versão deste ensaio. Os tempos mudaram. Considerando algumas tendências na educação dos Estados Unidos (politicamente correto, menus acadêmicos, etc.), em filosofia (pós-modernismo) e no mundo em geral, penso que se deva dar à razão, agora, um peso maior, não porque ela seja e sempre tenha sido fundamental, mas porque isso parece ser necessário, dadas as circunstâncias que ocorrem bem frequentemente hoje (mas que podem desaparecer amanhã), para criar uma abordagem mais humana. (Feyerabend 1993, p. 13 citado em Regner 1996, p. 233).

Até a década de 1950 as visões sobre a natureza da ciência eram principalmente influenciadas pelas obras de filósofos da ciência. Atualmente, há também a influência de autores de outras áreas, como sociólogos e psicólogos (Cobern 2000, p. 220).

A chamada tendência pós-moderna na história, filosofia e sociologia da ciência, marcada por autores com Paul Feyerabend, Bruno Latour e Boaventura de Sousa Santos, tem questionado a superioridade do conhecimento científico sobre as outras formas de conhecimento. Esta linha de pensamento tem sido vista com desconfiança por cientistas e até mesmo por pesquisadores na área de ensino de ciências, pois as posturas relativistas oriundas daquela tendência colocariam em questionamento a validade do ensino de ciências (Greca e Freire Jr. 2004, p. 345).

Sendo assim, o que chamamos de “tendência pós-moderna” seria uma nova visão que se opõe à “tendência cientificista” e que se tornou bastante influente na educação a partir

---

<sup>5</sup> O nominalismo é uma das formas de oposição ao realismo. Na filosofia medieval, o realismo era a tese de que os universais (“árvore”, “cadeira”, “homem”) existem antes das coisas particulares, tese esta que estava associada à filosofia de Platão. Para os nominalistas, os universais são meros nomes (Pessoa Jr. 2003, p.99).

da segunda metade do século XX, com a difusão de obras de autores como Thomas Kuhn e Paul Feyerabend. Seria então uma radicalização da “visão histórica da ciência”, apresentada por Fourez: “a ciência e cada disciplina científica seriam feitas pelos e para os seres humanos. Passam a ser consideradas como uma construção histórica, condicionada por uma época e por projetos específicos” (Fourez 1995, p. 252). Essa postura costuma ser mais comum em indivíduos adeptos de uma visão de mundo humanista, que desconfiam da autoridade atribuída ao conhecimento científico.

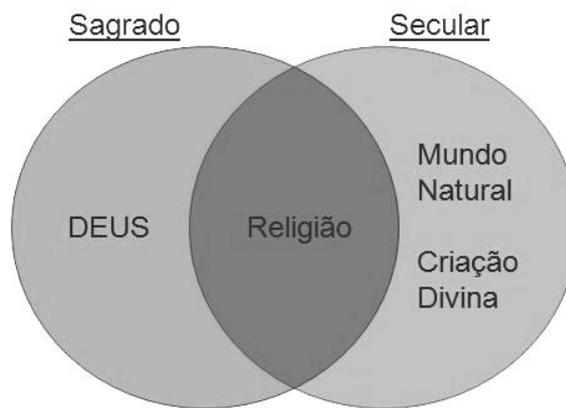
## 2.2 Conhecimento ou crença?

Como vimos, com as críticas à “tendência científicista” e o questionamento da cultura tradicional no ensino de física apresentados na seção anterior, a resposta para a questão “os professores devem promover conhecimento sobre opções de visões de mundo, ou crença em visões de mundo específicas?” torna-se bem mais complexa.

A *crença científica* pode ser vista como o conhecimento de resultados científicos junto com sua aceitação como verdade, quando essa aceitação é baseada no respeito à autoridade do professor ou dos cientistas. O *conhecimento científico* só seria possível quando se sabe justificá-lo (Rogers 1982, citado em Silva & Martins, R. 2003).

Esta definição parece adequada para o caso de conceitos disciplinares bem estabelecidos e pouco controversos. Porém, quando pensamos em questões relacionadas às visões de mundo, diferenciar conhecimento de crença científica pode ser mais difícil. A autonomia intelectual completa é impossível. Todos, em maior ou menor grau, dependem da confiança em autoridades para construir o conhecimento. Que grau de independência intelectual seria desejável aos estudantes? Como ensinar em que tipo de autoridades devem confiar nos casos em que não há consenso?

William Cobern, professor e pesquisador da área de ensino de ciências da Western Michigan University, baseado nas obras do antropólogo inglês Rodney Needham, argumenta que a distinção entre *conhecimento* e *crença* não é um fenômeno universal, mas uma característica particular da cultura ocidental (Cobern 2000, p. 221). As raízes históricas desta distinção presente estariam ligadas a tradição judaico-cristã, encontradas nos conceitos de Sagrado e Secular, ilustrados no esquema abaixo:



**Figura 1: Distinção entre sagrado e secular na tradição judaico-cristã<sup>6</sup>**

Nessa visão hebraica tradicional, a esfera do Sagrado contém Deus, o criador, enquanto a esfera do Secular contém o mundo natural, as obras da criação divina. A relação entre ambas realiza-se pela atividade religiosa. De maneira geral, os filósofos na Grécia Antiga se diferenciaram desta postura religiosa, assumindo que o conhecimento objetivo da natureza seria possível sem a necessidade de intervenção divina.

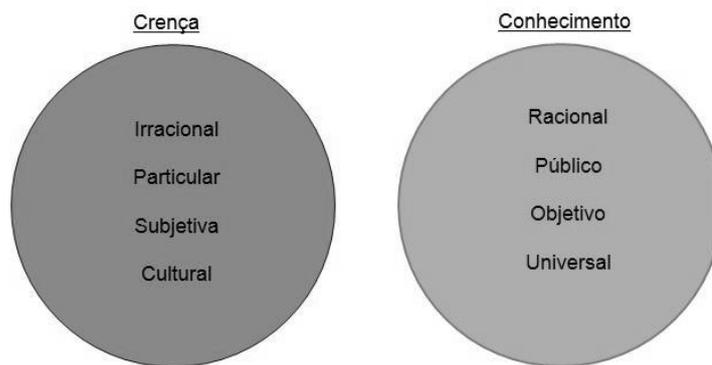
Na Idade Média, a principal tarefa da teologia seria a reconciliar crença e conhecimento, o Sagrado e Secular. Ao invés de contrapor fé e conhecimento como opostos, estes eram vistos como aliados (Cobern 2000, p. 222). Já no início da época Moderna, logo após o Renascimento, gradualmente, desenvolveu-se uma visão de mundo “iluminista” (ou “empirista”, como denominou Cobern) caracterizada pela oposição entre conhecimento e crença.

A esfera da crença estaria ligada à antiga esfera do sagrado, sendo marcada pela irracionalidade, por noções particulares e subjetivas, diferentes para cada cultura, enquanto a esfera do conhecimento estaria ligada à esfera do secular, marcada pela razão, por teorias públicas, objetivas e universais.

A *crença* estaria associada à fé (no sentido relacionado ao que se espera do mundo e não ao que nele se observa). Dessa forma, o conhecimento envolveria acreditar em algo baseado em evidências empíricas, enquanto que as crenças seriam incertas e especulativas.

---

<sup>6</sup> Este desenho foi criado inspirado pela figura 1 de (Cobern 2000, p.222).



**Figura 2: Distinção entre conhecimento e crença numa visão “empirista”<sup>7</sup>**

Segundo a tradição empirista, ainda bastante presente atualmente, se associa crença à dúvida e conhecimento à verdade. Segundo esta postura, não se pode ter certeza absoluta da verdade a respeito dos conhecimentos, resultando que é impossível eliminar completamente todas as dúvidas. Contudo, um empirista diria que “se há alguma dúvida, basta investigar” (Cobern 2000, p. 220). Por exemplo, ainda que persistam dúvidas sobre a origem do universo, é possível testar as teorias cosmológicas através de investigações empíricas. Por isso, de acordo com esta tradição a cosmologia é tida como conhecimento válido a respeito do mundo.

O apogeu do empirismo aconteceu com a ascensão da visão de mundo positivista, que numa formulação radical propunha que o conhecimento a respeito do mundo seria limitado ao que se pode investigar cientificamente. O resto *não teria sentido*, inclusive as crenças e toda a metafísica (Cobern 2000, p. 227). Para um positivista, não faz sentido perguntar, por exemplo, o que havia antes do Big Bang, já que esta pergunta não pode ser respondida cientificamente.

Hoje a concepção do senso comum sobre *crença* e *conhecimento* é bastante influenciada por esta distinção que Cobern denomina “empirista”. No dicionário Michaelis online vemos as seguintes definições:

Conhecimento co.nhe.ci.men.to *sm* (*conhecer+mento*<sup>2</sup>) **1** Ato ou efeito de conhecer. **2** Faculdade de conhecer. **3** Idéia, noção; informação, notícia. **4** Consciência da própria existência. [...] **7** *Dir* Direito judicial de receber, apreciar e julgar uma causa resultante da competência. *sm pl* Saber, instrução, perícia; razoabilidade; circunspeção.

Crença cren.ça *sf* (*lat credentia*) **1** Ato ou efeito de crer. **2** Fé religiosa. **3** Opiniões que se adotam com fé e convicção. **4** Crédito diplomático.

<sup>7</sup> Este desenho foi criado inspirado pela figura 2 de (Cobern 2000, p.227).

Sendo assim, no discurso cotidiano é comum a ideia de que cientistas até podem ter crenças particulares como as crenças religiosas e consulta de horóscopos, mas estas são vistas como marcas de *irracionalidade*. O cientista “ideal” seria sempre objetivo e racional, minimizando a influência de suas crenças sobre sua prática profissional.

### ***Debates sobre o ensino multicultural***

Conforme discutido na seção 2.1, a cultura tradicional do ensino de física e a epistemologia positivista foram amplamente criticadas, tanto por epistemólogos quanto por educadores, ao longo da segunda metade do século XX. Baseando-se nessas críticas, Cobern aponta que a distinção entre conhecimento e crença pode hoje ser considerada uma construção artificial, que quando presente nas salas de aula cria mais dificuldades do que benefícios, por promover uma visão de mundo que entra em conflito com a visão de mundo de muitos estudantes (Cobern 2000, p. 241).

Os defensores do ensino multicultural acreditam que esse choque entre culturas pode ser conduzido de uma maneira mais sábia. Eles propõem que a ciência deixe de ser vista como uma cultura hegemônica, ou a única forma “correta” de se ver o mundo e passe a ser ensinada como um dos elementos culturais mais importantes do mundo contemporâneo, que tem grande valor e merece ser ensinado. Os alunos podem ser estimulados a entender o discurso alheio e não necessariamente se convencer de que a visão de mundo científica é a melhor opção (Cobern & Loving 2001, Sepúlveda & El-Hani 2006; El-Hani & Mortimer 2007, p. 658).

Conflitos culturais na escola são praticamente inevitáveis. Porém é possível minimizar os efeitos nocivos dos conflitos culturais, se o professor estiver consciente da existência desse tipo de conflito. Dessa forma ele pode apresentar a ciência como cultura, como uma forma de ver o mundo, que não é a única possível.

Cobern argumentou que, em vez de esperar que os alunos *acreditem* na ciência (ou seja, a aceite como um conjunto de teorias verdadeiras) o ensino de ciências deve buscar que os alunos apenas *entendam* o que é ensinado. Esta postura é certamente mais próxima da “tendência pós-moderna” do que da “tendência científicista”, sendo uma dentre as muitas posturas possíveis entre esses extremos. Nessa visão liberal, os professores de ciências não precisam exigir que os alunos aceitem completamente a visão de mundo científica, já que estes podem *entender* os conceitos mesmo sem *acreditar* neles. Da mesma maneira, quando se aprende um idioma, você assimila aspectos de uma nova cultura sem abandonar a sua cultura anterior. É também o que acontece com os

antropólogos que compreendem as culturas e mitologias de certos povos, sem necessariamente acreditar no que estudam.

Outros autores defendem que se deva buscar não só entendimento, mas também convencer os alunos de que a ciência é verdadeira e confiável, ou seja, de que eles *acreditem* no que é ensinado (El-Hani & Mortimer 2007, p. 657). Os autores adeptos do “universalismo epistemológico”<sup>8</sup> defendem que mesmo com influências culturais sobre a prática científica, a ciência não é determinada pelo meio social. A ciência seria objetiva, há uma busca de universalização do conhecimento. Sendo assim, pode-se dizer que os resultados da ciência brasileira precisam ser compatíveis com os resultados da ciência argentina, por exemplo.

Um dos adeptos do universalismo epistemológico é Michael Matthews, que discorda da proposta liberal de que o ensino deva apenas apresentar opções de visões de mundo, buscando o entendimento dos estudantes e não a mudança de suas concepções. Ele argumenta que escolha não é tão simples já na maior parte das sociedades de tradição ocidental, muitos elementos de visões de mundo não são permitidos e devem ser evitados, como por exemplo, as teses racistas, sexistas, xenófobas (Matthews 2009, p. 15).

Tendo em vista a complexidade deste debate que envolve não apenas diferentes concepções epistemológicas, mas também distintas visões políticas e morais, concordamos com as ressalvas apontadas por Matthews em relação à proposta de ensinar a ciência como cultura. Em certos casos, como no ensino de questões para as quais a ciência ainda não tem uma resposta bem definida ou segura, como para a questão “o universo teve um começo ou sempre existiu?”, não temos objeções à proposta liberal de que os estudantes aprendam ciências como quem aprende um novo idioma e não esquece seu idioma nativo. Caberia então a cada estudante *entender* os argumentos da cosmologia contemporânea, compará-los com suas crenças religiosas e então decidir como lidar com os eventuais conflitos. Nesse caso, seria possível fazer uso dos conhecimentos científicos em situações específicas, sem necessariamente abandonar suas ideias anteriores. O estudante pode ainda emprestar ou adaptar elementos da visão de mundo científica à sua visão de mundo ( Sepúlveda & El-Hani 2006, p. 30). Porém não é possível nem desejável evitar qualquer tipo de conflito.

---

<sup>8</sup> Para um aprofundamento sobre esse debate entre universalismo e o ensino multicultural, ver El-Hani & Mortimer 2007, p.660.

A “visão de mundo científica” pode entrar em confronto não só com as visões de mundo de base religiosa, mas também com uma série de crenças e práticas culturais. Por exemplo, segundo o Datafolha<sup>9</sup>, um em cada quatro brasileiros, porém, acredita que o ser humano foi criado por Deus há menos de 10 mil anos. Essa crença religiosa entra em conflito com diversas teorias científicas muito bem estabelecidas, provenientes de diferentes áreas do conhecimento, como a física, geologia, biologia, astronomia e cosmologia. Nesse contexto, acreditamos que o professor de ciências deva deixar clara para os estudantes a existência desse conflito. Além disso, consideramos que seja razoável esperar que numa aula sobre, por exemplo, a datação com Carbono 14, os estudantes não só *entendam* como é possível estimar a idade de rochas, mas também que *acreditem* que há muitas evidências a favor da tese de que a Terra tem uma idade muito maior que 10 mil anos.

Uma postura comum em relação a essas crenças é o “ceticismo científico”, que pretende fortalecer no aluno uma visão de mundo científica e uma atitude crítica diante de afirmações não comprovadas, como as previsões da astrologia ou as teses da parapsicologia. Segundo essa concepção, o fortalecimento da visão de mundo científica pode ser importante para formar cidadãos menos suscetíveis de serem enganados e explorados (Venezuela 2008, Sagan 1985, Dawkins 2006).

No entanto, a questão de como esta atitude crítica deve ser trabalhada em sala de aula é controversa. Vimos que entre educadores de ciências existe uma complexa discussão a respeito da substituição da cultura prévia dos alunos por uma nova cultura científica. Além disso, é difícil para um professor ensinar o seu aluno a diferenciar a ciência da pseudociência, já que mesmo entre especialistas esta discussão é bastante polêmica (Pessoa Jr. 2006, p. 42). Além de conceitos específicos, ela envolve aspectos não consensuais a respeito da natureza da ciência, como a distinção entre conhecimento, opinião, crença e fé e a questão da universalidade ou neutralidade da ciência. Vamos discutir algumas dessas questões no próximo capítulo.

---

<sup>9</sup> <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u715507.shtml>, acesso em fevereiro de 2011.

### 3 A natureza da ciência

De forma geral, tem-se utilizado o termo “natureza da ciência” para designar um conjunto de saberes e práticas envolvidos na construção do conhecimento científico, incluindo crenças e valores intrínsecos a este processo (Lederman 1992). É bem aceito entre os pesquisadores do ensino de ciências que a própria definição de “natureza da ciência” não é muito precisa, nem consensual, pois existem diversas visões sobre a ciência muito diferentes entre os cientistas, epistemólogos, historiadores e sociólogos da ciência, além de outros especialistas no assunto. Como existem várias ciências e suas naturezas são conceitos que mudam muito ao longo da história, a ciência seria um fenômeno cultural muito difuso para ser caracterizado por uma natureza única (Alters 1997, Eflin et al. 1999).

No entanto, a ênfase sobre as controvérsias epistemológicas pode ocultar o fato de que há também um grau relativamente alto de concordância sobre alguns aspectos de uma visão adequada sobre a natureza da ciência (El Hani 2006, p. 6; Mc Comas 2008, p. 250). Ainda que haja muitos opositores à noção de uma única natureza da ciência no âmbito das discussões epistemológicas, é possível derivar alguns pontos de concordância entre filósofos, historiadores e pesquisadores do ensino de ciências e apresentar alguns tópicos considerados mais relevantes para o ensino. A tentativa de esboçar tópicos consensuais sobre a natureza da ciência tem sido objeto de investigação de um grande número de artigos nos últimos anos. McComas e colaboradores (1998, p. 513, tradução de Moura 2008) apresentaram uma síntese elaborada a partir do estudo de documentos curriculares internacionais:

O conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter provisório;

O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não totalmente, na observação, em evidências experimentais, em argumentos racionais e no ceticismo;

Não existe uma única maneira de se fazer ciência (portanto, não existe um método científico universal);

A ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais;

Leis e teorias desempenham diferentes papéis na ciência, portanto os estudantes devem notar que as teorias não se tornam leis mesmo com evidências adicionais;

Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência;

O novo conhecimento deve ser informado clara e abertamente;

Os cientistas necessitam da preservação de registros precisos, revisão e replicabilidade;

As observações são dependentes da teoria;

Os cientistas são criativos;  
A história da ciência revela tanto um caráter evolucionário quanto revolucionário;  
A ciência é parte de tradições culturais e sociais;  
A ciência e a tecnologia se influenciam;  
As ideias científicas são afetadas pelo ambiente histórico e social.

Muitas das pesquisas que investigaram as concepções sobre a natureza da ciência de estudantes e professores desenvolvidas nos últimos anos, em geral, chegaram a resultados bastante semelhantes; destacando que são normalmente consideradas “inadequadas”<sup>10</sup>. Algumas das “visões deformadas sobre o trabalho científico”, relatadas por Gil Pérez e colaboradores (2001, pp. 129-134) são:

1. Uma concepção empírico-indutivista e ateórica, que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação, esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como das teorias disponíveis que orientam todo o processo;
2. Uma visão rígida, algorítmica, exata da prática científica, que se resumiria ao emprego de um suposto ‘método científico’, entendido como um conjunto de etapas que devem ser seguidas mecanicamente;
3. Uma visão dogmática e fechada da ciência, que ignora os obstáculos enfrentados e erros cometidos ao longo do processo de construção das teorias. Seguindo essa visão, o ensino é conduzido como uma retórica de conclusões, buscando-se transmitir aos alunos conhecimentos já elaborados, reconstruídos racionalmente, sem discutir as limitações do conhecimento científico.
4. Uma visão exclusivamente analítica da ciência, que “ênfatiza a divisão dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador. Porém, esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos.”
5. Um relativismo extremo, tanto metodológico (“tudo vale”), como conceitual (não há uma realidade objetiva que permita assegurar a validade das

---

<sup>10</sup> Estamos usando o termo concepções adequadas sobre a natureza da ciência seguindo a tradição das pesquisas relatadas (El-Hani 2006, p.8, Lederman 1992, Harres 1999, Abd-El-Khalick & Lederman 2000, Gil Pérez et al. 2001, Martins, R. 2006, Adúriz-Bravo 2006, McComas 2008). Contudo, vale ressaltar que como não existe consenso entre epistemólogos sobre o assunto, é importante ver esses tópicos como uma tentativa pragmática de delinear um consenso para o ensino de ciências e evitar associar as concepções inadequadas a erros imperdoáveis.

construções científicas: a única base em que se apóia o conhecimento é o consenso da comunidade de investigadores nesse campo;

6. Uma visão individualista e elitista da ciência, em que o conhecimento científico é visto como a obra de gênios isolados, perdendo-se de vista a natureza cooperativa do trabalho científico.
7. Uma visão socialmente neutra da ciência, que diminui a importância das relações entre ciência, tecnologia e sociedade e ignora o contexto histórico e cultural em que se insere a atividade científica.

Gil Pérez e colaboradores (2001, p. 134) afirmam que as “visões deformadas” sobre o trabalho científico não devem ser vistos como os “sete pecados capitais”, diferentes e autônomos, mas que eles se relacionam entre si, de maneira integrada. Além destas “deformações”, outras pesquisas encontraram outros aspectos, considerando-os inadequados, tais como:

- Falta de compreensão dos conceitos metateóricos como ‘fato’, ‘evidência’, ‘observação’, ‘experimentação’, ‘modelos’, ‘leis’ e ‘teorias’, bem como de suas inter-relações (Teixeira et al 2009, p. 531).
- Uma visão “falsificacionista ingênua” (cf. Chalmers 1993, pp. 63-74), defendendo que caso houvesse desacordo entre a previsão de uma teoria e um experimento, esta deveria ser considerada falsa e abandonada.
- Um compromisso com uma visão epistemológica absolutista, de acordo com a qual uma forma de conhecimento pode ser entendida como definitiva e absolutamente verdadeira. O termo “absolutismo epistemológico” foi criado pelo o filósofo britânico Stephen Toulmin (1922-2009), se referindo à crença na infalibilidade do método científico e na veracidade absoluta e superioridade do conhecimento científico (Harres 1999, p. 200).

Contudo, algumas destas concepções consideradas “inadequadas” envolvem alguns aspectos pouco consensuais sobre a natureza da ciência, que ainda provocam debates entre especialistas no assunto. Juli Eflin, Stuart Glennan e George Reisch afirmam que:

O conceito de natureza da ciência parece pressupor: (a) que existe uma natureza da ciência para ser descoberta e ensinada aos estudantes; (b) que uma lista de tópicos pode descrever a natureza da ciência; e (c) que para uma disciplina ser considerada científica, cada um dos tópicos deve ser verdadeiro para essa disciplina. Na filosofia, essa é uma visão essencialista da ciência, em que se acredita que há uma essência da natureza ou um conjunto de critérios que descrevam todas e somente as atividades e investigações são consideradas científicas. A maior parte dos filósofos da ciência e educadores que refletiram sobre essa questão consideram que essa visão essencialista

não pode ser sustentada. [...] Porém, pedagogicamente, o essencialismo sobre a natureza da ciência pode ser apropriado. Essa é uma decisão que deve ser feita levando-se em conta o grau de desenvolvimento dos estudantes em questão (Eflin et al 1999, p. 108, tradução livre).

Assim, a natureza da ciência não seria uma definição exata, ou um conjunto de características necessárias e suficientes para que uma atividade seja considerada científica. Tendo feito essa importante ressalva, Eflin e colaboradores (1999, pp. 108-109, tradução de Moura 2008) citam primeiro quatro áreas de consenso entre os epistemólogos, e em seguida alguns aspectos mais controversos.

Áreas de consenso sobre a natureza da ciência:

O principal objetivo da Ciência é adquirir conhecimento do mundo natural;

Há uma ordem implícita no mundo que a Ciência procura descrever da maneira mais simples e compreensível;

A Ciência é dinâmica, mutável e experimental;

Não há nenhum método científico único.

Áreas sem consenso sobre a natureza da ciência:

A geração do conhecimento científico depende de compromissos teóricos e fatores sociais e culturais.

A verdade das teorias científicas é determinada por características do mundo que existem independentemente do cientista.

Segundo os autores, a maioria dos pesquisadores reconhece que a geração do conhecimento científico depende de questões teóricas e de fatores históricos e sociais, mas há uma grande discordância sobre a importância dessa influência “externa” quando comparada com a de fatores “internos”, lógicos ou racionais. Tendo em vista estas duas grandes áreas sem consenso, eles apresentam uma série de tensões entre correntes filosóficas diferentes sobre a natureza da ciência, tais como realismo x instrumentalismo e racionalismo x historicismo.

Tendo em vista essas controvérsias, é importante lembrar que dada a complexidade destas questões é bastante arriscado estabelecer uma suposta “concepção adequada de ciência” como se fosse a única visão correta. Assim como se propõe que uma visão dogmática e fechada da ciência seja inadequada, o mesmo se aplica às teorias sobre a natureza da ciência.

Esta cautela em relação à criação de listas sobre “a visão correta da natureza da ciência” está presente nos artigos feitos pelos pesquisadores da área de ensino que sintetizaram as concepções listadas acima. Abd-El-Khalick e Lederman (2000) mostram que preferem usar a sigla “NOS” (natureza da ciência) ao invés de “the NOS” (a natureza

da ciência), já que não acreditam na existência de uma única “natureza da ciência”. Acreditam ser importante ressaltar que o conjunto de aspectos selecionados sobre a natureza da ciência atualmente não podem ser considerados intrinsecamente superiores aos que foram adotados no passado, uma vez que se deve analisá-los levando em conta o contexto em que foram criados. João Praia e colaboradores (2007, p. 147) também afirmam estar conscientes das dificuldades que se colocam ao falar de uma “imagem adequada” da atividade científica, que parece sugerir a existência de um suposto método universal, de um modelo único de desenvolvimento científico.

Porém, embora os pesquisadores que escrevem sobre a natureza da ciência estejam cientes da necessidade de cautela em relação à imposição de uma visão “adequada” sobre a ciência, é preocupante que com a divulgação destes trabalhos essas frases cautelosas presentes nos artigos sejam esquecidas. Assim, encontraríamos professores utilizando a lista de aspectos “consensuais” sobre a natureza da ciência como um novo currículo a ser ensinado nas aulas de ciências.

A chamada “visão consensual” que tem sido apresentada em diversas pesquisas, busca contornar as dificuldades relacionadas ao ensino da natureza da ciência, apresentando apenas os aspectos menos controversos (Irzik e Nola 2011). Porém, acreditamos que há aspectos controversos que poderiam ser abordados no ensino, tais como: O que é ciência? Qual é a diferença entre opinião, crença e conhecimento? O que é a verdade? A ciência busca a verdade? O que pode contar como evidência numa investigação? Como julgar entre hipóteses ou teorias diferentes em competição?

Sendo assim, neste trabalho dois aspectos epistemológicos principais serão discutidos:

- A existência de critérios de demarcação para diferenciar a ciência de outras atividades humanas, intimamente relacionada às discussões sobre a existência do método (seção 3.1);
- O debate entre realismo e anti-realismo, relacionado às polêmicas sobre a autoridade e confiança atribuída ao conhecimento científico (seção 3.2).

Na seção 3.3 tentamos fazer uma nova síntese de tópicos sobre a natureza da ciência um pouco mais extensa, mostrando a tensão entre visões radicalmente opostas nos debates apresentados.

### **3.1 Os critérios de demarcação nas ciências e o método científico**

Um aspecto bastante controverso a respeito da natureza da ciência, essencial para a nossa discussão, é a possibilidade de diferenciar a ciência de outras formas de conhecimento, como a metafísica e as religiões. Esta questão ficou conhecida na filosofia da ciência, como o problema da “demarcação”, envolvendo questões como: O que é a ciência? Como procedem os cientistas? Como seus padrões diferem dos padrões de outros empreendimentos? Qual é a fronteira entre ciência e humanidades, ou particularmente entre a filosofia, teologia e história?

Neste trabalho, foi privilegiada a discussão da relação entre as ciências naturais e as grandes religiões ocidentais. Portanto, são mencionados brevemente outros aspectos, mas a seleção dos tópicos mais importantes foi marcada pelo interesse da pesquisa, que é a formação de professores de ciências educados na tradição ocidental, cuja religião majoritária é o cristianismo. Esta questão da demarcação teve grande importância na história da filosofia e da ciência. Porém, também teve grande influência prática.

O epistemólogo húngaro Imre Lakatos (1922-1974) apontou alguns aspectos históricos da relevância de se diferenciar a ciência da não-ciência:

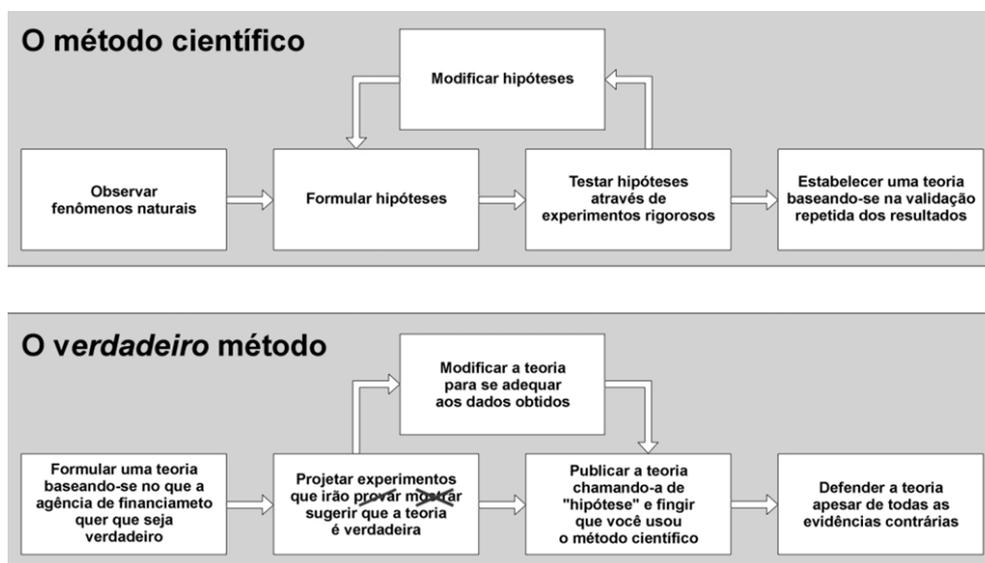
O problema da demarcação das fronteiras entre a ciência e a pseudociência tem sérias implicações para a institucionalização da crítica. A teoria de Copérnico foi proibida pela Igreja Católica em 1616 por ser considerada pseudocientífica. Em 1820, foi retirada do Index, porque àquela altura a Igreja acreditou que os fatos a haviam comprovado e, portanto, ela se tornava científica. O Comitê Central do Partido Comunista Soviético, em 1949, declarou pseudocientífica a genética mendeliana e matou os que a defendiam em campos de concentração, como aconteceu com o acadêmico Vavilov (depois do assassinato de Vavilov a genética mendeliana foi reabilitada). Contudo, manteve-se o direito do partido decidir o que é científico e publicável e o que é pseudocientífico e passível de punição. O novo establishment liberal do ocidente também exerce o direito de negar a liberdade da palavra ao que é considerado pseudocientífico, como já se viu na discussão a respeito de raça e inteligência. Todos esses julgamentos inevitavelmente se baseiam em alguma espécie de critério de demarcação. Essa é uma razão por que o problema dos limites entre a ciência e a pseudociência não é um pseudo problema de filósofos de poltrona: ele tem sérias implicações éticas e políticas (Lakatos citado em Chalmers 1994, p. 12).

Uma tentativa de resposta comum para o problema da demarcação é a existência do método científico como um conjunto de procedimentos que caracterizam a ciência.

#### **3.1.1 O método científico**

A existência de um conjunto de procedimentos que caracterizariam o trabalho dos cientistas e conduziriam com segurança à construção do conhecimento científico é uma ideia bastante comum, tanto entre cientistas quanto entre a população em geral. Este

“método científico” é discutido na grande maioria dos livros didáticos de ciências, tanto de forma explícita quanto implícita (Pagliarini 2007, p. 60). Um esquema geral, ensinado em muitas aulas de ciências é mostrado na parte superior da figura a seguir:



**Figura 3: Comparação entre o “método científico” e o “verdadeiro” método científico**

Segundo a “tendência científicista” (apresentada na seção 2.1.1), o método científico seria universal e atemporal, uma sequência de etapas que deveriam ser seguidas rigorosamente pelos cientistas, garantindo assim que se obtenham conhecimentos verdadeiros. A investigação sempre começaria com a observação neutra dos fenômenos naturais, então seriam formuladas hipóteses que são testadas por experimentos rigorosos, ou seja, de maneira objetiva, sem que o cientista se deixe influenciar por preconceitos ou ideologias. Dessa forma, o método científico envolveria apenas aspectos lógicos e racionais.

A charge apresenta, com humor, uma inversão do método tradicional como o “verdadeiro método científico”. Além de não começar pela observação, este método é mais próximo do que denominamos “tendência pós-moderna”. São mencionados os fatores muitas vezes considerados “externos” que podem influenciar a prática científica, como a vontade dos cientistas de reconhecimento e fama no meio acadêmico e a necessidade de atender às exigências das agências de fomento. Dessa forma, ocorre a influência dos valores públicos e privados sobre o que deve ser pesquisado.

### ***Algumas teorias epistemológicas sobre o método científico***

A partir do século XVI, alguns filósofos, entre eles Francis Bacon, passaram a se preocupar não apenas com a determinação dos procedimentos que poderiam conduzir a

construção segura do conhecimento, mas também com a capacidade de justificar por que esse conhecimento é verdadeiro. Dessa maneira, o método científico pode ser visto como uma forma de justificar a autoridade e o valor da ciência, assim como de demarcar a ciência de outras formas de conhecimento (Videira 2006 a).

Como vimos na seção 2.1, os defensores do positivismo lógico argumentavam que a observação e o método indutivo seriam características distintivas da ciência e que o restante das produções humanas, incluindo as artes, a religião e a própria filosofia fariam uso de métodos especulativos. Para os positivistas a ciência seria mais confiável do que as outras atividades por ser verificável.

No século XX, autores como Karl Popper, Thomas Kuhn e Paul Feyerabend atacaram a proposta de demarcação positivista, também chamada de visão empírico indutivista. Como Popper negou a possibilidade de se utilizar o método indutivo para diferenciar uma atividade científica de uma não-científica, propôs um novo critério de demarcação, que ficou conhecido como “falsificacionismo”. Para que uma teoria seja considerada científica, deve existir a possibilidade de que um fato entre em conflito com as previsões desta teoria, ou seja, a teoria deve ser testável ou refutável. As teorias pseudocientíficas, não-científicas ou metafísicas seriam irrefutáveis por não possuírem falsificadores potenciais<sup>11</sup>.

Uma distinção entre o chamado falsificacionismo ingênuo e o sofisticado<sup>12</sup> é a noção, defendida por Popper, de que não é possível refutar de maneira definitiva uma teoria a partir de experimentos, já que as interpretações de dados experimentais são dependentes das teorias. Dessa maneira, as teorias científicas seriam falsificáveis em princípio, porém as falsificações reais poderiam sempre ser controversas.

Atualmente é bem aceita a tese do epistemólogo húngaro Imre Lakatos (1922-1974), discípulo de Popper, sobre a existência de um “núcleo duro”<sup>13</sup> resistente a falsificações nas teorias científicas (Matthews 1994, p. 35). Um teste de previsão que produza resultado negativo não faz com que a teoria seja imediatamente abandonada.

Em seu livro *Contra o Método* (2007), Feyerabend se propõe a responder às perguntas que conduziram a discussão sobre o método científico:

---

<sup>11</sup> Para mais detalhes sobre os critérios de demarcação para Popper, ver Venezuela 2008, p.42-45.

<sup>12</sup> O livro “O que é ciência afinal?” (Chalmers 1993), apresenta uma versão “ingênuo” do falsificacionismo no capítulo 4, uma versão mais “sofisticada” no capítulo V e apresenta críticas a esta teoria no capítulo VI.

<sup>13</sup> Para mais detalhes sobre o conceito de cinturão protetor e núcleo firme de Lakatos, ver Silveira (1996, p.221).

O que é a ciência? Como procedem os cientistas? Como seus padrões diferem dos padrões de outros empreendimentos? [...] A ampla divergência entre indivíduos, escolas, períodos históricos e ciências inteiras torna extremamente difícil a identificação de princípios abrangentes, quer de método, quer de fato. A palavra “ciência” talvez seja uma única palavra – mas não há uma entidade única que corresponda a esta palavra (Feyerabend 2007, p. 319).

Feyerabend critica tanto a ideia de que exista uma única concepção coerente de ciência quanto a de que há um “método científico” que conduziria com segurança à construção do conhecimento verdadeiro e bem fundamentado, baseado em experimentos e observações:

O pressuposto de uma visão única e coerente que subjaz ao todo da ciência é ou uma hipótese metafísica tentando antecipar uma unidade futura, ou uma **fraude pedagógica**; ou então é uma tentativa de mostrar, por uma judiciosa elevação e rebaixamento de categorias das disciplinas, que já foi alcançada uma síntese [...] não há um simples mapa “científico” simples da realidade - ou, se houvesse, ele seria por demais complicado e desajeitado para ser aprendido ou utilizado por qualquer pessoa. Mas há muitos mapas diferentes da realidade, de acordo com uma variedade de pontos de vista científicos (Feyerabend 2007, p. 327).

A partir das décadas de 1970-1980, a ideia de um método rígido, preciso e seguro, que deveria ser seguido pelos cientistas e ensinado nas escolas, passou a ser vista como antiquada e conservadora (Videira 2006 a, p. 26). A existência de *um* método científico ou de algum critério de demarcação continua sendo um assunto controverso. Ainda que seja complexo e tenha mudado ao longo da história, não poderíamos ainda dizer que há um método único?

As obras de historiadores da ciência nos mostram que na prática:

Os pesquisadores formulam hipóteses ou conjecturas que podem não ter qualquer fundamento, baseiam-se em analogias vagas, têm ideias preconcebidas ao fazerem suas observações e experimentos, constroem teorias provisórias ou mesmo contraditórias, defendem suas teorias com argumentos fracos ou até irracionais, discordam uns dos outros em quase tudo, lutam entre si para tentar impor suas ideias. As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, elas podem chegar a ser bem estruturadas e fundamentadas, mas jamais podem ser *provadas*. O processo científico é extremamente complexo, não é lógico e não segue nenhuma fórmula infalível. Há uma *arte da pesquisa*, que pode ser aprendida, mas não uma seqüência de etapas que deve ser seguida sempre, como uma receita de bolo (Martins, R., 2006, p. xix).

Porém, isso não impede que existam teses prescritivas que buscam minimizar a influência de fatores irracionais sobre a prática científica. Uma proposta que parece moderada é a do filósofo da ciência canadense Paul Thagard:

A maioria dos filósofos e historiadores da ciência concorda que a astrologia é uma pseudociência, mas há pouco consenso sobre *por que* é uma pseudo-ciência. As respostas vão desde questões de verificabilidade e falsificabilidade, a perguntas do progresso e da ciência normal kuhniana, para os diferentes tipos de objeções levantadas por um grande painel de cientistas organizado recentemente pela revista *The Humanist*. Claro que também há anarquistas Feyerabendianos e outros que dizem que

nenhuma demarcação de ciência da pseudociência é possível. No entanto, irei propor um critério para distinguir as disciplinas complexas como pseudocientíficas, esse critério é ao contrário de tentativas verificacionista e falsificacionista na medida em que apresenta características sociais e históricas, assim como as lógicas (Thagard 1978, p. 223).

Thagard propôs um critério de demarcação que envolve tanto características lógicas, como fizeram os adeptos do Positivismo e os popperianos, quanto históricas e sociais, assimilando as críticas feitas a estes últimos por autores como Duhem, Quine e Lakatos e Kuhn. Ele reconhece a limitação do critério falsificacionista para considerar a astrologia como pseudocientífica, já que ela faz previsões que podem ser vagamente testadas por pesquisas estatísticas. Há inclusive algumas pesquisas que mostraram correlações interessantes que poderiam até mesmo confirmar certas previsões astrológicas, mas cuja interpretação é bastante controversa (Thagard 1978, p. 236).

Assim, um novo critério de demarcação é proposto com base em três elementos: a teoria, a comunidade e o contexto histórico.

Uma teoria ou disciplina que pretende ser científica é pseudocientífica, se e somente se: 1) tem sido menos progressiva do que as teorias alternativas ao longo de um período, e enfrenta muitos problemas por resolver. 2) a comunidade de praticantes faz poucas tentativas de desenvolver a teoria no sentido de soluções dos problemas, não mostra preocupação para as tentativas de avaliar a teoria em relação aos outros, e é seletiva ao considerar confirmações e refutações (Thagard 1978, p. 228).

Fazendo uso destes critérios ele busca argumentar porque a astronomia pode ser considerada científica, enquanto a astrologia seria no máximo *pseudocientífica*.

Outra proposta de “método científico” flexível foi feita pelo físico francês Roland Omnès. Incorporando parcialmente as críticas dos epistemólogos da Nova Filosofia da Ciência, propôs um tipo de método científico que muda conforme a ciência muda. Além disso, Omnès parece aceitar a distinção entre o contexto da justificativa e o contexto da criação, uma vez que seu método serviria apenas para julgar as teorias científicas já construídas e não para impor normas sobre a atividade científica (Omnès 1996, p. 272).

Nas últimas duas décadas, tem-se consolidado um movimento denominado *Science Studies*, formado por autores como Bruno Latour, Peter Galison e Timothy Lenoir. Estes autores recusam a distinção entre o contexto da descoberta e o contexto da justificativa, privilegiando abordagens mais locais e menos universalizantes para a prática científica. Só seria possível falar em método científico em domínios restritos e específicos das ciências, de forma que cada área empregaria metodologias específicas, ou seja, há uma defesa do pluralismo metodológico (Videira 2006 a, pp. 37-39).

A existência de um método continua sendo um assunto controverso. A tendência geral no ensino de ciências é a de adotar posições intermediárias, evitando os extremos nos debates. Seguindo esta tendência, Michael Matthews defende uma posição semelhante à de Omnès sobre a existência de critérios de demarcação. Evita a postura “anarquista” radical que propõe abolir completamente as tentativas de demarcar a ciência da não-ciência, argumentando a favor da existência de critérios de demarcação flexíveis, que mudam ao longo história e são influenciados pela cultura de cada sociedade (Matthews 1994, p. 35).

### **3.2 O debate sobre o realismo**

Após mostrar diferentes posturas sobre os critérios de demarcação vamos agora voltar à segunda questão proposta neste capítulo: o debate entre realismo e anti-realismo.

O *realismo* pressupõe a existência da realidade, independentemente da presença de um observador, ou seja, haveria natureza mesmo sem a existência do homem. A negação do realismo pode ser chamada de *antirrealismo*, que pode assumir várias formas, como o idealismo, descritivismo, instrumentalismo, convencionalismo, nominalismo e construtivismo<sup>14</sup>.

Primeiramente vamos apresentar alguns conceitos filosóficos que serão utilizados nas discussões (seção 3.2.1), diferenciando alguns tipos de realismo e antirrealismo (realismo ontológico e epistemológico, instrumentalismo e realismo científico). Em seguida vamos apresentar discussões envolvendo o realismo e construtivismo nas aulas de ciências (seção 3.2.2), com ênfase na questão da ciência vista como criação ou descoberta de teorias.

#### ***O realismo científico e o instrumentalismo***

Segundo o *realismo científico* as proposições de uma teoria têm “valor de verdade”, isto é, são ou verdadeiras ou falsas, de acordo com a teoria da verdade por correspondência. Assim, uma teoria física serve para “explicar” fenômenos em termos da realidade física subjacente, e não apenas para prevê-los (Pessoa Jr. 2003, p. 102).

Nas ciências o anti-realismo pode ser chamado de fenomenalismo. Segundo esta posição, uma teoria científica se refere apenas àquilo que é observável. Não faz sentido afirmar que algo que não pode ser observado corresponda a uma entidade real. Uma das correntes principais do fenomenalismo é o *instrumentalismo*, segundo o qual a ciência não

---

<sup>14</sup> O antirrealismo pode assumir várias formas, como o idealismo, descritivismo, instrumentalismo, convencionalismo e nominalismo. Para mais detalhes ver Pessoa Jr. 2009, p.58.

almeja fornecer descrições verdadeiras a respeito das causas ocultas dos fenômenos, seria apenas um instrumento para se fazer previsões precisas (Pessoa Jr. 2009, p. 59).

O debate entre realismo científico e o instrumentalismo envolve a realidade dos conceitos científicos teóricos (como, por exemplo, os quarks e o campo elétrico na física, os orbitais atômicos na química e as espécies, filos e reinos na biologia). Um realista defende a existência dessas entidades, enquanto os instrumentalistas argumentam que elas são apenas ferramentas, ou instrumentos que nos ajudam a descrever o mundo.

Muitos filósofos são realistas em certos domínios, mas instrumentalistas em outros e há também os que se dizem nem realistas nem instrumentalistas, além dos que dizem que esse debate é estéril, ou sem sentido (Eflin et al. 1999, p. 113). Porém, acreditamos que apesar da complexidade deste assunto e da provável impossibilidade de resolução final desse debate, ele envolve questões muito importantes para o ensino de ciências, que serão apresentadas na seção 3.2.2.

### **3.2.1 As dimensões ontológica, epistemológica e axiológica**

Neste trabalho vamos fazer uso frequente de três conceitos filosóficos que têm sido utilizados em algumas pesquisas no ensino de ciências. Vamos chamá-las de dimensões: epistemológica, ontológica e axiológica<sup>15</sup>.

A *epistemologia* envolve discussões relativas ao conhecimento, à possibilidade ou à natureza do conhecimento (Pessoa Jr. 2009, p. 3). Ela investiga “como conhecemos o mundo?”. Por exemplo, ao explorarmos epistemologicamente a ideia de 'universo' podemos levantar questões como: “o universo é tudo o que existe, ou é tudo o que podemos conhecer?” ou “como podemos garantir que sabemos que o universo existe?”.

A *ontologia* é o estudo dos constituintes mais básicos do mundo (ou real), bem como as relações entre eles (Videira 2006 a, p. 29). É uma discussão relativa ao ser, ao que existe ou à natureza do mundo. Em relação a teorias<sup>16</sup>, envolve as relações e entidades postuladas por uma teoria científica ou visão de mundo (Pessoa Jr. 2009, p. 56). A ontologia é parte do campo de estudo da filosofia e envolve questões como “O que são as coisas do

---

<sup>15</sup> Entre os autores que fazem discussões baseadas nestas três dimensões, podemos citar (Cobern 2000, Loving & Foster 2000, Videira 2006 a, Matthews 2009, p.2, Mattos 2010). Especialmente nos debates filosóficos envolvendo realismo, naturalismo e causalidade, esta distinção de três dimensões filosóficas nos parecem facilitar a compreensão dos conceitos filosóficos envolvidos.

<sup>16</sup> Outro sentido possível para ontologia é o que se refere à coisa em si, a entidades e relações que existiriam independentemente de qualquer conceitualização, como no ôntico de Heidegger ou na coisa em si de Kant (Pessoa Jr. 2009, p.56).

mundo?” (Mattos 2010). Voltando ao exemplo do “universo”, numa investigação ontológica estaríamos nos questionando o que é o Universo em si mesmo<sup>17</sup>.

Vemos assim que estas dimensões se relacionam entre si. Para responder “O que é ciência?” ou “O que é religião?”, questões que, a princípio, estão ligadas às investigações ontológicas, é inevitável considerar também alguns aspectos epistemológicos. Porém, a ontologia não é subordinada à epistemologia (Videira 2006 a, p. 26). Ao investigar questões epistemológicas os cientistas pressupõem uma certa ontologia, normalmente sem questioná-la ao longo de sua atividade<sup>18</sup>.

Finalmente, a dimensão *axiológica* está relacionada aos valores e fins que se atribui às coisas: “que valor têm as coisas do mundo?”(Mattos 2010). É possível dar valor ou não à discussão sobre a origem do universo, o que faz com que uma pessoa possa achar imprescindível que se invista em pesquisas cosmológicas, enquanto outra considere esse tipo de empreendimento irrelevante.

De maneira geral, podemos dizer que as dificuldades dos estudantes para entender os conceitos e as tentativas do professor de alterar as concepções dos alunos estão ligadas à dimensão epistemológica, enquanto a motivação para o aprendizado, o engajamento nas discussões, o reconhecimento das questões como algo significativo está ligado à dimensão axiológica. Esta última envolve o interesse ou a importância atribuída a algo (por um objeto ou por um tema de discussão, por exemplo), e também algumas faces do vislumbre do prazer, em especial o prazer estético, que o ser humano reconhece diante de certos objetos (Gama & Henrique 2010, p. 9).

### ***Realismo ontológico e epistemológico***

Podemos dividir o “problema do conhecimento” em duas dimensões diferentes: a ontológica e a epistemológica. Para a primeira, a questão é a existência da realidade, ou seja, investiga-se a pergunta “O que é a realidade?”. Já a dimensão epistemológica se refere à possibilidade de conhecer a realidade, a partir da pergunta “Como podemos conhecer a realidade?”.

A partir destas distinções, podemos falar em dois tipos de realismo: o realismo ontológico e o realismo epistemológico.

---

<sup>17</sup> Vamos apresentar algumas discussões sobre o termo “Universo”, incluindo a distinção entre “Universo” e “universo” na seção 5.1.

<sup>18</sup> Na seção 4.2 discutiremos as diferenças entre naturalismo ontológico e metodológico, mostrando exemplos de questões ontológicas pressupostas na atividade científica.

- O *realismo ontológico* pressupõe a existência da realidade, independentemente da presença de um observador.
- O *realismo epistemológico* afirma que é possível conhecer esta realidade, ou seja, que nossa teoria científica também se aplica para a realidade não observada. A negação do realismo pode ser chamada de antirrealismo.

O filósofo alemão Johannes Hessen, em 1926, escreveu sobre o problema da “essência do conhecimento” (Hessen 2000, p. 69): é o objeto que determina o sujeito (realismo), ou é o sujeito que determina o objeto do conhecimento (idealismo)? O idealismo transcendental, criado pelo filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804), adota uma posição intermediária entre o realismo e o idealismo. Aceita a existência de coisas-em-si (“númenos”), mas considera que a ciência só tem acesso às coisas-para-nós, os “fenômenos” (Pessoa Jr. 2003, p. 101). Estes fenômenos seriam organizados pelo nosso aparelho perceptivo e cognitivo, sendo assim em parte dependentes do sujeito. A organização dos dados da percepção que nos possibilita o acesso aos fenômenos é realizada através das chamadas “categorias do entendimento” (como por exemplo, a causalidade) que constituem a estrutura cognitiva inerente à nossa natureza racional, essencial para a compreensão do mundo.

A partir da distinção entre os fenômenos (aparência) e os númenos (coisas em si), Kant afirmou que a ciência não tem acesso à realidade última, o que fez com que muitos filósofos abandonassem o chamado realismo ingênuo. Impossibilitada do conhecimento da realidade em si, a ciência só poderia investigar os fenômenos naturais, que são conhecidos através da observação. Mas as observações não são isentas de conceitos prévios. A relação entre observações, experimentos e teorias é uma das mais importantes questões sobre a natureza da ciência no ensino de ciências, como veremos na próxima seção.

### **3.2.2 Realismo e construtivismo na sala de aula**

Uma situação muito comum em sala de aula em relação a essa questão é a existência de um *realismo ingênuo*, a crença de que as impressões dos sentidos nos permitem ter acesso a uma realidade verdadeira, independente dos conceitos teóricos do observador (Bisch 1998).

Podemos associar essa visão à ideia de que os cientistas seriam *leitores passivos* do “livro da natureza que está escrito em linguagem matemática”<sup>19</sup>. O cientista faria observações neutras e objetivas, *descobrimo* o funcionamento da natureza.

Como vimos, Kant defendeu que as observações não são isentas de conceitos prévios, o que contradiz este realismo ingênuo. Hoje é consenso entre filósofos que as observações da realidade são influenciadas por teorias e que a atividade dos cientistas é influenciada por suas experiências prévias e características subjetivas. Sendo assim, seria possível dizer que os cientistas *escrevem* o livro da natureza. A ciência seria uma construção humana, tese que foi bastante defendida com a popularização do *construtivismo* no ensino de ciências.

A ideia de que o conhecimento é uma construção ativa do sujeito atravessa e constitui toda a epistemologia moderna. Contudo, uma posição construtivista radical tem sido bastante criticada por pesquisadores da educação científica (Matthews 1994, Pietrocola 1999, El-Hani & Bizzo 2002, Nola 2003, Queiroz & Barbosa-Lima 2007).

Matthews (1994, p. 82, tradução de El-Hani & Bizzo 2002, p. 2) aponta duas teses centrais no construtivismo:

1. O conhecimento é uma construção do sujeito e não algo que ele possa receber passivamente do meio;
2. O ato de conhecer é um processo de adaptação, que organiza o mundo das experiências, mas não conduz à descoberta de uma realidade dada, independente da mente que a conhece.

Uma posição construtivista radical afirmaria que os cientistas são escritores criativos do “livro da natureza”, livres para fazer invenções sem qualquer compromisso com o mundo natural. Nesse sentido nada nunca teria sido descoberto, a ciência seria uma criação humana determinada por fatores sociais, históricos e culturais. Essa posição radical questiona tanto o realismo ontológico quanto o epistemológico. Vamos analisar separadamente cada uma destas questões.

---

<sup>19</sup> Essa famosa frase é atribuída a Galileu: “A filosofia está escrita neste grandíssimo livro que continuamente nos está aberto diante dos olhos (eu digo o universo), mas não se pode entender se primeiro não se aprende a entender a língua e conhecer os caracteres, com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, e os caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, meios sem os quais é impossível entender humanamente qualquer palavra; sem estes vaga-se em vão por um escuro labirinto” (Galilei, 1928–1938, VI, p.232, tradução de Mariconda e Lacey 2001).

### ***A dimensão ontológica: a existência da realidade***

A ênfase excessiva da ideia de que o conhecimento é uma construção humana poderia levar à posições consideradas muito extremas e radicais sobre a relação entre o conhecimento e a realidade, tais como:

- O *subjetivismo* afirma que cada sujeito tem uma percepção da realidade, ou seja, que o conhecimento é subjetivo. Segundo uma formulação radical, seria impossível falar que duas pessoas podem se referir a um mesmo objeto.

- O *solipsismo* é a tese de que a existência se limita ao sujeito do conhecimento. Numa versão mais radical, apenas o conteúdo do próprio pensamento do sujeito seria real. A impressão da realidade seria uma espécie de sonho. O solipsismo pode ser entendido como uma radicalização extrema do subjetivismo. Uma forma menos radical é a ideia de que só existe aquilo que é percebido por alguém. (Pessoa Jr. 2003, p. 100).

El-Hani e Bizzo (2002, p. 2) afirmam que essas teses devem ser interpretadas com cuidado, pois têm sido debatidas por séculos ao longo da história da filosofia. O construtivismo se constituiu como um movimento de oposição ao realismo e à epistemologia empirista radical e ingênua, marcada pela crença de que as impressões dos sentidos nos permitem ter acesso a uma realidade verdadeira. Contudo, nem mesmo os epistemólogos mais empiristas, como Francis Bacon (apresentado na seção 2.1.1), defenderiam uma postura tão ingênua. O movimento construtivista teria exagerado a importância atribuída ao papel do indivíduo na apreensão de novos conhecimentos, apresentando a ciência apenas como uma *construção humana* e nunca como *descoberta*, negligenciando a relação entre as teorias científicas e a realidade.

### ***A dimensão epistemológica: a possibilidade do conhecimento***

A negação do realismo epistemológico pode ser chamada de *fenomenalismo*, que defenderia a impossibilidade de se conhecer entidades independentes de qualquer sujeito do conhecimento. Nas ciências, essa visão está associada ao *ceticismo* e ao *relativismo*:

- Ceticismo<sub>1</sub>: O conhecimento, inclusive o científico, é incerto

- Relativismo<sub>1</sub>: A verdade é relativa à comunidade em questão (Pessoa Jr. 2009).

Essas posturas colocam em questão a capacidade humana de obter conhecimento confiável. Como há várias opiniões diferentes, seria melhor não adotar nenhuma, pois não seria possível obter respostas verdadeiras. As verdades dependeriam do contexto psicológico e social de cada sociedade, existindo muitos pontos de vista diferentes e nenhum poderia ser considerado superior (Martins, R. 1999, p. 9).

Michael Matthews (2009, p. 4) cita exemplos de educadores que podem ser considerados “construtivistas sociais radicais”, pois argumentam que não existe a natureza da ciência, nem qualquer tipo de método, questionando a autoridade privilegiada da ciência a respeito do conhecimento sobre o mundo. A ciência seria uma forma de ideologia igual a várias outras e suas supostas “verdades” são o resultado de negociações em que o vencedor é simplesmente o de melhor retórica ou o mais poderoso.

O relativismo radical tem sido criticado por muitos autores, defendendo que estas posições devem ser evitadas no ensino de ciências. Se nada pode ser considerado falso ou verdadeiro, então não haveria diferença entre conhecimento e ignorância, entre honestidade e mentira. Se tudo é mentira, ou tudo é verdade, então “tudo vale”. O relativismo radical, paradoxalmente, é a absolutização da mentira, o que é contraditório (Cobern 2000, p. 230).

O ceticismo radical também tem recebido muitas críticas. Hugh Gauch (2009) questiona que frases como “aqui está um copo de água” não possam ser verificadas por qualquer experiência observacional. Dizer que afirmações triviais como esta estariam além da possibilidade do conhecimento humano é uma grande negação do senso comum, equivalente a negar que “carros em movimento são perigosos para pedestres”. Muitos consideram este ceticismo indesejável e perturbador. Se até mesmo questões cotidianas simples estão além da possibilidade de conhecimento humano, o que dizer de enunciados científicos, como “A água é composta de hidrogênio e oxigênio”?

Gauch afirma que existem muitos fatos científicos que não são provisórios nem revisáveis. Algumas ideias são especulativas, outras são prováveis e há também as que são bastante seguras. Contudo não existem critérios seguros para decidir quais fatos são seguros e quais são revisáveis, o que faz com que este assunto seja ainda bastante controverso entre filósofos, historiadores, educadores e demais estudiosos interessados pela epistemologia.

A tabela abaixo resume as posições filosóficas radicais ou ingênuas que têm sido criticadas pela literatura do ensino de ciências:

<b><u>Dimensão</u></b>	<b><u>Tendência “cientificista”</u></b>	<b><u>Tendência “pós-moderna”</u></b>
	Ciência como descoberta: cientistas seriam leitores passivos do “livro da natureza”	Ciência como construção humana: cientistas seriam escritores criativos do “livro da natureza”
Ontológica	Realismo ingênuo: modelos são a realidade	Subjetivismo e solipsismo: modelos são criações humanas
Epistemológica	Absolutismo: ciência chega à Verdade	Relativismo ingênuo: não existe verdade
Axiológica	Cientificismo: A ciência é superior e mais confiável do que outras formas de conhecimento	Todas as formas de conhecimento são equivalentes ou incomparáveis.

**Tabela 1: Posições filosóficas radicais envolvidas no debate sobre o realismo**

Pietrocola (1999) defende que seja fortalecida a dimensão ontológica do conhecimento, valorizando as relações entre os conteúdos ensinados e a realidade cotidiana dos alunos, promovendo pelo menos um sentimento de realidade, de forma que tanto a dimensão ontológica quanto a cognitiva se relacionem e não sejam negligenciadas. Caso contrário, ocorreria um fortalecimento do relativismo e a ciência perderia espaço para outras atividades supostamente mais interessantes ou mais práticas:

Sem a possibilidade de aplicar os conhecimentos científicos aprendidos na apreensão da realidade, eles só teriam função como objetos escolares, isto é conhecimentos destinados a garantir o sucesso em atividades formais de educação. Fragilizada, a ciência tenderia a ser preterida na escola por opções culturais aparentemente mais atraentes como o ocultismo, a religião, a astrologia, ou mais práticas como a computação e a economia (Pietrocola 1999, p. 221).

Outros autores defendem que elementos das análises dos autores dessa tendência pós-moderna podem fornecer uma imagem mais realista e rica da ciência contemporânea, sendo que para evitar tendências irracionistas o melhor seria debatê-las em sala de aula, ao invés de simplesmente ignorá-las (Greca e Freire Jr. 2004, p. 348, Barcelos 2009). Seguindo a tradição da pesquisa em ensino de ciências (por exemplo, El-Hani & Bizzo 2002; Eflin et al. 1999, Pietrocola 1999), acreditamos que seja importante superar qualquer oposição extremada entre realismo e anti-realismo, assim como entre racionalismo e relativismo. Dessa maneira, poderíamos dizer que os cientistas não são só leitores, nem só escritores do “livro da natureza”, ou seja, a ciência consiste tanto de descobertas quanto de construções humanas sobre o mundo natural<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Alguns exemplos de “descobertas” ou “construções” serão discutidos na história da cosmologia, no capítulo 5.

### 3.3 Uma proposta de síntese

Vamos sintetizar as discussões das seções anteriores, apresentando posturas moderadas entre a as tendência “cientificista” e a “pós-moderna” a respeito de aspectos da natureza da ciência<sup>21</sup>. Buscamos deixar claro o caráter dialético das questões epistemológicas abordadas, apresentando duas visões caricaturais opostas e extremas. Dessa forma, fica claro que qualquer epistemólogo positivista ou pós-moderno não defenderia praticamente nenhuma dessas posturas.

Com essa tabela não temos a pretensão de apresentar uma concepção “adequada” da natureza da ciência para ser ensinada por professores da educação básica, mas sim uma série de tópicos interessantes para gerar discussões, em que pontos de vista diferentes possam ser confrontados. Também não queremos dizer que a postura mais adequada estaria necessariamente “no meio termo” entre as duas posturas extremas apresentadas, já que entre esses extremos há várias posturas diferentes possíveis. Concordamos com Richard Dawkins, famoso por suas posturas extremas e radicais (algumas das quais serão apresentadas e criticadas no capítulo 5), em relação a esta citação: “quando dois pontos de vista opostos são expressos com a mesma intensidade, a verdade não está necessariamente exatamente no meio do caminho entre eles. É possível que um dos lados esteja simplesmente errado”<sup>22</sup>.

---

<sup>21</sup> Esta lista foi criada por nós a partir da leitura de diversos trabalhos sobre HFC e natureza da ciência no ensino de ciências, tais como: Pessoa Jr. 2009, Moura 2008, p.8-24; Mc Comas 2008, p.251; Pagliarini 2007, p.27-33; Silva 2006; Abd-El-Khalick & Lederman 2000; Eflin et al. 1999, McComas et al. 1998, p.513, Matthews 1994, p.35.

<sup>22</sup> <http://richarddawkins.net/quotes?search%5border%5d=&search%5bauthor%5d=Richard+Dawkins>, acesso em fevereiro de 2011.

<u>Questão</u>	<u>Tendência “cientificista”</u>	<u>Tendência “pós-moderna”</u>
Realidade	Modelos são a realidade	Modelos são criações humanas
Ordem	Existe ordem ontológica nos fenômenos naturais	Ideia de ordem na natureza é arbitrária
Verdade	As teorias científicas bem estabelecidas são verdades absolutas.	Não existe verdade, tudo é relativo.
Razão	Ciência é neutra, objetiva e racional	Conhecimento é opinião, a ciência é uma forma de dominação, muitas vezes irracional. Os cientistas são dogmáticos, sempre se submetem às regras estabelecidas pela comunidade científica.
Autoridade	O cientista é sempre crítico e duvida de toda autoridade estabelecida	Toda observação é interpretada à luz de teorias prévias
Experimento	A ciência parte de experimentos ou da observação	Não existe método científico
Método	O Método Científico é universal e atemporal	É impossível dizer “o que é ciência”, essa é um definição arbitrária de cada sociedade.
Demarcação	O Método Científico caracteriza o que pode ser considerado científico	Todas as formas de conhecimento são equivalentes
Valor	A ciência é superior e mais confiável do que outras formas de conhecimento	

**Tabela 2: Visões extremas sobre a natureza da ciência**

Ponderando os aspectos positivos e negativos das duas concepções, nossa proposta é uma postura moderada, uma síntese dessas duas tendências apresentadas na tabela<sup>23</sup>.

1. A ciência é uma tentativa de *explicar* os fenômenos naturais e pressupõe para fins práticos que seu objeto de estudo é real (realismo pragmático).

Evita-se assim tanto a ideia de que a ciência apenas descreve os fenômenos quanto a noção de que as teorias científicas sejam ideias arbitrárias sem qualquer conexão com a realidade.

2. A ciência busca descrever o mundo de uma maneira simples, ordenada e compreensível.

---

<sup>23</sup>Esta lista foi criada a partir da leitura de diversos trabalhos sobre HFC e natureza da ciência no ensino de ciências, tais como: Mc Comas 2008, p.251; El-Hani 2006, p.7-9; Abd-El-Khalick & Lederman 2000; Eflin et al. 1999, McComas et al. 1998, p.513, Alters 1997, Matthews 1994, p.35.

Evita-se a noção de que o mundo é necessariamente ordenado e compreensível, ou que exista necessariamente uma finalidade nos processos naturais, assim como a de que ele é caótico e desordenado e que a causalidade seria imposta arbitrariamente.

**3. O conhecimento científico é provisório e confiável.**

Evita-se tanto o absolutismo epistemológico quanto o relativismo epistemológico radical. Ainda que o conhecimento humano seja imperfeito e não chegue a verdades definitivas, produz resultados valiosos e duráveis e existe a possibilidade de comparação entre teorias.

**4. Ceticismo moderado.**

Evita-se tanto a tese de que a ciência se constitui de verdades imutáveis, quanto a de que as teorias são facilmente refutadas por experimentos. Existe um certo grau de dogmatismo<sup>24</sup> entre os cientistas. Por outro lado, esse dogmatismo é moderado, até porque um certo grau de ceticismo também é importante. O questionamento das teorias estabelecidas é importante na ética da comunidade científica, que valoriza os cientistas que encontram falhas nos trabalhos consagrados.

**5. Racionalismo moderado.** Em contraste com a tese de que a ciência seja totalmente racional ou completamente irracional.

Os argumentos científicos devem adequar-se aos princípios da razão lógica. Porém há fatores “irracionais” que influenciam a prática científica; dessa forma evita-se a “reconstrução racional” como única forma de descrevê-la. Não é aconselhável apenas transmitir conteúdos prontos aos alunos, sem mostrar os conflitos e erros inerentes ao processo de construção do conhecimento científico.

**6. Empirismo moderado,** em contraste à noção empírico-indutivista e atórica.

A produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, mas os experimentos não são a única rota para o conhecimento e são dependentes de teorias, já que uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente. As interpretações de evidências empíricas são complexas, não permitindo interpretações únicas.

**7. Pluralidade metodológica,** em contraste com a noção de um método rígido e imutável, assim como a ideia de que não existe nenhum método nas ciências.

---

<sup>24</sup>A questão do dogmatismo na ciência será aprofundada na seção 4.2.4.

Não é possível defender o método científico como um conjunto de etapas que devem ser seguidas mecanicamente. Não é possível descrever de maneira rígida e algorítmica a prática científica. Há uma grande variedade de métodos e os cientistas são criativos.

**8.** Existem *critérios de demarcação*, que definem o que é ciência. Porém, esses critérios são flexíveis, não há critérios rígidos e atemporais.

Evita-se também a ideia de que ciência, religião, metafísica, artes, vodu e astrologia são todas formas equivalentes de se ver o mundo. Os critérios de demarcação são definidos pela comunidade científica e mudam ao longo da história.

**9.** A ciência e a *tecnologia* impactam uma à outra.

Evita-se a noção de que a ciência seja neutra e descontextualizada, independente de influências da sociedade e da produção, ou que as teorias científicas sejam pré-requisito para a criação de tecnologias (Vannucchi 1996), assim como a imposição de que todo conhecimento científico deva ter utilidade prática. Existe influência das agências de fomento sobre os objetivos da pesquisa, o que pode levar ao favorecimento de pesquisas com maior chance de possibilitar produtos rentáveis. Porém esta influência não precisa ser vista como necessariamente negativa, já que a pesquisa científica costuma ser financiada com dinheiro público. Por isso, é razoável que a população como um todo participe da decisão sobre quais tipos de investigação científica merecem receber maior financiamento.

**10.** A ciência busca ser *objetiva*, mas não é completamente neutra e imparcial.

Trata-se de uma atividade humana, logo, as características dos cientistas (tais como sexo, idade, personalidade, ideais políticos, etnia, entre outras) podem influenciar o modo como eles enfatizam certas evidências ou interpretam os dados experimentais. Ou seja, características subjetivas têm influência sobre a prática científica, mas a ética científica dominante propõe que se busque minimizar essa influência.

**11.** *Externalismo moderado*, evitando tanto o externalismo quanto o internalismo radicais.

Evita-se o determinismo social, em particular a noção de que ciência seja totalmente determinada pela vontade das classes dominantes, assim como o mito da neutralidade e universalidade completas da atividade científica. Há influência político-econômica sobre as ciências através das agências de fomento e dos interesses, tanto públicos quanto particulares, sobre o que deve ser pesquisado. Busca-se minimizar os fatores subjetivos

particulares no processo de verificação das teorias, mas não no direcionamento da investigação científica.

**12.** A ciência é uma construção *coletiva*.

Evita-se a noção de que as teorias sejam realizadas apenas por gênios isolados, que nunca cometeriam erros (Martins R. 2006, p. xviii). Por outro lado, é importante reconhecer o valor dos trabalhos dos grandes cientistas, evitando a ideia de que todas as contribuições sejam equivalentes.

**13.** A ciência tem valor, mas não responde a todas as perguntas.

Evita-se tanto o cientificismo como a total desvalorização da ciência. Existem questões que estão fora do campo de investigação científica. A ciência não é a única forma válida de se obter conhecimento a respeito do mundo.

### **3.4 A visão de mundo científica e a natureza da ciência**

Como existem diversas definições para a natureza da ciência, podemos concluir que existem diversas visões de mundo diferentes que podem ser chamadas de científicas. Conforme discutido no capítulo 2, normalmente se atribui ao cientista uma visão de mundo naturalista, que parte da existência da natureza (realismo), ou da experiência perceptiva desta natureza (fenomenalismo) e que concebem que a natureza possui uma certa unidade e segue leis próprias (Pessoa Jr. 2009, p. 58).

A visão de mundo científica pode conter várias posturas diferentes quanto ao grau de confiança e o valor atribuído ao conhecimento científico, uma vez que ela é fortemente influenciada por fatores filosóficos, ideológicos e religiosos (Cordero 2009, p. 748), conforme discutido nos tópicos da lista anterior. Dessa forma, a chamada visão de mundo científica pode conter não só elementos da visão naturalista, mas também das visões humanistas e religiosas. Como veremos no capítulo 6, há vários exemplos de cosmólogos religiosos, assim como de cientistas interessados por questões filosóficas que contribuem para diminuir o fosso entre as “duas culturas” (apresentado na seção 2.1).

Consideramos que uma importante contribuição das posturas epistemológicas mais próximas à “tendência pós-moderna”, como a de Paul Feyerabend, é de que a ciência pode ser vista como uma atividade importante, mas não necessariamente superior a outras atividades humanas.

Com efeito, ao mesmo tempo em que Feyerabend concebe a ciência como uma tradição imprescindível para a solução dos vários problemas que nos assolam, ela não é vista como uma panacéia, tampouco a ciência é a única forma de conhecimento a

nos fornecer uma boa (correta) visão de mundo (há quem ainda pense que a ciência é sequer uma visão de mundo, pois ela estaria para além de todo e qualquer ponto de vista, ou melhor, a ciência observaria tudo do “ponto de vista absoluto de Deus”, na feliz expressão de Putnam). A grande contribuição de Feyerabend, portanto, consiste em ter, por um lado, defendido tenazmente a riqueza e a relevância da ciência; por outro, advertido que outras tradições não científicas não são necessariamente “ingênuas”, “supersticiosas”, “irracionais”, “primitivas”. Em outras palavras, Feyerabend defendeu a necessidade de autonomia da ciência (Mendonça et al 2010, p. 54).

Dada a pluralidade de visões possíveis nas controvérsias epistemológicas, nos parece importante ressaltar que não existe apenas uma “natureza da ciência” ou “visão de mundo de científica”. Ainda que exista um certo consenso entre epistemólogos sobre a descrição da prática científica, há uma grande discordância em relação às prescrições sobre como a ciência deveria ser.

A ciência é tão rica e dinâmica, e as disciplinas científicas são tão variadas que aparentemente não existem características que são comuns a todas elas e ao mesmo que seja exclusivas deste conjunto. Imagine todas as coisas que os cientistas fazem (observar, experimentar, criar modelos, testar, e assim por diante) e todas as disciplinas que estão contidas no conceito de ciência (física, química, biologia, geologia, zoologia, botânica, entre outras). Caracterizar as condições necessárias e suficientes para algo ser científico, de modo a fazer justiça a essa riqueza e complexidade parece ser algo bastante quixotesco. (Irzik e Nola, 2011, tradução livre).

Concordamos com a crítica de autores como Feyerabend (2007), Glennan (2009), Eflin e colaboradores (1999) e Irzik e Nola (2011) à tentativa de se esboçar um conceito único, rígido e universal da chamada natureza da ciência. A tentativa de unificar todos os diferentes procedimentos que são utilizados pelos cientistas em uma única e abrangente “visão de mundo científica” ou “natureza da ciência” simplifica demais a complexidade e diversidade da prática científica.

Como há diferentes ciências e suas naturezas mudam ao longo da história, vamos apresentar no capítulo 4 estudos de episódios da história da cosmologia, que não nos permitem generalizar afirmações sobre qualquer ciência em qualquer época, mas que nos permitiram conduzir discussões sobre alguns aspectos da natureza da ciência na formação inicial de professores de ciências.

## 4 Episódios da história da cosmologia

Neste capítulo será apresentada a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário. Este foi o episódio histórico escolhido para conduzir discussões sobre relações entre ciência e visões de mundo, porque permite a investigação da influência de aspectos filosóficos e religiosos na construção de teorias cosmológicas entre as décadas de 1940 e 1960. Escolhemos enfatizar o estudo sobre três personagens que nessa época escreveram sobre ciência e religião: Fred Hoyle, Georges Lemaître e o Papa Pio XII. Seus textos, que serão apresentados com maior detalhamento no capítulo 6, nos pareceram bastante adequados para promover discussões sobre a natureza da ciência e a visão de mundo científica.

As principais fontes históricas utilizadas neste trabalho foram dois livros escritos pelo historiador da ciência norueguês Helge Kragh: *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe* (Kragh 1996) e *Matter and Spirit in the Universe* (Kragh 2004). O estudo histórico aqui apresentado foi baseado principalmente no uso de fontes secundárias. Por não ser o foco principal da pesquisa, julgamos que não haveria tempo suficiente para o desenvolvimento de um estudo histórico profundo com o uso de metodologia adequada, pautada no uso predominante de fontes primárias. O curso também foi bastante influenciado pelo livro *Cosmology, the science of the universe*, escrito pelo prof. Edward Harrison (1981), que ministrou durante muitos anos cursos de cosmologia para não-cientistas em universidades estadunidenses.

Inicialmente, faremos uma breve introdução à história da cosmologia, discutindo o que é cosmologia e alguns sentidos possíveis atribuídos ao termo *universo* (seção 4.1). Para contextualizar esse período histórico, vamos descrever o processo de construção dos modelos de universo *estático* (seção 4.2) e *em expansão* (seção 4.3) entre as décadas de 1910 a 1930. Após esta contextualização inicial, apresentaremos as duas teorias rivais envolvidas na controvérsia cosmológica das décadas de 1950 a 1970: a teoria do Big Bang (seção 4.4) e a teoria do Estado Estacionário (seção 4.5). Estas seções constituíram o texto intitulado *Controvérsias na Cosmologia*, que foi sugerido como leitura para os alunos no curso que será descrito no capítulo 7.

Nas seções seguintes, apresentamos alguns estudos que não foram diretamente utilizados na preparação das aulas, pela limitação de tempo e tendo em vista a escolha de privilegiar discussões sobre relações entre ciência e religião. Discutimos alguns aspectos

filosóficos presentes nas discussões envolvendo o Big Bang e o Estado Estacionário (seção 4.7), e alguns dos argumentos observacionais que levaram ao desfecho da controvérsia ao longo da década de 1960 (seção 4.8).

#### **4.1 O que é cosmologia?**

Num sentido amplo, a cosmologia é a busca por entender as origens, a história da Terra e do universo. Numa perspectiva humanista, é uma das características exclusivas dos seres humanos, o que faz com que o interesse pela cosmologia seja considerado como um dos aspectos que nos diferenciam dos outros animais (Kragh 1996, p. ix). Essas investigações foram conduzidas desde a Antiguidade tanto do ponto de vista científico, quanto a partir de uma perspectiva filosófica, religiosa e artística. A cosmologia antiga, que era mais próxima das religiões e dos mitos, sofreu grandes transformações conforme foram surgindo novas formas de abordagem às “questões fundamentais”<sup>25</sup>.

Com o surgimento de novas teorias físicas e com o aperfeiçoamento dos aparatos tecnológicos que são utilizados nas observações astronômicas, a cosmologia se transformou bastante, passando gradualmente a ser considerada uma ciência. Nas teorias cosmológicas, o universo é modelado como uma entidade única, cujas variáveis estudadas são grandezas físicas, como, por exemplo, pressão, densidade e energia. A cosmologia estuda os fenômenos em grandes escalas, o estudo do universo como um todo. Os avanços da cosmologia nos últimos anos permitiram a consolidação do chamado *modelo padrão da cosmologia*, que leva em conta aspectos de diversas áreas da física, como a relatividade geral, a física atômica, quântica, nuclear, de partículas elementares e da gravitação; e da astronomia, como os estudos sobre a origem e formação de estrelas e galáxias.

Sendo assim, a partir desta seção, utilizaremos o termo *cosmologia* com o sentido mais restrito de cosmologia científica, como uma das partes da astronomia que utiliza modelos físicos e matemáticos para estudar o universo em larga escala.

#### ***Modelos de universo***

O objeto de estudo da cosmologia é o universo como um todo. Geralmente os cientistas costumam utilizar o termo universo referindo-se a totalidade das entidades físicas existentes, mas há vários sentidos possíveis para a palavra universo.

---

<sup>25</sup> Para saber mais sobre as cosmologias de diferentes povos na Antiguidade, recomendamos os primeiros capítulos do livro *O Universo: teorias sobre sua origem e evolução* (Martins R. 1994).

Neste trabalho decidimos utilizar o termo com “u” minúsculo, seguindo o conselho do professor Edward Harrison, que afirma que

A palavra grandiosa Universo [...] quando utilizada sozinha, sem a especificação de que modelo de Universo temos em mente, pode passar a impressão de que o Universo é uma entidade conhecida (Harrison 1981, p. 9, tradução livre).

O Universo com o significado de tudo o que existe, seja ou não conhecido pelo homem, deve ser único. Neste sentido, não é possível falar em vários Universos. O Universo com “U” maiúsculo costuma se referir à realidade, a partir da qual a nossa interação gera uma base empírica sobre a qual os diferentes modelos (teóricos) são construídos (Videira & Ribeiro 2004, p. 532). Já o termo universo, com “u” minúsculo, se refere a um modelo de universo, criado num certo contexto, modificado pelos seres humanos e que um dia poderá ser eventualmente descartado. Sendo assim, podemos definir a cosmologia como o estudo dos universos. Isso não quer dizer que existam vários universos de fato, numa postura realista<sup>26</sup>. Trata-se de um uso da palavra em que o universo existe como modelo, cada criador faz seu próprio universo, logo há vários universos.

Numa visão realista, o universo é tudo o que existe. Já numa visão anti-realista, ou instrumentalista, o universo é tudo o que podemos conhecer, pois não temos acesso à realidade última. Numa visão extrema, que pode ser denominada nominalista, o universo seria apenas uma ideia, um nome, ou uma invenção arbitrária dos seres humanos, sem qualquer relação segura com a realidade. Outro extremo é o realismo ingênuo, que consiste em acreditar que os modelos cosmológicos são a própria realidade, sem considerar que toda teoria científica é uma representação da natureza e não a própria natureza.

## **4.2 O universo estático**

Até a década de 1920, o espaço era normalmente visto como um lugar vazio, sereno e estático. As estrelas se distribuía pelo universo, com planetas girando ao redor do Sol. A grande maioria dos modelos cosmológicos atuais tem como premissa básica a hipótese de que a interação entre corpos do universo é de origem gravitacional. Hoje, a teoria mais aceita para explicar essa interação, utilizada em quase todas as teorias cosmológicas, é a relatividade geral. Contudo, mesmo antes de seu desenvolvimento, houve algumas

---

<sup>26</sup> Independente do sentido atribuído ao termo universo, é uma questão aberta na cosmologia a possibilidade da existência de vários universos isolados um dos outros. Para mais detalhes ver Kragh 2009.

explicações do comportamento do universo como um todo, utilizando a gravitação newtoniana.

Segundo a teoria formulada por Isaac Newton (1643-1727), a gravidade é uma força de atração entre corpos que têm massa. No entanto, se a força da gravidade é sempre atrativa, é um problema explicar a estabilidade do universo. O que impede o colapso gravitacional de toda a matéria no universo?

Newton já havia percebido este problema, que a partir de agora chamaremos de “o problema da estabilidade do universo”. Numa tentativa de solução, ele propôs que o universo seria infinito, com infinitas estrelas cercando certo corpo. Assim, a força gravitacional total se anularia. Como no modelo newtoniano a distribuição de estrelas seria homogênea, as distâncias entre elas seriam iguais, assim como a massa de cada estrela. Neste modelo infinito de universo, a soma das forças gravitacionais sobre cada estrela é nula, de forma que o universo possa ser estático (North 1965, Herrera 2002, pp. 46-47)<sup>27</sup>.

Agora imagine que, por um motivo qualquer, uma estrela saia do lugar e se choque com outra, formando uma estrela com o dobro da massa. Essa estrela tenderá a atrair mais as estrelas ao redor. Essa pequena instabilidade já seria suficiente para fazer com que as estrelas fossem se agrupando cada vez mais e o universo acabaria entrando em colapso. Portanto, Newton não encontrou uma solução para o “problema da estabilidade do universo”.

Alguns autores propuseram alterações na fórmula matemática da força gravitacional, como os teóricos alemães Carl Von Neuman e Hugo Von Seeliger (1849-1924), que no fim do século XIX propuseram uma queda exponencial da força gravitacional com a distância.

$$F = \frac{GMm}{r^2} e^{-\alpha r}$$

Estes autores propuseram de forma independente que o universo seria infinito (seguindo a tradição newtoniana), mas que a quantidade de matéria seria finita. Seeliger, que era matemático, estudou contagens estatísticas de estrelas, chegando à conclusão de que a densidade de estrelas tenderia a zero para distâncias maiores do que aproximadamente 8000 anos luz do nosso Sistema Solar, ou seja, que praticamente só existiria matéria nas nossas vizinhanças do universo. As regiões mais distantes seriam vazias.

---

<sup>27</sup> O modelo de universo estático é *em média* estático. Não quer dizer que não existam quaisquer movimentos de corpos celestes (Waga 2005, p.161).

Este tipo de universo ganhou suporte observacional com os trabalhos do astrônomo alemão Jacobus Kapteyn (1851-1922), que a partir de uma série de observações em 1910 chegou à conclusão de que universo visível (ou seja, contendo estrelas) seria idêntico à Via Láctea. Não se acreditava que existissem estrelas além da nossa vizinhança (Kragh 1996, p. 6, Herrera 2002, p. 46).

Dessa forma, vemos que havia uma cosmologia científica antes do século XX, baseada na gravitação newtoniana, mas ela era bem diferente da cosmologia atual<sup>28</sup>. Duas diferenças fundamentais foram a consolidação do conceito moderno de galáxia (que será descrita na seção 4.3.3) e a relatividade geral desenvolvida pelo físico alemão Albert Einstein (1859-1955).

#### **4.2.1 Einstein: um universo finito e estático**

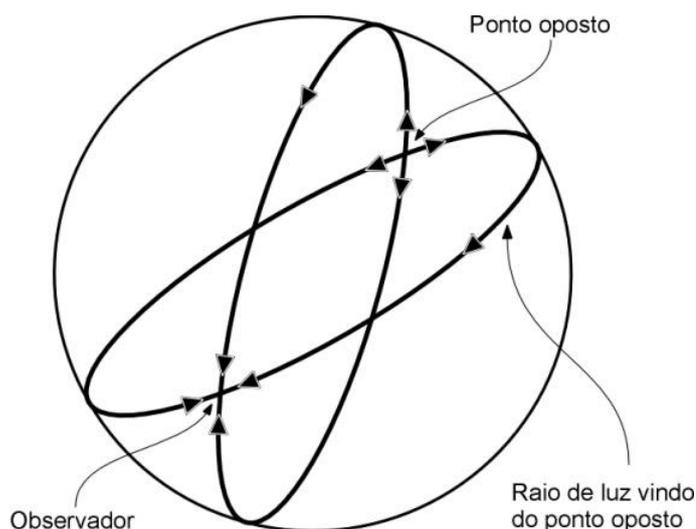
Não se pode dizer que Einstein inventou a cosmologia, mas ele contribuiu para o estabelecimento das bases matemáticas necessárias para os desenvolvimentos seguintes: uma nova teoria física para o tratamento de fenômenos gravitacionais que ficou conhecida como relatividade geral (Kragh 1996, p. 6; Videira & Ribeiro 2004, p. 520).

Em 1917, Einstein desenvolveu uma teoria cosmológica, tentando explorar os resultados das equações da relatividade geral para o universo como um todo. No entanto, persistia o problema sobre a estabilidade do universo, que já havia sido percebido por Newton. De acordo com o modelo de Einstein, o universo não poderia ser *estático*, já que permanecia sem solução a questão da “estabilidade do universo”. Todas as galáxias causam curvaturas no espaço-tempo, por que todas não se juntam em um ponto só, criando um colapso no universo?

Para resolver este problema ele introduziu em suas equações um fator chamado *constante cosmológica*, que representa um tipo de repulsão, equilibrando a atração gravitacional e permitindo a existência de um universo estático, em equilíbrio.

---

<sup>28</sup> Neste trabalho vamos estudar a cosmologia desenvolvida após a Relatividade geral, com apenas uma leve introdução aos problemas cosmológicos abordados a partir da física newtoniana. Contudo, no ensino de cosmologia analogias newtonianas podem ser interessantes, como discutem Gama e Zanetic (2009, p.6). Para maiores detalhes sobre a história da cosmologia pré-relativística ver (Kragh 1996, p.3-7; North 1965).



**Figura 4: Espaço curvo no modelo de Einstein<sup>29</sup>**

O universo de Einstein era finito e ilimitado, num espaço curvo fechado. A figura acima mostra que um raio de luz emitido por um observador na Terra viaja por todo o universo (em uma geodésica) e acaba voltando ao ponto de partida. Vemos assim que o espaço curvo tridimensional do universo de Einstein é finito, mas não tem um limite ou fronteira: não se chega nunca ao lugar onde ele termina, por isso é ilimitado.

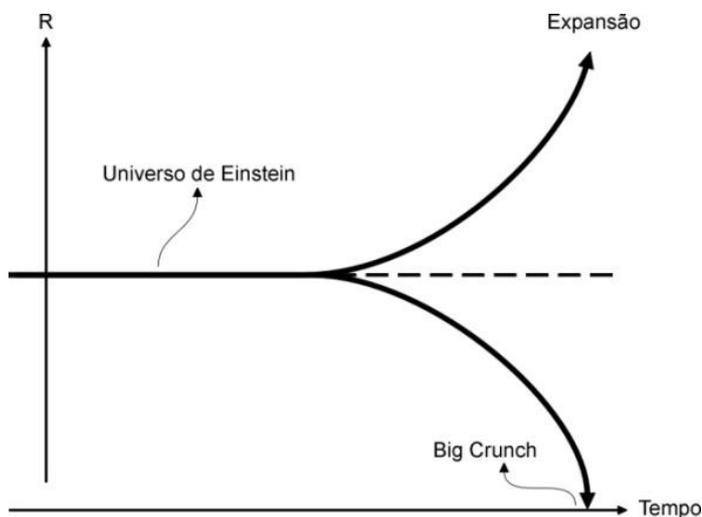
Para muitos cosmólogos, a introdução da constante cosmológica foi uma modificação artificial, não muito bem recebida. Einstein admitiu que a introdução da constante não era justificável pelo conhecimento cosmológico da época. Por outro lado, para outros autores, introduzir artificialmente essa constante era o mais sensato a se fazer, já que o universo parecia ser estático. De forma geral, a constante cosmológica acabou sendo admitida como uma possibilidade a ser investigada (Martins, R. 1994, p. 136, Kragh 1996, p. 9).

A evolução temporal de alguns dos modelos cosmológicos pode ser representada graficamente. No eixo horizontal dos gráficos será representado o tempo e no eixo vertical o fator de escala ( $R$ ), uma grandeza cosmológica que relaciona medidas de distância e pode ser intuitivamente interpretado como o tamanho do universo. Em cosmologia, há várias definições diferentes para distâncias e muitas delas não são intuitivas. Normalmente, estamos acostumados com a noção de um espaço plano, euclidiano, em que a menor distância entre dois pontos é uma reta. No caso do espaço-tempo de quatro dimensões da relatividade geral, esses conceitos ficam consideravelmente mais complicados<sup>30</sup>.

<sup>29</sup>Esta figura foi adaptada a partir de Harrison 1981, p.294.

<sup>30</sup> Contudo, o fator de escala não é exatamente o “raio” do universo. Para uma definição mais precisa desta grandeza ver Harrison 1981, p.219. Para entender alguns dos tipos de distância em cosmologia, como a

O gráfico abaixo mostra o universo de Einstein, que é instável. Sem a introdução da constante cosmológica ele pode entrar em colapso, contraindo-se até atingir um volume nulo (o chamado Big Crunch ou singularidade), ou se expandir, de forma que as distâncias entre os corpos aumentem com o tempo.



**Figura 5: Universos em expansão e contração<sup>31</sup>**

Mesmo autores que defenderam o universo em expansão, como Friedmann e Lemaître (que serão apresentados na seção 4.3) também utilizaram a constante cosmológica em seus trabalhos. Outro autor que também fez uso da constante cosmológica e criou um modelo de universo estático foi Willem De Sitter.

#### 4.2.2 Willem de Sitter: um universo estático e vazio

Einstein publicou seu famoso modelo de universo com a constante cosmológica, acreditando que sua solução seria a única possível. Contudo, no mesmo ano Willem De Sitter (1872-934), um matemático, físico e astrônomo holandês, publicou outra solução para as equações de Einstein, que hoje é conhecida como modelo de universo de De Sitter. Trata-se de um universo semelhante ao de Einstein: estático e finito<sup>32</sup>, porém sem matéria (Kragh 2004, p. 74).

Um modelo de universo sem matéria pode parecer pouco útil para entender o universo real. Porém, o universo de De Sitter era visto como uma abstração matemática, um modelo

distância luminosidade e distância própria, ver (Waga 2000, p.166). Para o conceito de distância comóvel ver Harrison 1981, p.216.

<sup>31</sup> Esta figura foi adaptada a partir de Harrison 1981, p.295.

<sup>32</sup> No modelo de De Sitter as unidades de comprimento crescem sem limite quando a distância ao centro tende ao infinito. O universo permanece finito, no sentido de que é possível percorrê-lo em um tempo finito (como De Sitter escreve, “o universo é finito em medida natural” (Herrera 2002, p.59).

aproximado para o universo real. A densidade de matéria no universo é muito pequena, de forma que considerar essa densidade nula pode ser uma aproximação razoável (Waga 2005, p. 158). As idealizações e simplificações são muito presentes nas teorias físicas em geral, principalmente na cosmologia da primeira metade do século XX.

A solução de De Sitter também envolvia a constante cosmológica, cujo efeito seria equivalente a uma força repulsiva, numa analogia newtoniana. Ele mostrou que quando partículas materiais de teste estivessem presentes, elas se espalhariam com uma velocidade proporcional à distância (Waga 2005, p. 158). Este fenômeno ficou conhecido como *efeito de Sitter*. No entanto, ele não interpretou esse efeito como se os corpos estivessem *realmente* se afastando por causa da expansão do espaço. Para ele isso era um resultado particular da métrica do espaço-tempo descrevendo esse tipo de universo. Ele escreveu:

As linhas espectrais de várias nebulosas distantes devem, portanto, ser sistematicamente desviadas em direção ao vermelho, dando origem a uma velocidade radial positiva (De Sitter citado em Kragh 1996, p. 12, tradução livre).

Einstein criou a constante cosmológica para manter o seu modelo de universo estático. De Sitter também manteve tanto a constante cosmológica, quanto a imposição de que o universo deveria ser estático. Apesar do estranho “efeito de Sitter” indicar que as galáxias podiam estar se afastando, ele utilizou o termo “velocidade fictícia”, indicando que não adotava uma concepção realista para esse afastamento. Já Friedmann, Lemaître e Eddington, alguns anos depois, continuaram utilizando a constante cosmológica, mesmo para universos em expansão.

Como em 1917 estava acontecendo a Primeira Guerra Mundial, a relatividade geral não ficou muito conhecida fora da Alemanha. No entanto, uma vez que a Holanda manteve-se neutra durante a guerra, De Sitter pôde manter contato com Einstein e agiu como um diplomata, divulgando a relatividade geral para os países de língua inglesa. Além de ser holandês, De Sitter tinha prestígio na comunidade científica da época e fazia parte da *Royal Society de Londres* (Kragh 1996, p. 11).

### **4.3 O universo em expansão**

Vamos agora apresentar os trabalhos desses teóricos, assim como as evidências observacionais estudadas por Hubble e seus colaboradores, que permitiram a consolidação dos modelos de universo em expansão a partir da década de 1930.

Após o fim de primeira guerra mundial, com a divulgação da teoria da relatividade pela Europa, alguns pesquisadores continuaram a investigar as soluções das equações de

Einstein. Dentre eles, podemos citar Friedmann, Lemâitre, Eddington, Robertson e Tolman (que serão apresentados nas seções posteriores). Eles investigaram outras possibilidades de universos não-estáticos.

Inicialmente apresentaremos as teorias de Friedmann, Lemaître e Eddington, que consistiram em modelos teóricos de universos em expansão, assim como as evidências experimentais que embasaram estes modelos, discutidas a partir dos trabalhos de Hubble e seus colaboradores.

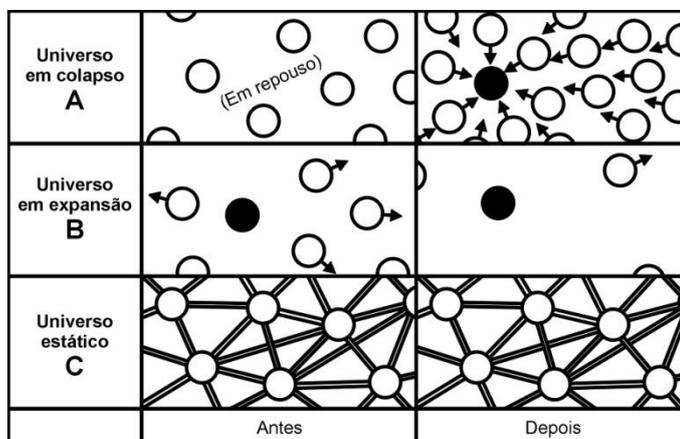
### 4.3.1 Friedmann: universos em expansão e contração

O matemático russo Alexander Friedmann (1888-1925) publicou seus trabalhos em 1922, portanto numa época em que a ideia de um universo em expansão ainda não era difundida na comunidade científica. Em 1925, Friedmann já era um físico teórico renomado em Leningrado (hoje São Petersburgo), na URSS. Fez um vôo de balão para estudar a alta atmosfera que atingiu 7400m, o recorde soviético até então (Waga 2005, p. 158; Kragh 1996, p. 23). Segundo George Gamow, na época um jovem estudante bastante influenciado pelas palestras de Friedmann na Universidade de Leningrado, ele morreu de pneumonia após contrair um resfriado nesta viagem de balão meteorológico (Harrison 1981, p. 297). Sua morte prematura interrompeu suas promissoras pesquisas em cosmologia.

Ele investigou soluções das equações da relatividade geral, mostrando que havia várias possibilidades de universos em expansão ou contração.

A figura abaixo ilustra três tipos básicos de modelos cosmológicos:

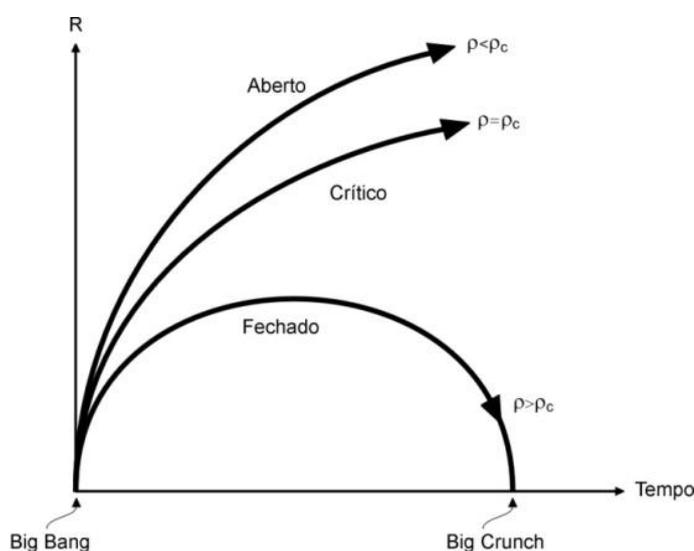
- A) universo em colapso: as distâncias entre os corpos diminuem com o tempo
- B) universo em expansão: as distâncias entre os corpos aumentam com o tempo
- C) universo estático ou estacionário: as distâncias entre os corpos são constantes



**Figura 6: Universo em contração, em expansão e estático**<sup>33</sup>

As obras de Friedmann são muito mais matemáticas do que físicas. Ele estava interessado em explorar as soluções das equações de Einstein, mas não em interpretá-las fisicamente. Tanto que em seu trabalho há soluções cuja densidade de matéria é negativa, que não tem significado físico. Ele acreditava que o conhecimento disponível na época não seria suficiente para decidir quais das possíveis soluções seriam correspondentes ao nosso universo (Blanchard 2001, p. 238). Assim, não se pode dizer que Friedmann propôs *o* universo em expansão, mas sim *um* universo em expansão (Kragh 1996, p. 27).

A figura abaixo ilustra alguns dos modelos de universo estudados por Friedmann:



**Figura 7: Tipos de universo nos modelos de Friedmann**<sup>34</sup>

De acordo com modelos de Friedmann o que determina a evolução do universo é sua densidade de matéria. Podem ocorrer três tipos de universo:

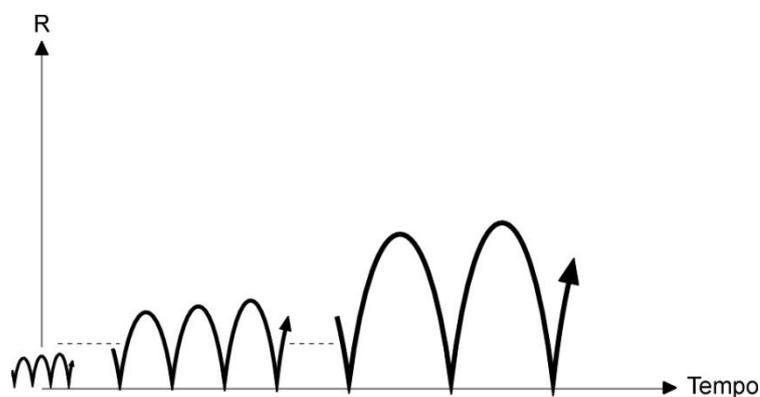
1. Se a densidade for alta, a atração gravitacional é muito forte, de forma que a expansão é interrompida e o universo aumenta de tamanho até um ponto máximo. Então volta a contrair e o raio tende a zero novamente. Esse tipo de universo é chamado *fechado* e *finito*.

<sup>33</sup> Esta figura foi retirada de *Creation of the Universe* (Gamow 1952), um livro de divulgação científica escrito pelo cosmólogo George Gamow, que fez uso dos resultados estudados por Friedmann. Gamow é considerado, junto com Friedmann e Lemaître, um dos principais autores que contribuíram para a formação do chamado modelo padrão da cosmologia, também conhecido como teoria do Big Bang, que será apresentado na seção 5.5.

<sup>34</sup> Esta figura foi adaptada a partir de Harrison 1981, p.298.

2. Se a densidade for baixa, a expansão continua indefinidamente e o universo é *aberto e infinito*.
3. O estado intermediário entre esses dois regimes é chamado *universo crítico*. Ele se expande cada vez mais lentamente, até atingir uma velocidade marginal. No limite, a uma distância infinita, a velocidade de expansão seria nula. Esse tipo de universo é chamado *marginamente aberto*.

O tipo de universo fechado pode ser também *cíclico*. O universo se expande, chega a um máximo, volta a se contrair até que possa começar uma nova expansão, uma nova contração e assim o ciclo poderia se repetir. A figura abaixo mostra que este tipo de universo contém vários pontos em que o tamanho do universo é nulo.



**Figura 8: Universo oscilante**<sup>35</sup>

Friedmann era particularmente fascinado por essa possibilidade de universo oscilante:

Alguns casos também são possíveis em que o raio de curvatura muda periodicamente: o universo se contrai em um ponto (em nada) e então aumenta seu raio desde o ponto até um certo valor, então novamente diminui seu raio de curvatura, transforma-se num ponto, etc. Isso traz à mente o que a mitologia Hindu tem a dizer sobre os ciclos de existência e também permite falar sobre “a criação do mundo a partir do nada”, mas tudo isso deve ser considerado como fatos curiosos que não podem ser suportados de forma confiável pelos dados observacionais astronômicos inadequados (Friedmann 2000, p. 109 citado em Kragh 2004, p. 126, tradução livre).

A partir da noção de um começo do tempo e do espaço, Friedmann foi provavelmente um dos primeiros a introduzir na cosmologia relativística dois conceitos muito importantes: a criação e a idade do universo, que serão discutidos na seção 4.6.3. Contudo,

---

<sup>35</sup> Esta figura foi adaptada a partir de Harrison 1981, p.299. O raio do universo torna-se cada vez maior por que segundo os estudos de Richard Tolman, a cada ciclo a entropia seria maior e também a quantidade de radiação térmica.

ele nunca mencionou quaisquer evidências observacionais que pudessem testar seus modelos cosmológicos (Blanchard 2001, p. 238).

#### **4.3.2 Lemaître e Eddington: o universo em expansão**

Georges Lemaître (1894-1966) foi um padre e cosmólogo belga, que chegou de modo independente aos mesmos resultados obtidos por Friedmann. No entanto, a abordagem do seu trabalho não era apenas matemática; ele queria explicar o universo real em que vivemos. Esta diferença fez com que Lemaître se preocupasse com as evidências observacionais que pudessem dar suporte ao seu modelo (Kragh 2004, p. 129).

Lemaître nasceu em 1894, em uma família profundamente religiosa. Estudou num colégio de jesuítas, tendo uma educação bastante diversificada, incluindo filosofia, teologia, engenharia, matemática e física (Laracy 2009, p. 2). Serviu o exército belga na Primeira Guerra Mundial e então começou sua carreira como físico teórico, ao mesmo tempo em que estudava para se tornar padre na Igreja Católica<sup>36</sup>. Entre 1923 e 1924 estudou em Cambridge, onde foi aluno de pós-graduação de Arthur Eddington (1882-1944), quando este já era um renomado astrofísico britânico<sup>37</sup> (Kragh 2004, p. 127). Eddington tornou-se um dos astrônomos mais importantes do século XX, por seus trabalhos em diversos campos da astronomia. Dentre eles organizou uma expedição para observar um eclipse solar na Ilha do Príncipe, na África, para testar previsões da relatividade geral sobre o desvio gravitacional da luz das estrelas causado pela massa do Sol (Videira 2005 b). Eddington também estudava cosmologia e na época em que conheceu Lemaître, ambos estavam investigando novas soluções para as equações da relatividade geral.

Nas primeiras décadas do século XX, havia duas comunidades diferentes trabalhando em problemas relevantes para a cosmologia: os astrônomos, que realizavam observações dos corpos celestes distantes com telescópios cada vez melhores, e os físicos e matemáticos especialistas em relatividade geral, que investigaram soluções das equações de campo de Einstein para modelar o universo como um todo. Um passo muito importante para o surgimento da cosmologia contemporânea foi a aproximação destas duas comunidades (Blanchard 2001, p. 237-238).

---

<sup>36</sup> Para mais detalhes sobre a vida e obra de Lemaître ver (Waga 2005, p.159; Kragh 1996, p.28).

<sup>37</sup> Para mais detalhes sobre a vida e obra de Eddington ver (Herrera 2002; Kragh 2004).

Até então, cosmólogos teóricos como Einstein, De Sitter e Friedmann não haviam discutido eventuais evidências observacionais que pudessem embasar seus modelos cosmológicos. Em 1925 Lemaître foi estudar nos EUA, onde entrou em contato com trabalhos de astrônomos, como Harlow Shapley, Hubble e Slipher<sup>38</sup>, que investigavam a natureza das nebulosas espirais e já haviam obtido medidas do seu desvio espectral. Ele se convenceu de que havia um desvio sistemático para o vermelho do espectro das nebulosas e que os modelos cosmológicos precisavam explicar esse dado experimental (Herrera 2002, p. 72).

Depois disso, Lemaître publicou, ainda em 1925, um artigo em que propunha uma reinterpretação do modelo de De Sitter, fazendo duas objeções: ele rejeitava a ideia de que o universo fosse infinito e exigia que houvesse uma quantidade não nula de matéria. Dois anos depois, publicou um novo modelo correspondente a um universo estático (semelhante ao de Einstein), mas que após certo tempo saiu do equilíbrio e passou a se expandir. Neste artigo, ele deu uma explicação física à relação observada por astrônomos entre o desvio espectral das galáxias e sua distância, o que hoje é chamado de “Lei de Hubble”. Isso mostra que ele estava efetivamente preocupado em explicar o universo real, contribuindo para o surgimento de uma nova cosmologia em que as comunidades de astrônomos e físicos teóricos puderam colaborar entre si (Blanchard 2001, pp. 239-240).

Apesar de haver publicado seu artigo de 1922 na prestigiosa revista *Zeitschrift für Physik*, o trabalho de Friedmann não recebeu a devida atenção. Seu artigo chegou a receber respostas de Einstein (já famoso na época) que julgou ter encontrado erros nas contas de Friedmann. Mas este refez os cálculos e respondeu, mostrando que sua teoria estava correta. Einstein aceitou as soluções, mas apenas a matemática, pois acreditava que elas não tinham sentido físico (Kragh 1996, p. 26). Já Lemaître, publicou o seu trabalho em um jornal pequeno, de pouco impacto. Ele teria mandado cópias do seu trabalho para astrônomos consagrados na época, como Eddington e De Sitter, mas não recebeu quase nenhuma atenção. Sua obra só foi reconhecida no começo da década de 1930, quando a ideia do universo em expansão se tornou mais aceita entre os cosmólogos (Kragh 2004, p. 131).

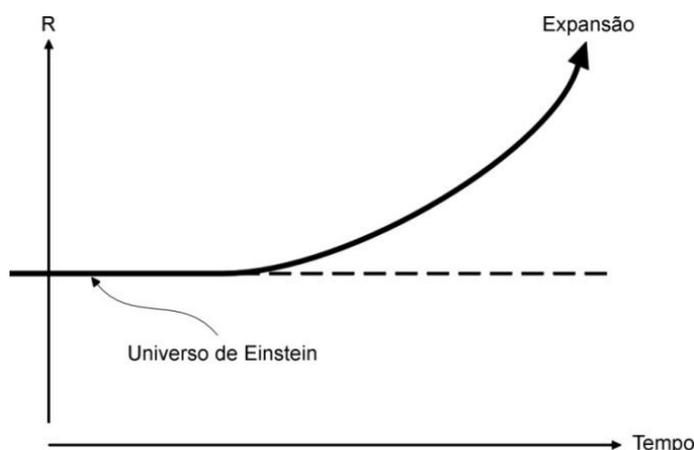
Somente em 1930, Eddington teria se dado conta que o trabalho de Lemaître de 1927 era uma importante contribuição para a cosmologia. Em 1931 ele anunciou e traduziu para

---

<sup>38</sup> As pesquisas desses autores serão apresentadas na seção 5.3.3, que trata de evidências observacionais que levaram à teoria do universo em expansão.

ao inglês o artigo escrito pelo padre belga em francês (Blanchard 2001, p. 241). A partir de então, o trabalho de Lemaître ficou famoso, divulgando entre os cosmólogos a interpretação do trabalho de Hubble como evidência experimental da expansão do universo (Kragh 1996, p. 31).

O modelo de Lemaître publicado em 1927 foi desenvolvido e apoiado por Eddington, criando uma nova versão da teoria que ficou conhecida como modelo de *Lemaître-Eddington*. Trata-se de um modelo de universo em expansão que sempre existiu.



**Figura 9: Modelo de Lemaître-Eddington<sup>39</sup>**

A figura acima ilustra esse modelo, que inicialmente é estático como o de Einstein, contendo uma distribuição uniforme de matéria em equilíbrio instável que passou a evoluir bem lentamente. Com o tempo, a expansão torna-se cada vez mais rápida.

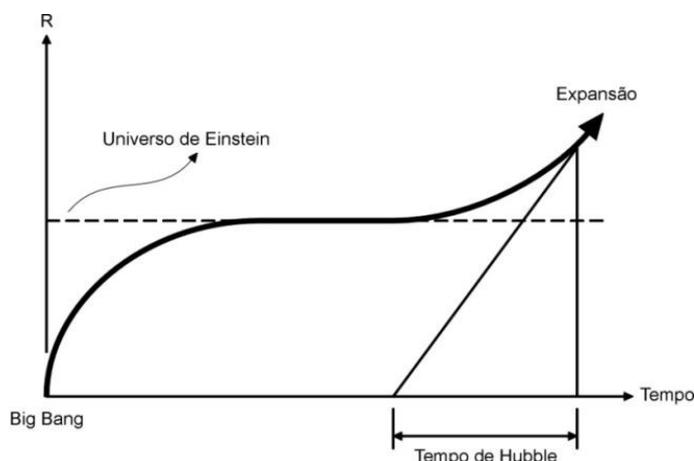
Porém a concordância entre Lemaître e Eddington não durou muito tempo (Kragh 1996, p. 45). Em 1931, Lemaître introduziu na cosmologia a ideia audaciosa de um começo do universo numa perspectiva realista, contrariando Eddington, que admitiu ter postulado um passado infinito, porque a ideia de um começo no tempo lhe parecia desagradável. Em um texto curto publicado na revista *Nature*, ele escreveu que discordava de Eddington:

“Sir Arthur Eddington afirma que a noção de um começo da ordem atual da natureza é repugnante para ele. Eu estou inclinado a pensar que o estado atual da teoria quântica sugere um começo do mundo bem diferente da atual ordem da Natureza. [...] podemos conceber o começo do universo na forma de um único átomo, cujo peso atômico é dado pela massa total do universo. Este átomo altamente instável, teria começado a se dividir, fragmentando-se em pedaços cada vez menores, numa espécie de super processo radioativo” (Lemaître 1931, tradução livre).

---

<sup>39</sup> Esta figura foi adaptada a partir de Harrison 1981, p.302.

A figura abaixo mostra que no novo modelo de Lemaître há um começo do tempo, em  $R=0$  e  $t=0$ .



**Figura 10: Universo de Lemaître<sup>40</sup>**

O universo de Lemaître tem um começo abrupto, um “dia sem ontem” (Midbon 2000). Este modelo contém um certo tempo “de hesitação”, em que o universo permanece estático, como o de Einstein e posteriormente passa a se expandir exponencialmente. Ficou conhecido como “o modelo do átomo primordial” e pode ser visto como um dos precursores do modelo do Big Bang.

Porém, o novo modelo não chamou muito a atenção da comunidade científica até a década de 1950. De maneira geral, os cosmólogos preferiam o modelo de Lemaître-Eddington, em especial na primeira metade da década de 1930, que foi defendido por diversos autores, como De Sitter, Tolman e Robertson por permitir a existência de um mundo sem catástrofes, tanto no passado quanto no futuro (Kragh 1996, p. 56).

Uma consequência do pequeno impacto do modelo do átomo primordial de Lemaître é que atualmente é comum a associação da teoria do Big Bang a George Gamow e não a Lemaître ou aos demais autores que já haviam estudado o universo em expansão.

Vamos voltar a discutir o modelo do átomo primordial de Lemaître seção 6.1. Como ele era padre, será muito interessante analisar as possíveis influências da religião sobre a construção de suas teorias cosmológicas.

---

<sup>40</sup> Esta figura foi adaptada a partir de Harrison 1981, p.302. A expressão “tempo de Hubble” será explicada na seção 5.4.1

### 4.3.3 Hubble: evidências observacionais a favor do universo em expansão

Até o começo do século XX o conceito de galáxia ainda estava em construção<sup>41</sup>. Desde o século XVII os astrônomos debatiam sobre o que seriam as então chamadas “nebulosas”, objetos difusos que, quando observados com um telescópio, não são pontuais como as estrelas, pois ocupam uma pequena área do campo de visão. Só no século XX, quando foram construídos grandes telescópios, foi possível observar essas nebulosas com uma ampliação muito maior, permitindo perceber que elas eram conjuntos de estrelas e não nuvens de gás como se acreditava anteriormente (Martins, R. 1994, p. 143). Hoje em dia, boa parte dos corpos que antes eram chamados de nebulosas, são conhecidos como galáxias e a visão mais aceita é a de um universo em evolução, repleto de galáxias que se afastam com velocidades altíssimas.

O astrônomo estadunidense Edwin Hubble (1889-1953)<sup>42</sup> conseguiu medir as distâncias de algumas “nebulosas”, através do estudo de estrelas de brilho variável, chamadas cefeidas, na então “nebulosa” de Andrômeda. Ele utilizou o método de medir distâncias estelares desenvolvido pela astrônoma estadunidense Henrietta Leavitt (1868-1921), baseado na relação entre a magnitude absoluta<sup>43</sup> e o período de variação do brilho das cefeidas. Conhecendo a magnitude absoluta de uma estrela, é possível medir sua distância. Em 1923 Hubble calculou uma distância de cerca de um milhão de anos luz<sup>44</sup> para a cefeida que observara (Kragh 1996, p. 17). Como o valor de distância encontrado é muito maior do que o das estrelas da Via Láctea, a medida de Hubble foi vista como um indício de que Andrômeda é um corpo exterior à nossa galáxia. Então Andrômeda deixou de ser vista como uma nebulosa em nossa galáxia, passando a ser considerada uma outra galáxia. Com o tempo constatou-se que o mesmo ocorria com outras “nebulosas”.

Nos anos seguintes, trabalhando no grande observatório de Monte Wilson, nos EUA, com seu colaborador, o astrônomo estadunidense Milton Humason (1891-1972), Hubble

---

<sup>41</sup> Para mais detalhes e referências sobre o processo de construção do conceito de galáxia, ver (Andrade & Henrique 2009, Henrique et al. 2009).

<sup>42</sup> Para mais detalhes sobre a vida e obra de Hubble, ver (Neves 2000 A p.190; Waga 2000, p.163; Kragh 1996, p.16).

<sup>43</sup> Magnitude é uma medida do brilho de uma estrela. A magnitude aparente é o brilho visto da Terra. Já a magnitude absoluta é o brilho intrínseco, que não leva em consideração a distância da estrela. Para mais detalhes sobre medidas de distâncias astronômicas, ver (Andrade & Henrique 2009, p.42).

<sup>44</sup> A distância da galáxia de Andrômeda conhecida atualmente, através de medidas mais precisas que a de Hubble, é de cerca de dois milhões de anos luz.

conseguiu medidas de distâncias e redshift<sup>45</sup> para corpos mais distantes do que se conseguira até então (Kragh 1996, p. 18). Supondo que nosso planeta não se encontra num local privilegiado do cosmo, é plausível pensar que ao observar os espectros de tais galáxias, algumas delas se afastariam, enquanto outras se aproximariam da Via Láctea. É de se esperar também que a distribuição angular de galáxias que se afastam e que se aproximam seria isotrópica, isto é, igual em todas as direções. Entretanto não foi isso que Hubble observou. Em 1929 publicou um trabalho em que apresentava os dados de 46 galáxias, com medidas razoavelmente confiáveis das distâncias de 20 delas. A quase totalidade das galáxias vizinhas, exceto algumas muito próximas e, portanto sujeitas ao nosso campo gravitacional, estariam se afastando.

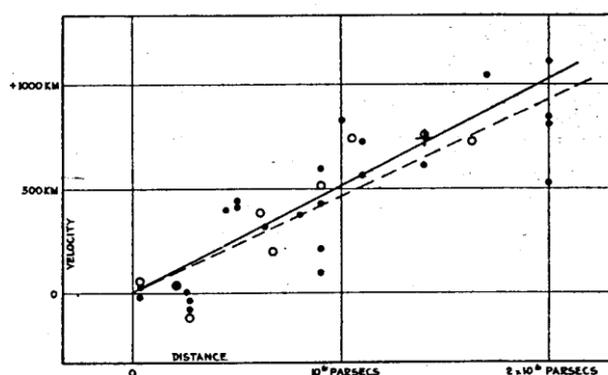


Figura 11: A lei de Hubble, gráfico do artigo original de Hubble de 1929

A figura acima mostra o gráfico de onde foi deduzida a “Lei de Hubble”, explicado por ele mesmo:

“[O eixo vertical] contém velocidades radiais, corrigidas pelo movimento solar e o eixo x as distâncias das galáxias estimadas a partir das luminosidades médias das nebulosas no aglomerado [...] Os discos pretos e a linha cheia representam a solução para o movimento solar utilizando as nebulosas individualmente, os círculos brancos e a linha pontilhada representam a solução combinando as nebulosas em grupos, a cruz representa a velocidade média correspondente à distância média das 22 nebulosas, cujas distâncias não puderam ser estimadas individualmente (Hubble 1929, p. 172, tradução livre).

Há diversos fatores técnicos que estão sendo omitidos nesse texto. Hubble era um astrônomo, tendo que se deparar com uma série de dificuldades técnicas para medir os valores das velocidades e distâncias das galáxias. Com esses dados, ele chegou à relação

---

<sup>45</sup> Redshift, ou desvio espectral para o vermelho, é um aumento do comprimento de onda da radiação eletromagnética recebida, comparado com o comprimento de onda emitido por uma fonte utilizada como padrão.

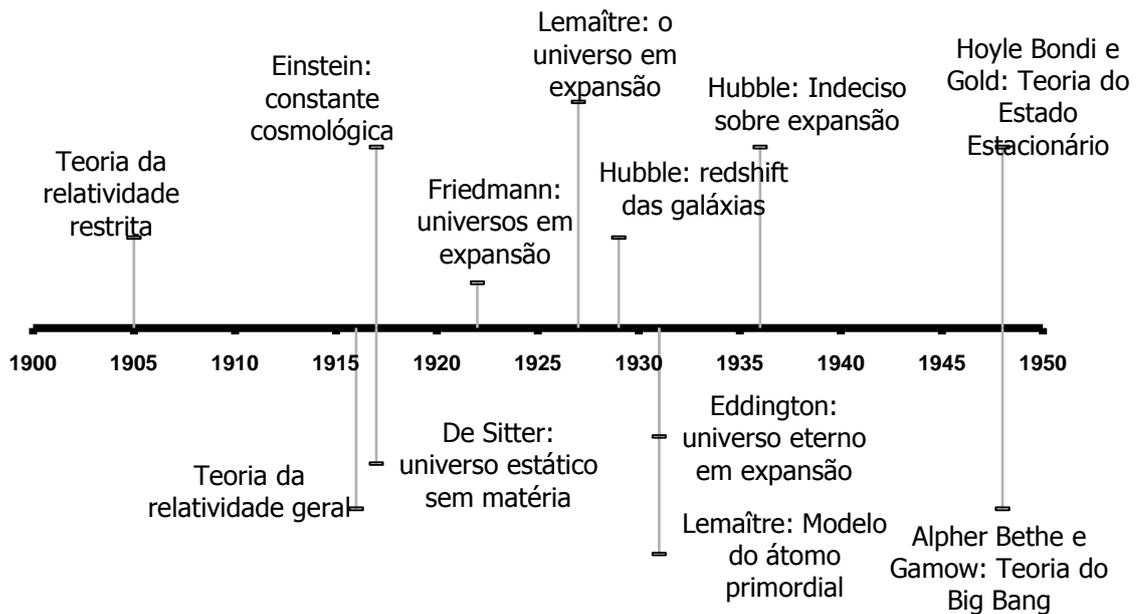
linear entre os redshift das galáxias e a sua distância, que ficou conhecida como a Lei de Hubble.

$$v_{radial} = H_0 d$$

Onde  $v$  é a velocidade radial da galáxia,  $d$  a distancia da mesma ao observador e  $H_0$  uma constante, chamada *constante de Hubble*.

A figura 11 mostra que a relação linear entre velocidade e distância não estava muito bem clara a partir dos dados de Hubble. É possível notar uma relação de proporcionalidade, mas que não é necessariamente linear (Waga 2005, p. 161). Apesar disso, a partir da década de 1930 a interpretação dominante foi a de que os trabalhos de Hubble forneciam evidências de que o universo está em expansão.

Como enfatizamos nesse texto a controvérsia entre Big Bang e Estado Estacionário, não demos ênfase às divergências envolvendo as interpretações dos redshift das galáxias, uma vez que os defensores dessas duas teorias concordavam com a interpretação ortodoxa, segundo a qual o universo está em expansão.



**Figura 12: Linha do tempo da cosmologia na primeira metade do século XX**

Na linha do tempo acima, vemos alguns dos principais autores da cosmologia na primeira metade do século XX, que criaram diferentes modelos de universo:

#### 4.4 A teoria do Big Bang

Vimos que a partir da década de 1930 os modelos de universo em expansão eram os mais aceitos entre os estudiosos da cosmologia. No final da década de 1940 a cosmologia ainda era pouco valorizada e quase não recebia apoio institucional. Praticamente não havia cosmólogos, pois os poucos cientistas que se dedicavam a problemas cosmológicos só o faziam em parte do seu tempo de trabalho, enquanto continuavam a realizar pesquisas em áreas do conhecimento mais tradicionais como a astronomia, matemática e a física (Kragh 1996, p. 143).

No fim da década de 1940 surgiram duas novas teoria cosmológicas, cujos artigos iniciais foram publicados em 1948: a teoria do Big Bang (que será apresentada nessa seção) e a teoria do Estado Estacionário (apresentada na seção 4.5).

##### *George Gamow: o casamento entre a cosmologia e a física nuclear*

Admitindo a expansão do universo e utilizando as descobertas da física de partículas, no fim da década de 1940, George Gamow<sup>46</sup> (1904–1968), físico russo que se mudou para os EUA, formulou o modelo cosmológico que ficou conhecido como a teoria do Big Bang.

Em 1946, Gamow propôs o modelo de universo cujo começo era muito quente e denso. A matéria era formada por uma espécie de gás de nêutrons e fótons, chamada “ylem”, que passou a esfriar com a expansão. Os nêutrons sofriam reações nucleares (decaimento  $\beta$ ), dando origem a prótons e elétrons. Ele utilizou resultados da física nuclear para criar um modelo do estágio inicial do universo, que passou a se expandir de acordo com as equações de Friedmann-Lemaître (Waga 2005, p. 193; Kragh 2004, p. 230).

O modelo de Gamow tinha muitos aspectos comuns ao modelo do átomo primordial de Lemaître: um universo primordial muito pequeno, quente e denso, que passou a se expandir e esfriar. No instante inicial o volume seria nulo, o que caracteriza a chamada singularidade inicial: toda a matéria existente estava concentrada em um ponto, cuja densidade é infinita.

Tanto o modelo de Lemaître quanto o de Gamow precisavam enfrentar dois desafios, que ocuparam os astrônomos e cosmólogos nessa época: explicar o chamado problema da idade do universo e a origem dos elementos químicos (Kragh 1996, p. 108; Martins, R. 1994, pp. 161-162).

---

<sup>46</sup> Para mais detalhes sobre a obra e vida de Gamow ver (Waga 2005, p.162; Kragh 1996, p.89).

Se de fato o universo estiver em expansão, então, há algum tempo atrás, todas as galáxias devem ter estado muito próximas, constituindo um universo primordial muito pequeno, quente e denso, que passou a se expandir e esfriar. Desta forma, o universo teria sido criado num tempo definido no passado.

Conhecendo a velocidade de expansão atual é possível estimar há quanto tempo o universo está em expansão, ou seja, realizar uma estimativa da idade do universo. Supondo-se a velocidade constante, temos que o tempo (T) seria dado pela distância (d) dividida pela velocidade (V):

$$T = \frac{D}{V} = \frac{D}{H_0 D} = \frac{1}{H_0}$$

onde  $H_0$  é a constante de Hubble. A partir da equação acima vemos que o inverso da constante de Hubble fornece um valor estimado para a idade do universo. Com os dados disponíveis na época de Hubble, o valor estimado para a idade do universo era muito baixo: da ordem de 2 bilhões de anos.

O chamado “problema da idade do universo” é bastante simples: qualquer estimativa de idade do universo não pode fornecer um valor que seja menor que a idade calculada para qualquer um de seus componentes, como o Sistema Solar, a Terra, os seres vivos, etc. O baixo valor encontrado para o valor de T era um problema, pois estudos geológicos mostravam que a Terra tinha pelo menos 4 bilhões de anos.

George Gamow, em 1952, comentou as alternativas viáveis para solucionar este problema:

Como poderia o universo ter menos que dois bilhões de anos se ele contém rochas de 3 bilhões de anos? Esta discrepância incomodou os que propuseram modelos de universo em expansão por várias décadas, desde o trabalho original de Hubble até a década de 1950. Uma possibilidade foi sugerida por Lemaître, que introduziu a constante cosmológica, originalmente utilizada por Einstein para construir um universo estático. Esta constante corresponde a uma força repulsiva atuando entre as galáxias, que aumenta proporcionalmente com a distância. A presença dessa força faria o universo se expandir com uma velocidade cada vez maior e mudaria o valor estimado para a idade do universo (Gamow 1952, p. 29, tradução livre).

O “problema da idade do universo” foi importante para o surgimento da teoria do Estado Estacionário (Kragh 1996, p. 73). Gamow comentou sobre esta teoria como uma das alternativas viáveis para solucionar este obstáculo:

Outra possibilidade muito mais radical de modificação do modelo de universo em expansão foi proposta por H. Bondi, T. Gold e F. Hoyle. [...] De acordo com essa visão, as galáxias mais velhas estariam se afastando cada vez mais, mas a todo momento novas galáxias seriam formadas pela condensação da matéria criada nos

espaços alargados, entre as mais antigas. Portanto, o show continua, sem um começo e sem um fim (Gamow 1952, p. 30, tradução livre).

Como a teoria do Estado Estacionário propõe que o universo sempre existiu, ela se livra naturalmente do problema da “idade do universo”. A resolução desta questão será apresentada na seção 4.7.

#### 4.5 A teoria do Estado Estacionário

No começo da década de 1950, a maior parte dos pesquisadores preferia a cosmologia relativística e o universo com uma idade finita, mas dificilmente se considerava que estes modelos correspondessem ao universo real. A teoria do Big Bang de Gamow ainda não havia se estabelecido como a teoria dominante. A maior parte dos astrônomos aceitava que o universo estivesse em expansão (levando em conta os trabalhos de Hubble) e acreditava que se podia calcular a idade do universo a partir das equações de Friedmann-Lemaître. Porém, eles evitavam dizer que o universo foi criado (Kragh 1996, p. 142).

Na mesma época em que Gamow alterava a teoria do Big Bang com o artigo  $\alpha\beta\gamma$ , uma nova teoria cosmológica rival surgiu em Cambridge, na Inglaterra. Logo ficou conhecida como a cosmologia do Estado Estacionário<sup>47</sup>. Houve vários modelos de Estado Estacionário, mas o mais famoso foi o criado em 1948, pelos físicos Hermann Bondi (1919-2005), Thomas Gold (1920-2004) e Fred Hoyle (1915-2001). Hermann Bondi e Thomas Gold estudaram em Cambridge, onde conheceram o físico e astrônomo inglês Fred Hoyle<sup>48</sup>, sendo a partir de então conhecidos como “o trio de Cambridge”. Eles frequentemente tinham conversas informais sobre cosmologia, a partir das quais acabaram desenvolvendo em conjunto um novo modelo de universo em expansão. Estes três jovens adotaram a interpretação mais comum sobre os redshift das galáxias: a de que as galáxias estão realmente se afastando. Assim, achavam que o universo não poderia ser estático,

---

<sup>47</sup> Muitas vezes os conceitos de *estático* e *estacionário* são confundidos, pois existem diversas definições possíveis para estes termos na cosmologia. Isto acontece porque existem vários conceitos diferentes referentes a medidas de tempo e espaço, como as coordenadas próprias e as comóveis (North 1965, p.112). Enquanto no universo estático não há expansão ou contração, o universo estacionário não muda *em aparência*. Os modelos de Newton, Einstein e De Sitter (que foram apresentados na seção 5.2) são estáticos e estacionários. Já o modelo de Bondi, Gold e Hoyle não é estático, mas sim estacionário e em expansão. Um rio pode estar em um Estado Estacionário, mas a água está fluindo e, portanto, ele não é estático. Da mesma forma o universo pode estar em expansão, mas ser estacionário. Sendo assim, utilizamos o conceito de estacionário utilizado por estes autores, que é equivalente ao Princípio Cosmológico Perfeito: o universo não muda em larga escala, apesar de haver mudanças locais.

<sup>48</sup> Para mais detalhes sobre a vida de Fred Hoyle, Hermann Bondi e Thomas Gold, ver (Kragh 1996, p.162-169).

como defendeu Einstein. Mas também concordavam que a teoria de Lemaître, que propunha um começo do tempo, tinha sérios problemas.

#### 4.5.1 O surgimento do termo “Big Bang” e as críticas ao começo do tempo

Na primavera de 1949, Hoyle fez uma série de palestras sobre cosmologia para rádio BBC de Londres, que foram posteriormente transcritas e publicadas na forma de um livro intitulado *The Nature of the Universe*<sup>49</sup> (Hoyle 1950). Tanto o livro quanto as palestras fizeram bastante sucesso ao longo dos anos seguintes.

Os cinco primeiros capítulos constituíram um bom livro de divulgação de astronomia básica, sobre a origem e o futuro da Terra, do Sol, das Estrelas e dos Planetas. Já os dois últimos capítulos eram um pouco mais controversos. Hoyle deixou claro que seu objetivo não era dar uma visão objetiva e imparcial sobre a cosmologia da época, mas sim sua visão pessoal sobre o assunto (Kragh 1996, p. 191).

No capítulo 6 de seu livro, ao explicar a expansão do universo, Hoyle menciona as grandes questões da cosmologia:

O que causa a expansão? A expansão significa que conforme o tempo passa o universo observável se torna cada vez menos ocupado por matéria? O espaço é finito ou infinito? Qual é a idade do universo? (...) Primeiro, eu vou considerar as ideias mais antigas - dos anos 1920 e 1930 - e então vou oferecer a minha opinião.

De maneira geral, as ideias mais antigas podem ser divididas em dois grupos<sup>50</sup>. Um deles se caracteriza por assumir que o Universo começou há um tempo finito, em uma grande explosão. Nesta suposição a expansão atual é um legado da violência desta explosão. Essa ideia do Big Bang me pareceu ser insatisfatória, mesmo antes que um exame detalhado tenha mostrado que ela leva a sérias dificuldades (Hoyle 1950, p. 120, tradução livre).

A expressão Big Bang foi popularizada por Hoyle, que se referiu de uma forma irônica, nas palestras da BBC, à teoria “que o universo começou há um tempo finito em uma grande explosão”. O trio de Cambridge concordava que a teoria de Gamow tinha sérios problemas, como “o problema da idade do universo” e a formação dos elementos químicos, além das dificuldades para explicar *a formação das galáxias*. Sobre esse assunto, Hoyle afirmou que

---

<sup>49</sup> Nas aulas do curso fizemos uso frequente do documentário “BBC Lost Horizons - The Big Bang” (Al-Khalili, 2008), que está disponível online: <http://video.google.com/videoplay?docid=-3038527161142211875#>. Nele há trechos da série *The Nature of the Universe*, incluindo as críticas de Hoyle ao “Big Bang”.

<sup>50</sup>Adiante Hoyle descreve o outro grupo, que é dado pelas teorias com a constante cosmológica positiva, como o modelo de Lemaître cuja solução para o problema da idade do universo também foi descrita por Gamow e foi exposta na seção 5.5.1 (Hoyle 1950, p.120-121).

em algumas destas teorias [da escola de pensamento da explosão] o universo parece ser mais novo do que a nossa própria galáxia, segundo as estimativas da astrofísica. Outra séria dificuldade surge quando tentamos reconciliar a ideia da expansão com a de que as galáxias devem ter se condensado a partir do material de fundo difuso. Os dois conceitos, de expansão e contração são obviamente contraditórios e é fácil mostrar, se você postular uma explosão suficientemente violenta para explicar a expansão do Universo, que as condensações que formaram as galáxias não poderiam jamais ter sido formadas (Hoyle 1950, p. 120, tradução livre).

Assim Hoyle mostra que na teoria do Big Bang, se a velocidade de expansão fosse muito intensa, não teria sido possível que as galáxias se formassem pela contração gravitacional da matéria dispersa pelo universo. Na teoria do Estado Estacionário esse problema não existe por que o universo sempre existiu, logo houve tempo suficiente para que as galáxias tenham se formado.

Outro fator que vem como um grande defeito das teorias de Gamow e Lemaître era a necessidade de introduzir o conceito de uma criação abrupta, em um instante definido. Na teoria de Hoyle, Bondi e Gold a criação é lenta e contínua, de forma que conduz à formação de novas galáxias: “este é provavelmente o mais surpreendente conceito de todo este livro. Eu me vi forçado a assumir que a natureza do Universo requer uma criação contínua – o perpétuo vir a ser da nova matéria” (Hoyle 1950, p. 122, tradução livre).

### ***A criação contínua de matéria***

A teoria de Gold, Bondi e Hoyle surgiu a partir de dificuldades encontradas pela teoria do Big Bang, no fim da década de 1940. Não se sabe ao certo como surgiu a ideia de um universo em expansão com criação de matéria nas discussões entre Hoyle, Bondi e Gold. Mas é provável que o autor tenha sido Thomas Gold com uma ideia inicial que a princípio não foi vista como uma possibilidade acadêmica, mas apenas uma especulação interessante.

Segundo Hoyle, em 1946, Bondi, Gold e ele foram ao cinema e viram um filme contendo quatro partes separadas, que foram ligadas tornando o final igual ao começo. Dessa forma, o filme ficou circular:

Pensando no filme Tommy Gold teria dito a seus colegas: e se o universo for construído assim? A princípio pode parecer que uma situação que não muda deva ser estática, mas isso não é verdade, como foi percebido ao ver o filme. Existem situações que não mudam, mas que são dinâmicas, como a correnteza de um rio. O universo deve ser dinâmico, pois os redshift de Hubble provaram isso, mas se o universo pudesse ser dinâmico sem se alterar... A partir desta posição não nos levou muito tempo para ver que deveria haver uma criação contínua de matéria (Hoyle 1982 citado em Kragh 1996, p. 174, adaptado, tradução livre).

Esta história, apesar de simpática, não deve ser levada muito a sério. Bondi e Gold se lembraram do filme, mas não fizeram nenhuma conexão entre este e a criação da teoria do universo estacionário. Outra história contada por Hoyle é de que ele e Bondi estavam tomando chá, na beira da fogueira, quando um deles teria derrubado um pequeno objeto, como um apontador de lápis ou algo do tipo. Passaram a procurá-lo ao redor e como não encontravam, uma reversão temporal os levou à ideia de criação da matéria (Kragh 1996 p. 174).

Em dezembro de 1946, pouco antes de Gold propor a ideia da criação contínua de matéria, Hoyle estava pesquisando sobre a formação dos elementos pesados nas estrelas. Ele era um crítico da proposta de Gamow de que os elementos pesados teriam surgido durante um estágio primordial do universo e investigava a possibilidade de que eles fossem fabricados nas estrelas. Uma pergunta que surgiu de seu trabalho, feita por seu ex-supervisor, era “De onde veio o hidrogênio?”. Isso fez com que ele estivesse bastante receptivo para a ideia de Gold, quando ela surgiu. (Kragh 1996 p. 176).

Pensando na distinção entre o “contexto de descoberta” e o “contexto de justificativa” (descritos na seção 2.1.1), podemos dizer que estas histórias mostram que no processo de criação de modelos cosmológicos, os autores foram influenciados por fatores usualmente considerados não-científicos, como sonhos, insights, delírios e inspirações. Contudo, no contexto de justificativa, a comunidade científica seria mais seletiva e buscaria minimizar a influência desses critérios, considerados “não-científicos”.

Até a primavera de 1947, Hoyle, Bondi e Gold tinham uma ideia vaga de sua teoria do Estado Estacionário. Para torná-la publicável era preciso criar argumentos quantitativos e embasados pelas observações disponíveis. Apesar de os três terem contato constante nas contínuas discussões em Cambridge, as ideias de Bondi e Gold eram ligeiramente diferentes das de Hoyle. Sendo assim, a teoria foi publicada pela primeira vez em dois artigos diferentes na revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* de 1948 (Hoyle 1948) e (Bondi & Gold 1948). No entanto, conforme as duas versões da teoria foram enfrentando cada vez mais opositores, as duas versões acabaram sendo vistas como representações diferentes da mesma teoria, a teoria do Estado Estacionário (Kragh 1996, p. 187).

Em 1948, Gold e Bondi propuseram uma versão mais qualitativa da teoria do Estado Estacionário, partindo de dois postulados relacionados entre si:

1. O universo deve ter sempre o mesmo aspecto, em larga escala, para qualquer observador, em qualquer posição no espaço e no tempo.
2. Como o universo está em expansão, para a densidade média se manter constante, a matéria deve ser continuamente criada numa taxa determinada pela velocidade de expansão (Kragh 1996, p. 142).

O primeiro dos postulados é conhecido como “Princípio Cosmológico Perfeito”: todos os lugares do universo são semelhantes no tempo e no espaço, pois não há nenhum observador privilegiado.

Sendo assim, num universo estacionário a taxa de expansão é constante e nunca pode mudar. Os componentes do universo, como as galáxias, estrelas e planetas envelhecem, mas novos átomos são criados para substituí-los, de forma que a idade média dos corpos do universo é sempre a mesma (Harrison 1981, p. 92).

Bondi e Gold afirmaram que as leis da física devem ser constantes, para que os experimentos na Terra sejam reprodutíveis. Argumentaram que o universo não pode mudar em larga escala, pois mudanças no universo acarretariam mudanças nas leis da física<sup>51</sup>. Assim, eles partiram do postulado do Princípio Cosmológico Perfeito por razões puramente filosóficas<sup>52</sup> (North 1965, p. 211, Kragh 1996, p. 182).

Ainda que seu artigo contivesse poucas equações, Bondi e Gold conseguiram chegar a um grande número de previsões testáveis, pois todas as características do universo devem obedecer ao Princípio Cosmológico Perfeito. Assim, a taxa de expansão, dada pela constante de Hubble, as densidades de matéria e radiação, assim como a média de idade das galáxias observadas devem ser sempre as mesmas, constantes no tempo. Cálculos relativamente simples levam à conclusão de que o universo deve estar em expansão, com o fator de escala crescendo exponencialmente com o tempo, como no modelo de De Sitter (Harrison 1981, p. 319).

A taxa de criação de matéria também poderia ser estimada quantitativamente, dada por aproximadamente  $10^{-43} \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Em outras palavras, equivale à massa de um átomo de hidrogênio criado a cada bilhão de anos, em um volume de um litro (Bondi 1952, p. 143). Ela era tão baixa que não poderia ser detectada experimentalmente. Isso contribuiu para

---

<sup>51</sup> Esta noção foi influenciada pelo chamado Princípio de Mach, segundo o qual todas as forças inerciais são causadas pela distribuição de matéria no universo. Este princípio também foi bastante influente na formulação de Einstein da teoria da relatividade geral (Harrison 1981, p.176).

<sup>52</sup> Estes argumentos filosóficos envolvendo Princípios Cosmológicos serão discutidos com maior detalhe na seção 5.6.

que muitos astrônomos que seguiam a tradição empirista não levassem a teoria muito a sério.

De maneira geral, a postura de Bondi, Gold e Hoyle era a de desconfiar das observações realizadas pelos astrônomos que não podiam ser explicadas pela teoria do Estado Estacionário. Como veremos na seção 4.7, eles obtiveram um razoável sucesso com esta estratégia durante certo tempo. Porém, a postura de valorização de argumentos teóricos e filosóficos, assim como o pouco valor dado às observações, gerou um sentimento forte de oposição em relação à teoria do Estado Estacionário.

No começo da década de 1950 a teoria do Estado Estacionário se estabeleceu como um dos modelos cosmológicos disponíveis, entre vários outros, mas não chamou a atenção de muitos cientistas. Apenas alguns estudiosos britânicos, como os cosmólogos William McCrea e Dennis Sciama, publicaram artigos científicos comentando e desenvolvendo a teoria. No entanto as palestras e livros populares escritos por Hoyle contribuíram para que a teoria ficasse conhecida entre o público em geral (Kragh 2004, p. 232).

## **4.6 Cosmologia e Filosofia**

Apresentadas as teorias de Gamow e de Hoyle e seus colaboradores, vamos agora descrever alguns dos argumentos filosóficos envolvidos nessa controvérsia, que ocorreu ao longo das décadas de 1950 e 1960. Até então ainda não havia um modelo dominante e, quando a teoria do Estado Estacionário se tornou pública, ela não podia ser ignorada ou descartada observacionalmente.

A maior parte da controvérsia ocorrida nessa década envolveu argumentos filosóficos e teóricos, pois os dados observacionais ainda não permitiam interpretações muito seguras. Nesse contexto, as discussões metodológicas foram frequentes, pois os cosmólogos precisavam justificar seus métodos, discutindo como conduzir essa “nova ciência” (Videira 2005 a, p. 243; Kragh 1996, p. 202).

Nesta seção serão apresentados dois temas filosóficos envolvidos na controvérsia: o debate entre racionalismo e empirismo e as diferentes posturas sobre o conceito de criação na cosmologia.

### **4.6.1 O ataque de Dingle: empirismo contra o racionalismo**

Um personagem importante nessa história foi o físico e filósofo inglês Herbert Dingle (1890-1978), presidente da *Royal Society* de Londres, entre 1951 e 1953, e professor de História e Filosofia da Ciência do *University College* de Londres. Na década de 1930 ele já

tinha se engajado em debates envolvendo controvérsias cosmológicas, atacando as teorias racionalistas dos físicos ingleses Edward Milne, Arthur Eddington e Paul Dirac (1902-1984). A sua crítica contém basicamente dois pontos:

1. O ponto de partida da ciência deve ser a observação empírica dos fenômenos;
2. Os componentes teóricos são produzidos através de uma generalização indutiva das observações (Videira 2005 a, p. 245).

A posição de Dingle pode ser classificada como empirista e indutivista. Dingle acusou os cosmólogos matemáticos de agirem como aristotélicos modernos, porque negligenciavam os experimentos e confiavam excessivamente no poder da razão: “devemos deduzir conclusões particulares de princípios gerais a priori ou derivar princípios gerais de observações? A atividade intelectual envolve dois elementos – chame-os Natureza e mente humana, ou experiência e razão” (Dingle 1937, p. 250, tradução de Videira 2005 a).

Dingle associou a postura racionalista ao aristotelismo, em contraposição à postura empirista de Galileu. Duas décadas depois, ele voltou a atacar os cosmólogos teóricos. Em 1953, utilizou o discurso presidencial para fazer duras críticas à cosmologia atual, em especial a teoria do Estado Estacionário. Como em seus artigos da década de 1930, ele se opunha à tendência racionalista dos cosmólogos de tirar conclusões teóricas sobre o universo sem embasamento experimental e reafirmou a necessidade de que as teorias científicas comecem pela observação e não pela formulação de hipóteses (Videira 2005 a, p. 247).

<b>Herbert Dingle</b>	<b>Milne, Hoyle, Bondi e Gold</b>
Empirismo	Racionalismo
Observações astronômicas	Matemática e física teórica
Método da indução	Método hipotético-dedutivo
Ciência moderna	Metafísica
Galileu	Aristotelismo

**Tabela 3: Dingle contra os teóricos**

A tabela acima ilustra um resumo dos argumentos envolvendo os debates de Dingle contra os teóricos da cosmologia, como o trio de autores da teoria do Estado Estacionário e Milne.

Dingle não era contrário ao uso de argumentos filosóficos nas teorias. Mas acreditava que os argumentos usados por Hoyle, Bondi e Gold eram fracos, principalmente devido à falta de conhecimento sobre história da ciência. Se tivessem lido as obras de Galileu, Newton ou Faraday teriam reconhecido suas tolices (Kragh 1996, p. 225). Dizia que a teoria do Estado Estacionário, sem a proteção das equações matemáticas, era como a “roupa nova do imperador”. Para ele, teria embasamento muito fraco por se pautar mais na matemática que na observação da natureza:

É difícil, para os que não estão habituados à matemática, treinados na tradição científica, acreditar que os princípios elementares da ciência estão sendo tão abertamente destruídos. Pode parecer que a ideia da criação contínua de matéria tenha surgido a partir de uma discussão matemática, ou de uma observação científica. [...] Na verdade, não tem outra base senão o desejo de alguns matemáticos que pensaram como seria bom se o mundo fosse feito desta maneira. A matemática segue o desejo e não o contrário (Dingle 1953, p. 403, tradução livre).

Contudo, Dingle estava tão incomodado que acabou distorcendo as visões de seus adversários, estabelecendo críticas a uma caricatura da teoria do Estado Estacionário. Ao contrário do que insinuava Dingle, a criação de matéria não era um axioma da teoria do Estado Estacionário. A ideia surgiu a partir da necessidade de satisfazer o Princípio Cosmológico Perfeito (Kragh 1996, p. 225). De qualquer forma, Dingle também criticou severamente o uso de princípios em cosmologia.

Ele afirmou que o Princípio Cosmológico foi verificado experimentalmente para uma fração muito pequena do universo conhecido e que parece razoável *assumir* que as leis válidas em nossa vizinhança podem ser generalizadas para o universo como um todo, até que mais evidências observacionais estivessem disponíveis. Já a favor do Princípio Cosmológico Perfeito, segundo o autor, não haveria qualquer tipo de evidência. Por isso ele afirmou:

Causa-me desconforto utilizar nomes que são enganosos, eu prefiro me referir ao “princípio cosmológico” como “suposição cosmológica” e ao “Princípio Cosmológico Perfeito” como a “presunção cosmológica” (Dingle 1953, p. 396, tradução livre).

Na verdade, Bondi já havia se incomodado com o nome “Princípio Cosmológico Perfeito”, pois inicialmente pensou que passava uma impressão presunçosa, como

apontado por Dingle. No entanto, Gold o convenceu de que este nome era razoável e não havia razões para se preocupar<sup>53</sup> (Kragh 1996, p. 182).

#### 4.6.2 Princípios em cosmologia

Nas discussões ocorridas entre os defensores da teoria do Estado Estacionário e seus críticos um dos elementos intensamente debatidos foi a validade dos “princípios” e “postulados” na cosmologia, que muitas vezes eles são usados de forma implícita, ou até mesmo inconsciente.

Em seu livro *Cosmology*, Bondi sintetizou alguns dos argumentos a favor da teoria do Estado Estacionário. No primeiro capítulo, sobre Princípios Cosmológicos, ele discutiu a questão da reprodutibilidade dos experimentos:

Todos assumem que os experimentos são reprodutíveis. Essa ideia é tão familiar, que nós não costumamos pensar sobre seu significado. Assumimos que se for possível repetir as condições de um experimento, então necessariamente haverá a repetição do resultado. Em um experimento de laboratório, normalmente todas as condições são controladas completamente, com apenas duas exceções: o tempo e o espaço em que as medidas são realizadas. A repetição implica que o segundo experimento foi feito após o primeiro, de forma que a posição do laboratório terá sido alterada pelo movimento da Terra através do espaço. Da mesma maneira, assumimos que um experimento pode ser repetido em outro laboratório, situado em outro lugar da superfície da Terra. Assim, a menos que se postule que a posição no tempo e no espaço é irrelevante, nenhuma conclusão pode ser tirada sobre o princípio da reprodutibilidade. Sem este postulado, a repetição de um experimento se torna impossível se as condições espaço-temporais não puderem ser repetidas. Vemos assim que toda a física pressupõe uma certa uniformidade do tempo e do espaço (Bondi 1952, p. 11, tradução livre).

Concordando com Bondi, o filósofo estadunidense John North afirma que a reprodutibilidade de um experimento é um conceito metafísico. Não há como fazer a mesma medida duas vezes. Por exemplo, num universo em que a entropia sempre cresce, faz sentido dizer que as leis são sempre as mesmas? O aumento da entropia não mudaria as leis da física? (North 1965, p. 308). Estas mudanças podem parecer irrelevantes para os experimentos envolvendo fenômenos cotidianos na Terra e em intervalos de tempo relativamente curtos. Porém em cosmologia os eventos investigados podem durar até bilhões de anos. Como garantir que as leis da física não se alteram em longos períodos de tempo?

---

<sup>53</sup> Apesar da grande repercussão do ataque de Dingle, que chegou a ser publicado na revista *Science*, o trio de Cambridge não respondeu, talvez por não tê-lo levado a sério. Gold afirmou que: “Eu não conseguia levar Dingle a sério... Nós o ridicularizávamos. Eu quero dizer, nós simplesmente não conseguíamos levá-lo nem um pouco a sério. Eu me lembro vagamente que ele atacou [a teoria do Estado Estacionário], mas eram apenas críticas sem sentido na minha opinião” (Gold 1978 citado em Kragh 1996, p.226, tradução livre).

Como vimos, um dos postulados da teoria do Estado Estacionário era o Princípio Cosmológico Perfeito. Em 1952, Bondi dedicou um capítulo do livro *Cosmology* para descrever os chamados Princípios Cosmológicos:

Apesar das diferentes perspectivas das várias teorias cosmológicas, todas concordam ao postular a validade do chamado “princípio cosmológico” que, de maneira geral, afirma que o universo apresenta o mesmo aspecto visto de qualquer ponto, com a exceção de pequenas irregularidades. Embora haja uma série de divergências sobre o significado, a necessidade e a posição lógica deste postulado, é consenso que sua validade é bastante notável e que sua utilidade está além da dúvida (Bondi 1952, p. 11).

Um dos princípios adotados atualmente pela grande maioria dos modelos cosmológicos é a noção de que não estamos no centro do universo. Bondi o enunciou assim:

Princípio Copernicano<sup>54</sup>: a Terra não está em uma posição central ou privilegiada no universo (Bondi 1952, p. 13).

Ao longo do século XX, com o desenvolvimento da astronomia e a criação de telescópios cada vez mais potentes, tornou-se consensual a visão de que o Sol não fica no centro da galáxia (mas a cerca 30 mil anos luz do centro) e que a Via Láctea é uma dentre bilhões de galáxias do universo. Assim, tornou-se cada vez mais natural pensar que não estamos no centro<sup>55</sup> ou que não temos uma posição privilegiada no universo.

Analisando o Princípio Copernicano, Bondi afirmou que “este princípio foi aceito por todos os homens da ciência e é preciso apenas um pequeno passo a partir dele para chegar ao enunciado de que a Terra está numa posição comum” (Bondi 1952, p. 13, tradução livre). Este princípio não é algo que pode ser verificado experimentalmente. É preciso adotá-lo porque atualmente nos parece improvável que tenhamos uma localização especial no universo.

---

<sup>54</sup> Bondi escolheu esse nome homenageando Nicolau Copérnico, fazendo referência à consolidação da teoria heliocêntrica e à ideia de que a Terra não é mais o centro do universo. Desde a antiguidade até a época de Copérnico, Galileu e Tycho Brahe (séc. XVI), o modelo Geocêntrico, em que a Terra está imóvel no centro do universo, era o mais aceito. Este modelo foi desenvolvido por estudiosos da Grécia antiga (como Aristóteles (séc. IV a.C.) e Ptolomeu (séc. II d.C)), consolidou-se e foi aceito por muito tempo. Outro grego, Aristarco de Samos (séc. III a.C.) criou um modelo diferente: a Terra está em movimento, e gira ao redor do Sol. Este modelo ficou conhecido como modelo Heliocêntrico. Esta ideia não ganhou muitos adeptos na época, e só passou a ser novamente defendida muito tempo depois, principalmente com a repercussão dos trabalhos de Nicolau Copérnico, no século XVI. Gradativamente a Terra foi perdendo a sua posição de centralidade, quando o heliocentrismo se consolidou como a teoria dominante, constituindo a chamada *Revolução Copernicana*, título de um importante livro escrito pelo epistemólogo estadunidense Thomas Kuhn (1990).

<sup>55</sup> A ideia de centro é uma herança da visão das esferas concêntricas do modelo geocêntrico. A noção de centro é problemática, especialmente porque não sabemos qual é a forma do universo. Num universo finito, não esférico, o centro pode ser o centro de massa. Já num universo infinito, é bem mais complicado pensar em um centro (Beisbart & Jung 2006, p.227).

Hoje, a versão mais comum deste princípio, como descrito na maior parte dos livros e artigos de cosmologia, é a seguinte:

Princípio Cosmológico I: o universo é homogêneo e isotrópico em larga escala.

No contexto da cosmologia, *homogeneidade* quer dizer que todos os pontos do universo são equivalentes, não há nenhum observador privilegiado<sup>56</sup>. Nessa abordagem, são desprezados aspectos locais, como o fato de o céu observado ser claramente não homogêneo, por causa da concentração de estrelas no núcleo da Via Láctea. Os aspectos relevantes são os referentes ao universo *em larga escala*.

Já assumir a *isotropia* significa dizer que todas as direções de observação são iguais. Em termos mais técnicos: ser isotrópico é ser invariante por rotação, algo que seria percebido por um observador fixo; enquanto ser homogêneo é ser invariante por translação, algo que seria percebido por observador móvel (Harrison 1981, p. 89).

Outra formulação possível para o Princípio Cosmológico é a feita pelo astrofísico inglês Edward Milne (1896-1950) em 1933:

Princípio Cosmológico II: As leis da física devem parecer iguais para todos os observadores equivalentes, independente de sua posição no espaço.

Milne considerou este princípio uma extensão do primeiro postulado da teoria da relatividade restrita, segundo o qual as leis da física devem ser as mesmas para todos os observadores em referenciais inerciais.

Não só as leis da natureza, mas também todos os eventos que ocorrem na natureza, o próprio universo, devem parecer o mesmo para todos os observadores, não importa em que lugar estejam, dado que seus referenciais espaciais e suas escalas temporais estejam orientados da mesma maneira em relação aos eventos observados (Milne 1933, p. 4 citado em Kragh 1996, p. 62).

A segunda formulação é diferente da primeira (que envolve isotropia e homogeneidade), mas elas estão relacionadas. Tanto que foram confundidas por muitos autores, ao não considerarem que há uma distinção entre a distribuição de matéria (relacionada à isotropia e homogeneidade) e a reprodutibilidade dos experimentos (o fato de as leis da física serem iguais para todos os observadores) (North 1965, p. 305).

---

<sup>56</sup> Um sistema físico é homogêneo em relação a uma certa característica (como por exemplo, a temperatura, o tempo, ou o espaço) se dois observadores não puderem distinguir suas posições com base nessa característica, pois não há diferença entre eles (Beisbart & Jung 2006, p.233). Sendo assim, uma mistura de água e açúcar é homogênea em relação à temperatura, se todos os pontos tiverem temperaturas iguais. A ideia de um espaço não homogêneo passou a ser considerada a partir da criação de geometrias não euclidianas, pelo matemático alemão Bernard Reimann (1826-1866) (North 1965, p.300).

A maior parte dos modelos cosmológicos assume o Princípio Cosmológico. É preciso adotá-lo, uma vez que se o universo inteiro não for semelhante à região que podemos observar, não faz sentido admitir que se possa usar as mesmas leis para o universo como um todo. Além disso, sem essa simplificação, a solução das equações de modelos cosmológicos derivados a partir da relatividade geral não seria possível, devido à complexidade das equações. Se as outras regiões distantes fossem muito diferentes, não seria possível saber como elas são e seria impossível fazer uma teoria do universo. Por isso, admitimos que todas as regiões do universo são semelhantes entre si (Martins, R. 1994, p. 142).

Há também diferentes posturas em relação aos princípios cosmológicos, em suas várias formulações. Alguns os consideram como verdades parciais, aceitas temporariamente, corroborados por evidências observacionais. Outros acham que se trata de um princípio *a priori*, sem o qual a cosmologia é impossível (North 1965, p. 310).

Como vimos na seção 4.5, esta última postura foi adotada pelos autores da teoria do Estado Estacionário, que partiram de uma versão mais forte do Princípio Cosmológico, o chamado Princípio Cosmológico Perfeito. Para estes autores, não só o espaço é homogêneo e isotrópico e as leis locais são iguais as de qualquer ponto do universo, mas também a observação que se faz do universo em larga escala de qualquer ponto deve ser invariável, ou seja, não muda com o passar do tempo (Bondi & Gold, 1948, p. 254).

### ***Dúvidas sobre a validade dos princípios***

No início do século XX, a maioria dos cientistas foi cautelosa em aceitar os modelos cosmológicos, por não achar que se pode, com segurança, aplicar as leis da física para o universo como um todo. Uma objeção comum era a de que parece precipitado querer tirar conclusões sobre o universo inteiro, sendo que só conhecemos a pequena vizinhança em que estamos confinados (Kragh 1996, p. 13).

Os astrônomos que seguiam a tradição positivista ou empirista, como os estadunidenses Edwin Hubble (1889-1953) e Richard Tolman (1881-1948), defendiam na década de 1930 que não seria muito sábio crer numa correspondência exata entre os modelos cosmológicos e a realidade, nem esboçar conclusões muito definitivas, já que se partiu da suposição de que o universo é homogêneo em larga escala (Videira & Ribeiro 2004, p. 523; Kragh 2004, p. 153).

Atualmente, com o grande desenvolvimento das técnicas observacionais na cosmologia, existem projetos dedicados a fazer um mapa do universo, que mostram que

nas escalas de até 100 milhões de anos luz, o universo parece “um queijo suíço”, com estruturas semelhantes a paredes onde há uma grande concentração de galáxias cercado regiões praticamente vazias. Em escalas bem maiores de 100 milhões de anos luz, há evidências de que o universo é homogêneo ou uniforme, isto é, não apresenta, na média, regiões muito diferentes (Rosenfeld 2005, p. 25).

Cerca de 50 anos depois da formulação do Princípio Cosmológico por Milne, o cosmólogo Malcolm A. H. MacCallum, afirmou que “a crença na homogeneidade do universo em larga escala ainda tem um suporte observacional pobre [...] O estudo da homogeneidade exige de nós um conhecimento sobre situações a distâncias enormes no *tempo presente*, enquanto que aquilo que podemos observar é o que aconteceu há muito tempo atrás” (MacCallum 1993, citado em Videira & Ribeiro 2004, p. 526).

Além disso, os experimentos que são criados para verificar a homogeneidade do universo são baseados em pressupostos teóricos que assumem a própria homogeneidade. Assim, é impossível testar diretamente se o universo é homogêneo e isotrópico (Videira & Ribeiro 2004, p. 527). Estas discussões sobre os princípios cosmológicos e a confiabilidade da cosmologia estão presentes na comunidade científica até hoje. A consolidação da teoria do Big Bang como teoria hegemônica fez com que muitos cientistas esquecessem que, ainda que haja observações confirmando previsões desta teoria, partiu-se da ideia discutível de que o universo é homogêneo e isotrópico.

### **4.6.3 O conceito de criação na cosmologia**

Nesta seção vamos apresentar as discussões envolvendo o conceito de criação e a questão do começo do tempo no universo. De maneira geral podemos dividir os cosmólogos em dois grupos:

A. Defenderam um modelo de universo que teve um começo. O tempo e o espaço foram criados em um instante determinado. São universos em expansão, que podem ser infinitos ou finitos, dependendo da densidade de matéria do universo. Representantes: Lemaître, Gamow, Alpher, Herman.

B. Evitaram o conceito de uma criação abrupta no tempo e preferiam um universo eterno. Representantes: Einstein e De Sitter (universos estáticos), Hoyle, Bondi, Gold, Sciama e McCrea (universos estacionários).

No entanto, há cosmólogos que não se encaixam em nenhum dos dois grupos, como Hubble e Friedmann. Ainda que seus trabalhos mostrassem a possibilidade de universos

em expansão, eles não estavam confiantes de que essa interpretação se aplicava para o universo real, como fizeram Lemaître e Gamow. Sendo assim podemos dizer que adotaram uma postura neutra sobre o começo do universo.

Einstein defendia que o universo é estático, pois achava abominável a ideia de um universo em expansão. Estava empenhado em mostrar problemas nessa nova proposta de Friedmann, que por sua vez se concentrou nas discussões matemáticas das soluções das equações. Conforme vimos na seção 4.4.1, ele trocou cartas com Friedmann, julgando ter encontrado erros em suas teorias. O cosmólogo russo convenceu Einstein de que seus cálculos estavam corretos, mas Einstein continuou achando que se tratava de uma teoria matemática sem qualquer relação com a realidade.

Este debate entre Einstein e Friedmann<sup>57</sup> ilustra duas posturas bastante diferentes sobre como interpretar os modelos científicos. Vemos assim um exemplo de como posturas filosóficas influenciam as atividades dos cientistas. A postura de Friedmann está mais próxima do *instrumentalismo*, (apresentado na seção 3.2). Ele encara os modelos cosmológicos como entidades matemáticas, que não necessariamente correspondem ao universo real.

Friedmann não fez interpretações realistas de seus modelos cosmológicos, mas percebeu que suas equações mostravam um começo no tempo. Quando o tempo tende a zero, o raio do universo também tende a zero. Exatamente no início, o raio do universo seria nulo, o que corresponde a uma densidade infinita. Esse estágio inicial do universo muito denso e com raio muito pequeno ficou conhecido como “singularidade”. O conceito aparece nos trabalhos de Friedmann, mas não é explorado por ele.

No texto a seguir, Friedmann discute matematicamente os limites tendendo a zero das variáveis de seu modelo:

Como o raio de curvatura do universo não pode ser menor que zero, ele deve diminuir conforme o tempo diminui, de  $R_0$  em  $t$ , até o valor 0 no tempo  $t'$ . Nós vamos chamar de “tempo de crescimento” de  $R$ , desde 0 até  $R_0$  o tempo desde a **criação** do mundo [...] O tempo, desde a criação do universo, é o tempo que passou desde o momento em que o espaço era um ponto ( $R=0$ ) até o estado presente ( $R=R_0$ ); Este termo também pode ser infinito (Friedmann 1992 citado em Kragh 2004, p. 124).

Friedmann usa o termo *criação* ao invés de termos mais neutros como *origem* ou *começo*. Contudo, não há indícios em sua obra para supor que ele associou a esse termo algum significado metafísico ou religioso. Ele chegou a estimar a idade do universo em

---

<sup>57</sup> Para mais detalhes sobre esse evento, ver Kragh 1996, p.26, Novello 2010.

dezenas de bilhões de anos, mas reconhecia que os dados experimentais disponíveis na época não eram adequados para se fazer uma estimativa precisa. Parece que considerava a idade do universo como uma mera curiosidade matemática e não uma possível realidade física (Kragh 2004, p. 125).

Em seus artigos Friedmann também discutiu as questões: “O universo é finito ou infinito? Vai existir para sempre?”, apontando as possibilidades de universos *fechados e finitos* ou *abertos e infinitos*. Porém ele mantinha sua postura cautelosa enfatizando que essa questão não poderia ser decidida apenas a partir das propriedades métricas do espaço. Seriam necessárias mais investigações teóricas e dados experimentais (Friedmann 2000, p. 110 citado em Kragh 2004, p. 126).

Já cosmólogos como Lemaître e Gamow parecem ter uma postura *realista*. Suas preocupações com a noção de um universo em expansão mostram que eles viam esses modelos como possibilidades de explicar *o nosso próprio universo* e não universos matematicamente possíveis.

Até a década de 1930, a falta de dados experimentais para embasar os modelos cosmológicos fazia com que a postura cautelosa de Friedmann fosse a mais comum na comunidade científica em geral. Com o desenvolvimento de novas teorias e técnicas observacionais, esta postura foi gradativamente se alterando.

Na década de 1950, os cosmólogos passaram a debater sobre os modelos cosmológicos numa postura realista. Na controvérsia entre a teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário o conceito de “criação” era um dos pontos centrais de discordância. Na teoria do Big Bang, em um certo instante há uma criação de todo o universo, incluindo o espaço e o tempo; enquanto na teoria do Estado Estacionário a criação de matéria ocorre constantemente, aos poucos, num espaço-tempo já existente (Harrison 1981, p. 110).

Gold e Bondi não tinham problemas em abandonar a conservação da energia numa escala cósmica. Eles criaram uma versão da teoria do Estado Estacionário dando maior ênfase aos argumentos filosóficos, como o Princípio Cosmológico Perfeito. Já Hoyle queria criar uma teoria compatível com a relatividade geral, mas isto era difícil, uma vez que o mecanismo de criação de matéria, a princípio, deveria violar a conservação da energia (Kragh 1996 p. 178). Ele fez uma nova versão da teoria, mais quantitativa que a de Bondi e Gold, que não violava as leis da conservação da matéria e da energia (Hoyle et al. 2001, p. 65), alterando as equações de Einstein da relatividade geral. Substitui o termo da constante cosmológica por um tensor de criação de matéria,  $C_{mn}$ . Ele preferiu usar o termo

“criação”, ao invés de termos mais neutros, como formação ou origem, pensando na criação de partículas e anti-partículas; um termo que já era amplamente utilizado por físicos quânticos e de partículas (Kragh 1996 p. 180).

Em 1953, atacando a teoria do Estado Estacionário, Dingle afirmou que a violação da conservação da energia pela criação de matéria contínua deveria ser rejeitada, porque para “evitar um único milagre” (a criação do tempo em um instante) era preciso admitir “uma série contínua de milagres”.

A noção da criação contínua de matéria da teoria do Estado Estacionário também foi criticada por vários outros filósofos, como o argentino Mario Bunge. Ele propôs que a criação de matéria violaria o chamado Princípio Genético, segundo o qual nada surge do nada, ou se transforma em nada. A violação desse princípio é algo tipicamente mágico ou teológico, mesmo que disfarçado pela matemática. Fritz Zwicky também criticou essa ideia, sugerindo ironicamente que uma teoria equivalente seria a de que todas as estrelas e galáxias foram criadas a partir do nada, exatamente como observamos agora (Kragh 1996, p. 227).

O filósofo estadunidense Adolf Grünbaum questionou a afirmação de Dingle, alegando que era dogmático ver a conservação da energia como “natural” e a criação de matéria como “milagre”. A teoria do Estado Estacionário podia ser considerada científica, pois não seria dependente de mais “milagres” do que a teoria do Big Bang, em especial no momento da singularidade inicial (Kragh 1996, p. 226).

Hoyle se incomodava com a necessidade de postular uma criação abrupta em um instante determinado. Comparando os conceitos de criação na teoria do Estado Estacionário e na teoria do Big Bang, Hoyle escreveu 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 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 hipótese que estava escondida nas teorias anteriores, que assumem, como eu disse anteriormente, que o universo inteiro foi criado em um Big Bang num certo instante no passado remoto. Em bases científicas essa suposição do “Big Bang” é a menos 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 boa 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 à observação (Hoyle 1950, p. 124, tradução livre, grifo nosso).

Hoyle considerava a ideia de que o universo tenha começado com uma “explosão” uma espécie de milagre primordial, sem sentido como teoria científica. Para ele seria “contra o espírito científico investigativo atribuir causas desconhecidas pela ciência a efeitos observáveis” (Kragh 1996, p. 179). No caso, os eventos observáveis da cosmologia não poderiam ser explicados cientificamente por uma “causa desconhecida”, como um universo que foi criado a partir do nada.

O astrofísico indiano Jayant Narlikar (1938-) discutiu o conceito de singularidade presente na teoria do Big Bang, quando o universo teria um volume nulo e densidade infinita, afirmando como Grünbaum que esta teoria também envolve violações das leis da natureza:

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 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 da energia e da matéria?(Narlikar 1981, p. 86).

Para o historiador estadunidense John North, “parece muito inocente desmerecer a teoria do Estado Estacionário porque ela violaria o inviolável Princípio da Conservação da Energia” (North 1965, p. 210). Ao invés de adotar a conservação da energia, Bondi e Gold decidiram adotar outro princípio de conservação, a conservação do estado atual do universo<sup>58</sup>.

Neste debate muitos autores utilizaram adjetivos como “não-científico” ou “milagroso” em tom pejorativo. De maneira geral, concordamos com a conclusão de Grünbaum e North, que indicam que se pode considerar as teorias do Estado Estacionário e do Big Bang como igualmente científicas. O adjetivo “milagroso” também pode ser utilizado para os dois tipos de criação, pois eles violam as leis da física como a conservação da energia e da quantidade de matéria.

Sintetizando este debate, podemos dividir os filósofos e cientistas engajados nessa discussão em dois grupos:

---

<sup>58</sup> É curioso notar que essa não era a primeira vez que se propunha violações da conservação da energia. No século XX, após a reinterpretação do conceito de energia dado pela teoria da relatividade, vários autores relacionados à física quântica questionaram a conservação da energia, como Bohr, Dirac, Jordan, Landau e Schrödinger. Porém na discussão de 1950 Hoyle, Bondi e Gold não mencionaram seus precursores (Kragh 1996, p.228).

Universo teve um começo	Universo sempre existiu
Lemaître, Gamow, Alpher, Herman: universos em expansão, que podem ser infinitos ou finitos, dependendo da densidade de matéria do universo	Einstein e De Sitter: universos estáticos.
Dingle, Bunge e Zwicky: atacaram a criação contínua de matéria na teoria do Estado Estacionário.	Hoyle, Bondi, Gold, Sciama e McCrea: universos estacionários.
	Eddington: universo em expansão.
	Hoyle e Narlikar: agumentam conta criação abrupta de matéria

**Tabela 4: Posturas sobre a criação na cosmologia**

#### **4.7 O desfecho da controvérsia**

Nesta seção vamos apresentar brevemente como os desenvolvimentos da astronomia observacional causaram o término da controvérsia entra a teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário.

No fim da década de 1950, após muitos debates, a teoria do Estado Estacionário era considerada como uma das principais teorias alternativas à teoria do Big Bang. Desenvolvimentos da astronomia observacional permitiram o rápido crescimento de dados para serem interpretados e utilizados nos testes das teorias cosmológicas, de forma que os argumentos filosóficos, estéticos e religiosos passaram a ter uma importância cada vez menor no âmbito das discussões científicas (Kragh 1996, p. 318).

##### ***Sucessos da teoria do Estado Estacionário***

Bondi era um popperiano e acreditava que a teoria do Estado Estacionário tinha valor especialmente porque era uma teoria bastante ousada, ou seja, uma teoria com grande potencial segundo o Falsificacionismo de Karl Popper (apresentado na seção 3.1.1). O Princípio Cosmológico Perfeito leva a uma serie de previsões que podem ser testadas empiricamente.

Uma série de argumentos observacionais foram utilizados contra a teoria do Estado Estacionário ou contra a teoria do Big Bang. A princípio, Hoyle, Bondi e Gold se saíram bem na defesa de sua teoria, como por exemplo no debate sobre *efeito Stebbins-Whitford*. Os astrônomos estadunidenses Joel Stebbins (1878-1966) e Albert Whitford (1905-2002) observaram galáxias elípticas que pareciam mais vermelhas do que o esperado a partir de suas medidas de redshift. Isso parecia indicar que as galáxias mais distantes seriam mais vermelhas, o que contraria o Princípio Cosmológico Perfeito. Segundo a teoria do Estado Estacionário, a distribuição de galáxias vermelhas deveria ser uniforme ou aleatória. A observação de galáxias mais distantes parecerem mais vermelhas poderia ser interpretado

como evolução temporal do universo: as galáxias mais distantes seriam mais vermelhas por conter mais gigantes vermelhas, que são estrelas velhas.

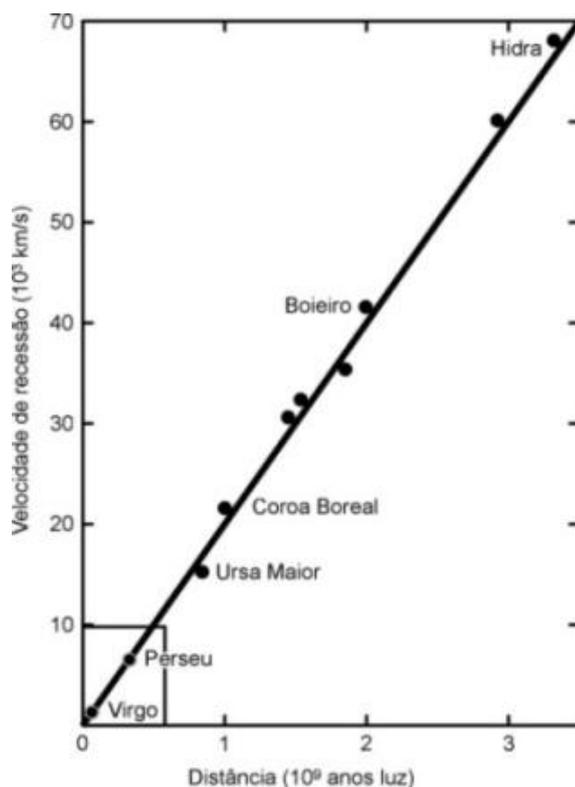
Em 1954, Bondi, Gold e Sciama escreveram um artigo criticando a interpretação dos dados do chamado efeito Stebbins-Whitford. Dois anos depois, o próprio Whitford assumiu que seus dados eram inconclusivos para a questão cosmológica e em pouco tempo esta questão foi esquecida e acabou-se concluindo que as medidas não eram confiáveis e essa evidência foi descartada (Kragh 1996, p. 278; Hoyle et al. 2001, p. 66). Sendo assim pode-se dizer que a teoria do Estado Estacionário teve certo sucesso ao se livrar desta possibilidade de refutação.

### *A resolução do problema da idade do universo*

Vimos na seção 4.4 que o chamado “problema da idade do universo” era um argumento contra a teoria do Big Bang, que era resolvido naturalmente pela teoria do trio de Cambridge. Hermann Bondi afirmou em 1952:

A importância do problema da escala de tempo do universo tem sido bastante enfatizada em muitas teorias. A dificuldade aparece porque o recíproco da constante de Hubble, deduzido a partir da relação velocidade-distância, é consideravelmente menor do que a idade da Terra, das estrelas e dos meteoritos, que foram determinadas por diversos métodos diferentes. Dada a importância crucial desta discrepância para tantas teorias, é provável que não existam outras investigações tão significativas para a cosmologia quanto a pesquisa sobre escalas de tempo. Uma determinação da constante de Hubble poderia provavelmente ser realizada, aumentando a precisão. Medidas da velocidade de recessão de nebulosas suficientemente distantes, para que sejam pouco influenciadas pelas velocidades aleatórias, seriam particularmente valiosas (Bondi 1952, p. 165).

Na figura abaixo, o canto inferior esquerdo contém as medidas realizadas por Hubble até 1929. Com o tempo, foram realizadas medidas de redshift de galáxias cada vez mais distantes, como Bondi havia previsto.



**Figura 13: Medições da constante de Hubble<sup>59</sup>**

Novas medidas mais precisas da relação entre a velocidade de recessão das galáxias e de suas distâncias permitiram novas estimativas para a constante de Hubble. Em 1952 Walter Baade, um astrônomo alemão, mostrou erros na calibração da curva período-luminosidade utilizada por Hubble para medir distâncias de estrelas variáveis. Com estas modificações, ele chegou a um valor cerca de 3.6 bilhões para o inverso da constante de Hubble. Como esse valor já era consideravelmente maior que o estimado anteriormente (cerca de 2 bilhões de anos), isto resolveu parcialmente o chamado problema da “idade do universo”. Quase todos os astrônomos perceberam que o valor da constante de Hubble ainda era incerto e que poderia ser bem menor que as medidas atuais (Kragh 1996, p. 274).

Este resultado não influenciou diretamente a confiança atribuída à teoria do Estado Estacionário, mas fez com que ela perdesse força porque eliminou um dos maiores problemas enfrentados pela teoria do Big Bang, uma vez que “o problema da idade do universo” era considerado um dos maiores desafios enfrentados pelas teorias que propunham que o universo teve um começo.

<sup>59</sup> A figura foi adaptada de Harrison 1981 p.207.

#### 4.7.1 A radiação cósmica de fundo

Em 1964, os físicos estadunidenses Arno Penzias (1933-) e Robert Wilson (1936-) encontraram um ruído de fundo desconhecido usando uma antena de rádio numa empresa de telecomunicações. Após várias tentativas sem sucesso de identificar sua fonte, notaram que o ruído persistia em todas as direções. Perceberam que se tratava de uma radiação na faixa de microondas, que correspondia a uma temperatura de aproximadamente 3 K.

Na mesma época, dois físicos teóricos que trabalhavam em Princeton, o estadunidense Robert Dicke (1916-1997) e o canadense James Peebles (1935-), estavam investigando um modelo de universo oscilante, do tipo que já havia sido proposto por Friedmann. Nestes processos de expansão e contração, os elementos químicos seriam criados e destruídos. Eles estimaram a temperatura da radiação de fundo desse universo primordial em cerca de 10 K. Em 1965, Dicke, Peebles e outros colaboradores trabalhavam nesse modelo e chegaram a construir um equipamento para detectar a radiação prevista. Quando Penzias percebeu que a radiação encontrada por acaso podia ser o que os físicos teóricos estavam procurando, ele procurou Dicke. Então, em julho de 1965, Penzias e Wilson publicaram um artigo no *Astrophysical Journal Letters* em colaboração com os físicos teóricos de Princeton, apresentando sua descoberta experimental e estimando uma temperatura de  $3.5 \pm 1$  K, sem mencionar as implicações sobre a cosmologia.

As interpretações cosmológicas desta descoberta foram feitas por Dicke e Peebles, considerando a radiação encontrada como um fóssil do universo primordial, que ficou conhecida como Radiação Cósmica de Fundo (RCF). Isso mostrava que nos estágios iniciais do universo, a temperatura e a densidade eram muito altas, como previa a teoria do Big Bang. Devido a esse trabalho, Penzias e Wilson receberam o Prêmio Nobel de Física em 1978<sup>60</sup>.

Na maioria dos livros sobre cosmologia afirma-se que esta foi uma grande comprovação experimental da teoria do Big Bang. Gamow e seus colaboradores já teriam previsto a temperatura desta radiação (cerca de 2.7 K) e a teoria do Estado Estacionário de Hoyle, Bondi e Gold seria incapaz de explicá-la. No entanto, houve várias previsões para a “temperatura do universo” desde o século XIX (Assis & Neves 1995, p. 83). (ver tabela 5). O físico suíço Charles Guillaume (1861-1938) e Eddington estimaram a temperatura média

---

<sup>60</sup> Para mais detalhes sobre a Radiação Cósmica de Fundo, ver (Kragh 1996, pp.349-350; Neves 2000 b, p.206; Waga 2005, p.165, Arthur 2009).

do espaço interestelar a partir de cálculos envolvendo a radiação eletromagnética emitida pelas estrelas, antes da década de 1930, quando os modelos de universo em expansão se consolidaram. Sendo assim, podemos dizer que seus modelos assumiam que o universo é estático e estacionário. Em 1933, o físico alemão Erich Regner (1881-1955) também estimou a temperatura do espaço interestelar a partir de estudos envolvendo raios cósmicos e encontrou o valor de 2.8 K, muito próximo do valor atual medido para a temperatura da RCF (Neves 2000a, p. 193).

O mesmo valor foi confirmado pelo seu compatriota, o já renomado físico, ganhador do premio Nobel de química em 1920, Walther Nernst (1864-1941), que desenvolveu um modelo de Estado Estacionário semelhante ao de Hoyle, Bondi e Gold, com criação de matéria, mas sem expansão. Este modelo envolvia uma explicação alternativa para os redshift das galáxias e foi desenvolvido pelos físicos Finlay-Freundlich, Max Born e Louis De Broglie.<sup>61</sup> Em 1954, Finlay-Freundlich estimou a temperatura do universo no intervalo entre 1,9 K e 6 K.

Em 1949, Gamow e seus colaboradores fizeram estimativas um pouco maiores para a temperatura do espaço, assumindo um modelo de universo em expansão. “A presente densidade de radiação, ( $10^{-32}$  g/cm<sup>3</sup>) 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 citado em Neves 2000 A, p. 191).

Alguns anos depois, Gamow fez uma nova estimativa de 50K para a temperatura do espaço interestelar, no seu livro *Creation of the universe*:

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  $T_{\text{presente}} \equiv 50\text{K}$ , 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 livre).

Após a descoberta da RCF o próprio Gamow, numa carta a Penzias, tentou convencê-lo de que ele e seus colaboradores já haviam previsto a temperatura da RCF correta. Ele escreveu que em 1952 teria estimado um “limite superior” de 50K. No entanto, em seu

---

<sup>61</sup> Os físicos brasileiros André Assis e Marcos Neves defendem que este modelo “quase nunca é considerado nos livros atuais sobre cosmologia, mas mostra ser o mais importante de todos eles” (Assis & Neves 1995, p.83).

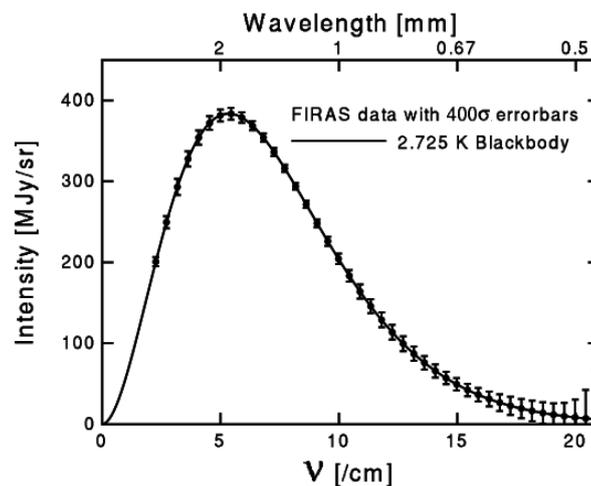
livro fica claro que esta estimativa não era um limite, mas a própria temperatura do espaço interestelar.

Ano	Universo Estático	Big Bang	Temperatura (K)
1896	Guillaume		5,6
1926	Eddington		3,2
1933	Regener		2,8
1937	Nernst		2,8
1949		Alpher & Hermann	>5
1952		Gamow	50
1954	Finlay-Freundlich		$1 < T < 6$

**Tabela 5: Previsões para a temperatura do universo<sup>62</sup>**

Analisando a tabela, vemos que até a década de 1960, as previsões das teorias de universos estacionários e estáticos eram mais próximas do valor experimental medido por Penzias e Wilson do que as previsões a partir da teoria do Big Bang. Sendo assim, dizer que Gamow já havia previsto a temperatura correta é uma reconstrução racional do processo histórico. Essa atitude é comum nos manuais didáticos que não levam em conta a complexidade do processo histórico (Assis & Neves 1995, p. 84).

Na década de 1990, com o satélite espacial COBE foi possível fazer medições muito precisas das flutuações de temperatura presentes na radiação cósmica de fundo.



**Figura 14: Espectro da radiação cósmica de fundo medida pelo satélite COBE.**

Em 1992 foram apresentados os artigos dos cosmólogos estadunidenses George Smoot (1945-) e John Mather (1946-) com as medidas e suas interpretações teóricas. Em 2003,

---

<sup>62</sup> A tabela foi retirada de (Neves 2000 a, p.194). Podemos hoje associar essas previsões à temperatura da radiação cósmica de fundo, porém estes autores fizeram medidas anteriores a sua descoberta, sem acreditar que essa medida pudesse ser confirmada experimentalmente

outro satélite, chamado WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), obteve medidas ainda mais precisas. Como os dados obtidos tinham grande concordância com as previsões da teoria do Big Bang, seus trabalhos foram vistos como um grande sucesso, tanto que Smoot e Mather ganharam o prêmio Nobel de 2006 (Arthury 2010).

Comentando seus trabalhos, Smoot lembrou que:

Fred Hoyle afirmou certa vez que a teoria do Big Bang era falha porque não podia explicar a formação primordial das galáxias. Os resultados do COBE provam que ele estava errado. A existência das dobras no tempo, como as vemos, nos mostra que a teoria do Big Bang, incorporando o efeito da gravidade, pode explicar não só a formação primitiva das galáxias, mas também a agregação, nesses 15 bilhões de anos, de estruturas massivas que sabemos estar presentes no universo de hoje, o que é um triunfo para a teoria e a observação (Smoot 1995, p. 310 citado em Arthury 2010, p. 75).

Concordando com Smoot, John Mather afirmou que o resultado das medidas do satélite espacial acabou com as dúvidas acerca da validade da teoria do Big Bang. Ao comentar os resultados dessa descoberta em jornais, alguns cientistas sugeriram dramaticamente que se estava vendo “a face de Deus”, ou o “Santo Graal da Cosmologia” (Hoyle et al. 2001, p. viii, Kanipe 1995, p. 112).

Atualmente a grande maioria da comunidade científica acredita que a partir da teoria do Big Bang se pode explicar não só a temperatura da radiação cósmica de fundo, mas também outras características observadas pelos satélites espaciais, como suas flutuações de temperatura. Contudo, ainda que as medidas da Radiação Cósmica de Fundo confirmem os valores previstos na teoria do modelo padrão, não podemos dizer que se trata de uma *prova experimental*. Há diversas teorias alternativas na cosmologia, com diferentes interpretações sobre a interpretação de evidências observacionais como os redshift das galáxias e a radiação cósmica de fundo.

#### **4.7.2 Afinal, o universo teve um começo ou sempre existiu?**

Outra possibilidade de testar a teoria do Estado Estacionário surgiu com o desenvolvimento da radioastronomia. Martin Ryle (1918-1984), radioastrônomo da universidade de Cambridge (a mesma de Hoyle, Bondi e Gold) completou em 1955 uma pesquisa de contagem de fontes de rádio, cujos resultados eram inconsistentes com a teoria do Estado Estacionário. Ryle encontrou mais galáxias de rádio a grandes distâncias da Terra, o que poderia mostrar que as galáxias de rádio evoluíam ao longo do tempo: haveria mais fontes intensas no passado do que atualmente. Isso contraria o Princípio Cosmológico Perfeito, já que na teoria do Estado Estacionário todas as propriedades em

grande escala do universo, incluindo a população de galáxias de rádio, deve ser constante no tempo<sup>63</sup> (Kragh 1996, pp. 306-316) .

Os autores da teoria do Estado Estacionário tentaram defendê-la questionando a validade das medidas e obtiveram certo sucesso até o começo da década de 1960, quando os radioastrônomos resolveram alguns problemas iniciais de suas medidas. Então, a maior parte da comunidade científica passou a concordar que a teoria de Hoyle, Bondi e Gold não era capaz de explicar estas medidas (Kragh 2004, p. 234).

A teoria do Estado Estacionário, que já havia sido seriamente desafiada pelas observações das fontes de rádio, tornou-se ainda mais marginalizada com a descoberta da radiação cósmica de fundo. Para piorar ainda mais a situação, em 1966 novos dados sobre redshift e quasares tornavam as explicações baseadas no Princípio Cosmológico Perfeito muito difíceis e artificiais. A explicação mais simples era a de que o universo no passado foi diferente do estado atual (Harrison 1981, p. 92; Martins, R. 1994, p. 163, Kragh 2004, p. 234).

Bondi e Gold acabaram perdendo o interesse pela cosmologia e passaram a estudar com sucesso outros campos da física e da astronomia. Já Hoyle alterou a teoria antiga, abandonando o chamado Princípio Cosmológico Perfeito (Kragh 1996, p. 359). Com dois novos parceiros, o físico inglês Geoffrey Burbidge (1925-) e o astrofísico indiano Jayant Narlikar, Hoyle criou uma nova versão da teoria do Estado Estacionário, conhecida como teoria do “Estado Quase Estacionário”. Segundo seus autores, essa nova teoria explicaria inclusive os dados das flutuações da RCF medidos pelo satélite COBE (Hoyle et al. 2001, p. 197). Contudo, esta teoria não recebeu muita atenção da comunidade científica; trata-se de uma teoria marginalizada<sup>64</sup> .

Há um número crescente de cientistas que acham que a teoria do Big Bang não é satisfatória, buscando modelos alternativos (Kanipe 1995, Hoyle et al 2001, Neves 2000, Videira & Ribeiro 2004, Novello 2006). Mesmo dentre os cientistas que aceitam a teoria do Big Bang, ainda há divergências sobre o que teria acontecido nos instantes iniciais do universo. Entre os defensores do Big Bang, há uma variedade de posições sobre o que teria acontecido nos instantes iniciais. O Big Bang pode não ter sido único, mas apenas um dos muitos estágios de contração de um universo oscilante, com vários “Big Bang” e “Big

---

<sup>63</sup> A interpretação destes dados não é muito simples e por isso foi omitida nesse texto. Para mais detalhes, ver (Kragh 1996, p.323-331).

<sup>64</sup> Para mais detalhes sobre a teoria do estado quase estacionário, ver Kanipe 1995, p.113 e Hoyle et al. 2001.

Crunch”. Pode-se preferir falar sobre o que aconteceu antes do Big Bang como “outro universo”, mas é também possível ver a situação como o mesmo universo passando por várias fases. É possível ver o Big Bang como o começo do tempo, mas esta não é única possibilidade (McMullin 1981, p. 39).

Afinal, o universo sempre existiu ou teve um começo no tempo? A maior parte da comunidade científica aceita a teoria do Big Bang, que propõe que o universo teve um começo há cerca de 13 bilhões de anos. Esta posição reforça a resposta dada pela maior parte das religiões, que propõe um universo criado no passado, com uma idade finita. Tanto que muitas vezes o modelo do Big Bang foi visto como dando suporte à visão de um universo criado, compatível com o cristianismo. Porém, não é possível dar uma resposta definitiva para esta pergunta, porque o conhecimento científico não é constituído de verdades absolutas. Sendo assim não se pode afirmar que a ideia de que o universo teve um começo foi provada, ou mesmo aceita de forma unânime na comunidade científica. Ainda há muitas dúvidas sobre o assunto, o que nos leva a uma pluralidade de teorias possíveis para explicar o surgimento do universo.

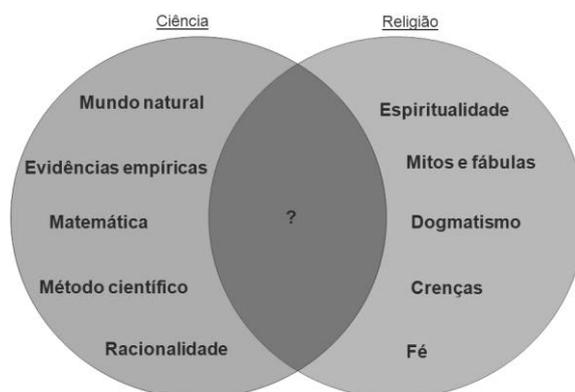
## 5 Relações entre ciência e religião

Há diversas pesquisas da área de ensino de ciências que abordam aspectos do antigo, e ainda presente, debate sobre relações entre ciência e religião (Cobern, 2000; Shipman et al., 2002; Sepúlveda e El-Hani, 2004; Hansson e Redfors, 2007; Forato et al., 2007; Reiss, 2009, entre outros). A reflexão sobre este tema pode ser benéfica para a formação de professores, não só pela possibilidade de dialogar com as crenças dos alunos e professores nas aulas, mas também para promover um maior entendimento da visão de mundo científica, de suas diferenças e semelhanças em relação a outros tipos de visão de mundo, além da possibilidade de refletir sobre a própria natureza da ciência.

Trata-se de um assunto que tem sido debatido há muito tempo, tanto no âmbito filosófico quanto no educacional. Apenas citando um exemplo antigo, em 1896 o historiador e educador estadunidense Andrew D. White (1832–1918) publicou o livro *A history of the warfare with science and theology in christendom* (1896), em que discute relações entre o cristianismo e a teologia e várias áreas da ciência, como a biologia, a astronomia, a geografia, a arqueologia, a física, a química, a economia, entre outras. Sua postura era típica da tradição positivista, mostrando como a ciência gradualmente se fortaleceu e venceu a “guerra contra as religiões” aproximando-se cada vez mais da verdade. Este antigo debate mudou bastante desde então, pois, como vimos no capítulo 3, as teorias epistemológicas mudaram muito ao longo do século XX. Atualmente, uma visão bastante comum a respeito das relações entre ciência e religião é a de que elas são distintas e independentes. As ciências estudam os fenômenos naturais, através da razão e da experimentação, enquanto as religiões lidam com o mundo espiritual e são baseadas em crenças e na fé. Muitos dos adeptos dessa visão não se interessam por discussões envolvendo ciência e religião, porque esta independência torna tudo simples (Goldfarb 2004). Existem assuntos “científicos” e assuntos “religiosos”. Não há incompatibilidade. Os conflitos históricos entre ciência e religião devem ser esquecidos, pois cientistas e religiosos devem ter respeito mútuo, evitando invadir a área de atuação alheia. Resumindo, valeria a sabedoria popular: “não se discute religião, futebol e política”.

A figura 15 ilustra essa posição que é bastante comum entre professores de ciências, especialmente os que não são religiosos. No círculo da esquerda estão listados adjetivos atribuídos à ciência enquanto no círculo da direita estão os atribuídos à religião. Nesta

postura, não se costuma pensar sobre os elementos comuns entre ambas, por isso a intersecção dos círculos contém apenas uma interrogação.



**Figura 15: Visão comum sobre a relação entre ciência e religião**

No entanto, essa separação não ocorre de forma tão simples nas salas de aula de ciências, principalmente quando os alunos têm concepções religiosas que entram em conflito com a visão de mundo científica (como, por exemplo, nas aulas sobre evolução biológica ou sobre a origem dos elementos químicos e do universo). Acreditamos que professores de ciência não devem evitar a discussão sobre relações entre ciência e religião em sala de aula, uma vez que ela pode ser muito rica para expor melhor as visões dos alunos sobre a ciência, permitindo-lhes perceber as diferenças entre o conhecimento científico e as outras formas de ver o mundo.

Muitas vezes, discussões como esta são evitadas, porque normalmente, ao final não há conclusões definitivas, “não se chega a lugar algum”. A ideia de que “cada um tem sua opinião a respeito” e que discussões não vão nunca alterá-las parece ser um obstáculo para o aprofundamento da reflexão sobre questões controversas.

Para evitar o desapontamento dos alunos, o professor pode encaminhar a discussão de modo a torná-la interessante, evitando que se chegue apressadamente a respostas definitivas. Os estudantes podem ser estimulados a refletir sobre a sua própria visão a respeito desta questão complexa, a partir de certos pontos de vista não necessariamente consensuais. Dessa forma seria possível incentivar a preocupação com evidências, fontes de confiabilidade, formas de validar argumentos e vontade de ouvir opiniões conflitantes. Assim, os estudantes estariam exercitando a razão, aprendendo a ser razoáveis (Matthews 1994, p. 8). Este tipo de atividade pode contribuir para o aumento de uma postura crítica dos alunos sobre assuntos controversos, sem que o professor precise defender

explicitamente uma determinada posição, nem tentar se impor contra as tradições culturais e religiosas de certos alunos (Venezuela 2008, p. 71).

Há um grande interesse dos estudantes e da população em geral a respeito de questões que envolvem visões de mundo. Muitos cientistas escreveram sobre suas convicções religiosas e têm biografias interessantes, que podem ser usadas como histórias sedutoras para os estudantes. Embora não haja consenso a respeito da compatibilidade entre a formação científica e a formação religiosa, há uma forte concordância de que o ensino, que pretende ser culturalmente benéfico, deva abordar a questão da interação histórica e contemporânea entre as ciências e as religiões (Matthews 1996).

Essa reflexão pode ser benéfica nas aulas de ciências por vários motivos. Dentre eles destacamos:

- um maior entendimento sobre a visão de mundo científica, de suas diferenças e semelhanças em relação a outras visões de mundo religiosas (incluindo aspectos sobre seus objetivos e métodos);
- o reconhecimento de que todo conhecimento parte de pressuposições;
- a possibilidade de refletir sobre os domínios e contextos de aplicação do conhecimento científico;
- a possibilidade de dialogar com as crenças dos alunos nas aulas.

Ao invés de temer esta situação como uma espécie de invasão nas aulas de ciências, é aconselhável vê-la como uma oportunidade para discutir como a razão opera em diferentes disciplinas e diferentes áreas da vida, até por que esta “invasão” é inevitável, mesmo que ocorra de forma velada (Reiss 2009; Cobern 2000, p. 241; Woolnough 1996, p. 181).

Neste capítulo vamos apresentar algumas discussões presentes na literatura de ensino de ciências sobre relações entre ciência, religião e ensino, com ênfase em artigos das edições especiais da revista *Science & Education* de 1996 e 2009. Queremos destacar o fato de que o interesse principal na discussão é como levá-la para as aulas de ciências, por isso tentamos não aprofundar excessivamente o estudo sobre os conceitos religiosos e filosóficos utilizados no debate.

Seguindo a ordem de apresentação dos artigos da edição especial da *Science & Education* de 1996, primeiramente vamos apresentar a tese da incompatibilidade entre ciência e religião e uma série de críticas a essa proposta. Em seguida, vamos apresentar algumas categorias de possíveis posições nesse debate, para finalmente discutir como lidar com essas questões nas aulas de ciências.

## 5.1 A tese da incompatibilidade entre ciência e religião

Em seu controverso artigo “Is religious education compatible with science education?” (1996), Martin Mahner e Mario Bunge, professores de filosofia da *McGill University*, em Montreal, Canadá, afirmam que existe uma série de diferenças entre ciência e religião. A partir destas diferenças, defendem que ciência e religião são incompatíveis. Todos os outros artigos da edição especial criticaram a tese Mahner e Bunge (Settle 1996, Lacey 1996, Turner 1996, Poole 1996, Woolnough 1996, Wren-Lewis 1996).

Mahner e Bunge (1996) estabeleceram uma série de diferenças entre as ciências e as religiões, fazendo a importante ressalva: não estão interessados em discutir concepções sofisticadas a respeito das religiões, que envolveriam estudos teológicos mais profundos. Seu interesse é a visão de religião das pessoas comuns, das práticas religiosas usuais<sup>65</sup>. Isso pode parecer injusto, já que seria uma comparação entre uma concepção erudita de ciência com uma concepção popular de religião. Porém a intenção aqui não é mostrar que a ciência é melhor ou pior que as religiões, mas buscar meios de conduzir esse conflito nas aulas de ciências, até porque a maior parte dos alunos de fato não tem concepções eruditas sobre as religiões.

Algumas das diferenças entre ciência e religião apontadas por Mahner e Bunge:

1. Os cientistas, pelo menos ao fazer ciências, adotam a ontologia naturalista. Já os religiosos acreditam na existência de entidades sobrenaturais, como Deus, alma, espírito, karma, etc.
2. Existe uma comunidade científica internacional, que busca fazer ciência independente de fronteiras, crenças, povos ou nações. O diálogo entre cientistas de diferentes áreas do conhecimento é bastante comum. Por outro lado, as comunidades religiosas são independentes e não costuma haver um diálogo construtivo entre membros de religiões diferentes, já que a maior parte de suas doutrinas é incompatível.

---

<sup>65</sup> Como apontado por Lacey (1996, p.143) boa parte das religiões não se enquadram nas generalizações feitas por Mahner e Bunge. Cita como um exemplo, a Teologia da Libertação, presente em muitos países da América Latina. Nessa seção nosso foco foi discutir as questões que poderiam ser aproveitadas no estudo dos episódios da história da cosmologia (que serão descritos no capítulo 5): ou seja, demos preferência para as relações entre o catolicismo romano e a cosmologia.

3. O conhecimento científico é confiável e durável, mas sujeito a mudanças. As teorias científicas são aceitas como verdade, até que outra teoria melhor esteja disponível. Já as verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis.
4. Em geral, não se admite uma pluralidade de interpretações para as explicações de fatos religiosos. O desacordo entre religiosos não é algo bem visto. Já na ciência, a competição entre teorias é valorizada e o desacordo entre cientistas é permitido e às vezes até estimulado.
5. As teorias científicas devem apresentar coerência interna, ser lógicas e testáveis. As religiões não fazem estas exigências, aceitam e defendem doutrinas inquestionáveis e são baseadas na fé.
6. O método científico é controverso. Porém pode-se dizer que a produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, que os experimentos não são a única via para o conhecimento e que as interpretações de observações são dependentes de teorias. Já os métodos religiosos envolvem práticas e rituais tais como a oração, a meditação e outras formas de ligação com entidades sobrenaturais. Há uma valorização da intuição e da revelação.

Mahner e Bunge apontam apenas uma *semelhança* entre ciência e religião: ambas buscam a verdade. Porém ressaltam que as verdades científicas são diferentes das religiosas.



**Figura 16: Diferenças e semelhanças entre ciência e religião segundo Mahner e Bunge**

A partir destas diferenças discutidas entre ciência e religião, Mahner e Bunge defendem a existência de incompatibilidades metafísicas, doutrinárias, metodológicas e atitudinais entre religião e ciência. Assim, afirmam que a educação religiosa,

principalmente para crianças, constitui um obstáculo para a formação de uma visão de mundo científica. Nas próximas seções, vamos analisar com mais detalhes estas diferenças apontadas por Mahner e Bunge.

## **5.2 As críticas à tese de Mahner e Bunge**

Nas próximas seções descreveremos alguns dos argumentos históricos e filosóficos utilizados contra Mahner e Bunge no debate de 1996, utilizando também contribuições de outros autores que discutiram este tema como (Lévy-Leblond 2001, Foucault 2002, Pessoa Jr. 2006, Fishman 2009, Gauch 2009 e Glennan 2009, El-Hani e Sepúlveda 2010, entre outros).

### **5.2.1 O naturalismo científico**

A argumentação de Mahner e Bunge pressupõe um conceito de ciência e um conceito de religião. No capítulo 3 vimos que para alguns autores, a ciência é uma atividade humana muito complexa, de forma que não se pode falar em uma natureza da ciência única. Um destes autores foi o filósofo estadunidense Stuart Glennan (2009) que, comentando este debate 13 anos após sua publicação, afirmou que muitos autores, desde Freud no início do século passado, até os contemporâneos como Mahner e Bunge, introduziram seus argumentos a respeito da incompatibilidade entre ciência e religião propondo uma caracterização própria da natureza da ciência e outra da natureza da religião. Para Glennan, este tipo de discussão é infrutífera, já que parte da noção falsa de que é possível definir este tipo de conceito. Ele acredita que só é possível abordar questões mais específicas, como relações entre certas pressuposições da ciência e certas práticas religiosas. Apesar de sua posição crítica sobre o uso do conceito de natureza da ciência no campo epistemológico, Glennan reconhece que a discussão é importante para o ensino (Glennan 2009, p. 798). Dessa maneira vemos as definições de “ciência” e “religião” criadas pelos autores engajados nessa discussão como tentativas de elaborar um consenso pragmático para o ensino, através da construção de um conceito complexo e dinâmico que ficou conhecido como “natureza da ciência” ou “natureza da religião”.

A primeira das diferenças apontadas por Mahner e Bunge entre ciência e religião foi que os cientistas, pelo menos ao fazer ciências, adotam a ontologia naturalista. Já os religiosos acreditam na existência de entidades sobrenaturais. Esta afirmação envolve uma das questões mais polêmicas, que foi amplamente discutida pelos autores das edições

especiais da *Science & Education* 1996 e 2009: que tipo de ontologia é pressuposta pela ciência?

Podemos dizer que a ciência estuda os conceitos naturais, evitando explicações baseadas em entidades sobrenaturais. As posturas metafísicas que usualmente são associadas à visão de mundo científica podem ser incluídas na classe geral do *naturalismo*<sup>66</sup> (Pessoa Jr. 2006, p. 42). Há pelo menos duas versões do naturalismo: o metodológico e o ontológico.

**Naturalismo metodológico** - Segundo esta visão, os cientistas, enquanto estão fazendo ciência, devem buscar explicações baseadas em entidades naturais. Isso não quer dizer que milagres ou eventos sobrenaturais não possam existir. A ciência não se preocupa com questões ontológicas, não tem a pretensão de conhecer a realidade em si. Para os naturalistas, a natureza apenas segue seu curso, que pode ser expresso pelas leis científicas. Se houver Deus, ele não interfere no curso da natureza, e, portanto não é assunto para a ciência.

**Naturalismo ontológico** – Os adeptos desta postura acreditam que pode haver explicação científica para todos os eventos, ou seja, tudo que ocorre no mundo é, em princípio, explicável cientificamente. Dessa maneira, não existiriam entidades sobrenaturais, como milagres e intervenções divinas na natureza.

**Materialismo** - O materialismo é um tipo de naturalismo ontológico, ainda mais restritivo sobre o que existe de fato: tudo o que existe são entidades materiais. Hoje em dia, prefere-se o termo “físicalismo”, já que as entidades fundamentais da física não incluem somente matéria, mas também energia, entropia, campos, etc. (Matthews 2009, p. 8).

Segundo esta visão, a matéria é desprovida de alma ou de uma racionalidade intrínseca. Mente ou alma são produtos da matéria e desaparecem com a morte do indivíduo. Não há espíritos ou forças que agem independentemente da matéria. O “problema da alma” é uma questão que ainda hoje está em aberto, pois não há uma teoria materialista para a existência de qualidades sensoriais subjetivas, como a “vermelhidão” que experienciamos ao ver um objeto vermelho (Pessoa 2006, p. 50).

---

<sup>66</sup> Muitas vezes há uma confusão entre realismo e naturalismo. O realismo é a tese de que o mundo existe independente da observação. Este mundo pode conter ou não entidades sobrenaturais, uma vez que o realismo é uma teoria epistemológica, que não exclui quaisquer teorias ontológicas. Já o naturalismo é uma tese ontológica ou metodológica, compatível com o realismo (Matthews 2009, p.8).

Uma questão que foi amplamente debatida por Mahner e Bunge e seus críticos foi: o naturalismo científico é uma convenção *metodológica* ou um requisito *ontológico* para a prática científica?

Mahner e Bunge apontam que a ciência deve pressupor o materialismo:

Quando afirmamos que a ciência pressupõe o materialismo, queremos dizer algo mais forte do que só dizer que a ciência envolve o materialismo, ou seja, queremos dizer que a ciência seria impossível se os cientistas levassem qualquer posição ontológica que não seja o materialismo a sério (Mahner & Bunge 1996 b, p. 190).

Em seu artigo, Mahner e Bunge usaram os termos naturalismo e materialismo como sinônimos. É possível classificá-los como adeptos do naturalismo ontológico, pois como o neurocientista estadunidense Yonatan Fishman, propõem que as visões ditas “sobrenaturais” podem ser testadas cientificamente e que nada deve ser excluído *a priori* do campo de investigação científica simplesmente por ser taxado de paranormal, sobrenatural ou religioso (Fishman 2009 p. 814, Mahner & Bunge 1996, p. 103).

Porém, eles reconhecem que essa escolha é possível, mas não é necessária. Mostram que um cientista também poderia defender apenas o materialismo *metodológico*:

Como não queremos ter qualquer conhecimento *a priori* a respeito do mundo e queremos mostrar que temos a mente aberta em relação à possibilidade de que o naturalismo possa ser insuficiente, no final das contas, nós propusemos que o materialismo deva ser ao menos adotado metodologicamente. (Mahner & Bunge 1996 b, p. 191).

Tanto o naturalismo ontológico quanto o materialismo são rejeitados pelos autores religiosos, pois se reconhece que estas posturas são incompatíveis com a grande maioria das religiões conhecidas (Mahner & Bunge 1996 b, p. 189). O sacerdote anglicano Tom Settle (1996), que também é professor de filosofia na Universidade de Guelph, no Canadá, acusou Mahner e Bunge de confundirem a visão de mundo científica com a sua interpretação materialista.

Michael Poole, pesquisador da School of Education do King’s College de Londres, não concorda com a proposta de que a ciência possa, em princípio, investigar qualquer assunto. Ele define ciência como o estudo da *natureza*, então não faria sentido utilizar a ciência para estudar fenômenos não naturais. Como um cristão interessado em ciências, Poole rejeita o naturalismo ontológico e propõe que ciência e religião podem ser compatíveis (Poole 1996, p. 170). Ele fez uma crítica à posição de Mahner e Bunge a partir de uma posição cristã, propondo que a ciência deveria ser ensinada como uma atividade valiosa e fascinante, praticada por pessoas que podem cometer erros. Da mesma maneira,

o ensino religioso pode ser capaz de “expandir os horizontes” dos alunos, dando-lhes opções de vida e permitindo que façam escolhas bem fundadas.

Curiosamente esse “argumento democrático” amplamente utilizado no ensino atualmente, que visa preparar o estudante para a cidadania e a realização de escolhas, é um tanto vago, de forma que pode ser usado tanto para estimular o ensino de ciências (McComas et al. 1998, Gil Pérez et al. 2001), quanto o ensino de artes e sobre religiões (Poole 1996), acupuntura, astrologia, ou qualquer outra atividade humana.

Brian Woolnough, professor e pesquisador do departamento de Educação da Universidade de Oxford, afirmou que Mahner e Bunge parecem perceber o mundo através de uma visão única, restringindo a visão de mundo científica à visão materialista (Woolnough 1996, p. 178). Para ele, isso elimina a possibilidade de diferentes tipos de conhecimento e nega a riqueza da experiência humana, que envolve religião, arte, estética, literatura, amor, música, entre outras. Ele afirma que a ciência e a religião, assim como a estética, a literatura, a matemática, são formas diferentes de ver o mundo, cada uma com seu critério de verdade. Não faz sentido perguntar se um poema é verdadeiro ou falso, no sentido da lógica formal. Assim como não há a necessidade de mencionar Deus nas equações de Newton, não é necessário mencionar as equações de Newton na Bíblia (Woolnough 1996, p. 180).

Em sua réplica, concordam com a proposta de Woolnough, adicionando que nem a arte, nem a música, nem a literatura fazem proposições factuais a respeito do mundo (Mahner e Bunge 1996 b, p. 193). Dessa maneira, não faz sentido discutir a compatibilidade entre ciência e arte. Não é necessário nenhum conhecimento científico para fazer ou apreciar a arte, mas *em princípio e se for necessário*, é possível que mesmo a criatividade artística seja investigada cientificamente.

Woolnough defende um mundo multidimensional, que permite muitas interpretações e formas de conhecimento. Para cada uma delas, há um critério interno de verdade e validação, adequado para cada contexto. Portanto, segundo o autor, a questão da compatibilidade ou incompatibilidade da religião e da ciência reside no problema de saber em que contexto e para quais perguntas devem ser utilizados cada um destes sistemas de conhecimento (Woolnough 1996, p. 179).

Mesmo reconhecendo que a religião influencia fortemente os contornos da visão de mundo em desenvolvimento na criança, Woolnough considera ser possível para uma pessoa religiosa formar uma visão de mundo que, embora não possa ser considerada

científica em todos os seus aspectos, seja compatível com a ciência (Woolnough 1996, p. 175). Essa proposta também foi adotada no Brasil por Sepúlveda e El-Hani (2004), que analisaram as relações entre ciência e religião na visão de alunos protestantes de um curso de ciências biológicas; e também por John Wren-Lewis (1996) e Hugh Lacey (1996).

John Wren-Lewis (1996), um matemático, que após a aposentadoria tornou-se filósofo da ciência trabalhando na School of Studies in Religion da Universidade de Sydney, sugeriu que numa sociedade multicultural representantes das posições religiosas, espirituais e não espirituais devam poder apresentar e defender suas posições num fórum aberto, como poderia ser a sala de aula. Já Hugh Lacey (1996), um filósofo da ciência australiano, professor do Swarthmore College e pesquisador visitante da Universidade de São Paulo, que prefere ver a relação entre ciência e religião permeada por “tensões construtivas”, propõe a possibilidade de um diálogo construtivo entre esses dois sistemas de conhecimento. Ele também defende a compatibilidade entre formação religiosa e científica, advertindo, contudo, que as crenças religiosas não devem interferir no ensino de ciências, resguardando-se a consistência dos dois discursos.

O filósofo estadunidense Hugh Gauch (2009) afirma que Mahner e Bunge assumiram que a ciência deve pressupor o materialismo sem apresentar evidências a respeito dessa ideia. Eles teriam partido desse pressuposto altamente controverso sugerindo que a partir de seus argumentos seria possível *concluir* que a ciência seria impossível sem o naturalismo. Para Gauch, isso não é aceitável, pois a conclusão de Mahner e Bunge (a ciência seria impossível sem o materialismo) seria essencialmente igual à tese defendida (a ciência deve pressupor o materialismo), mas com outras palavras. Logicamente não se pode concluir o que é pressuposto.

Na próxima seção vamos tentar explicar melhor o argumento de Gauch, discutindo o papel das pressuposições na ciência.

### **5.2.2 As pressuposições na ciência**

Hugh Gauch discutiu o papel das pressuposições na ciência e sua influência nos debates sobre ciências e visões de mundo. Ele mostrou que existem alguns sentidos possíveis para a palavra pressuposição (Gauch 2009, p. 689):

- definição pragmática, ou informal: uma crença não questionada, que aparece implícita no discurso e não é defendida.

- definição semântica: uma crença que é uma condição necessária para que outra proposição seja verdadeira ou falsa. Um exemplo de pressuposição semântica: para se dizer que o universo está em expansão, é preciso pressupor que o universo existe.

Um tipo especial de pressuposição semântica é o das pressuposições absolutas, que são necessárias para a coerência de todo um sistema de pensamento, de forma que não podem ser questionadas. As negações de pressuposições absolutas são absurdas. Exemplo de pressuposição absoluta: a comunidade científica deve pressupor que os seres humanos possam se comunicar entre si.

Há uma diferença importante entre pressuposições e conclusões. Em ciência, não se pode concluir algo que já foi pressuposto. Exemplo: não se pode *comprovar* em laboratório a Lei de Ohm, se para realizar as medidas de resistência foi usado um multímetro que foi calibrado tendo como base a própria Lei de Ohm. Como existem resistências “ôhmicas” e “não-ôhmicas”, concordamos com Gama e Zanetic (2009b, p. 9) quando afirmam que o enunciado de Ohm pode ser entendido como uma *definição* de resistência elétrica. Por isso, não é uma conclusão lógica considerar a Lei de Ohm verdadeira quando se verifica que a relação entre a diferença de potencial aplicada a um resistor e a corrente elétrica medida é linear.

Segundo Gauch, exatamente por não fazer nenhum tipo de pressuposição a respeito de questões envolvendo visões de mundo, a ciência pode chegar a certas conclusões que dão suporte a uma determinada visão de mundo (Gauch 2009, p. 692).

Outro exemplo: se o realismo for visto como uma pressuposição da ciência, então não seria possível concluir cientificamente a *existência* de qualquer entidade. Logo, não é possível refutar cientificamente qualquer forma de antirrealismo, se o realismo for aceito como pressuposição.

Da mesma maneira, a questão de como o universo se tornou como é, justamente por não ser pressuposta, pode ser investigada cientificamente e constitui o campo de estudo da cosmologia. Os resultados científicos da cosmologia são bastante relevantes para a constituição da chamada visão de mundo científica.

Já a possibilidade de que o mundo seja explicável de maneira ordenada é uma pressuposição absoluta na terminologia de Gauch. Sem esta pressuposição, o conhecimento científico seria impossível.

Willian Cobern e Cathleen Loving (2001) apontam algumas pressuposições metafísicas mínimas, presentes na visão de mundo científica:

1. A possibilidade de conhecimento da natureza;
2. A existência de ordem na natureza;
3. A causalidade nos fenômenos naturais.

Os realistas podem acreditar que o conhecimento científico corresponde à realidade natural, que a natureza seja intrinsecamente ordenada e que os eventos naturais sejam causados por entidades reais. Já os instrumentalistas<sup>67</sup> vêem a ciência como descrições dos fenômenos observados. A ordem e a causalidade poderiam ser frutos da descrição humana, não correspondendo necessariamente à realidade (Cobern & Loving 2001).

Dessa forma, para o instrumentalista, a ciência não precisa pressupor uma causalidade ontológica. O universo não precisa ter ordenação nenhuma, basta que as descrições científicas sejam ordenadas.

### **5.2.3 Relações entre crença científica e fé**

Vimos que Mahner e Bunge afirmaram que as teorias científicas devem ser lógicas e testáveis. As religiões não fariam estas exigências, aceitando doutrinas inquestionáveis e baseadas apenas na fé. No entanto, a própria definição de fé não é unânime:

O filósofo estadunidense Stuart Glennan (2009) discute três sentidos normalmente atribuídos para a palavra *fé*:

1. Crença embasada por poucas evidências;
2. Crença baseada na submissão à autoridade (por exemplo, autoridades eclesiásticas ou livros sagrados);
3. Expressão de uma preocupação importante, relacionada às questões essencialmente subjetivas, como “Como devemos tratar as pessoas?”, “Em que devemos nos esforçar?” ou “Como devemos nos sentir em relação à morte?” (Tillich citado em Glennan 2009, p. 801).

O primeiro destes sentidos, semelhante à noção de “pressuposição pragmática” apontada por Gauch, é claramente incompatível com a noção de que a ciência necessita de evidências e do raciocínio lógico para atingir conclusões seguras. Sendo assim, Glennan concordaria com a tese de Mahner e Bunge, se ele estivesse utilizando a palavra “fé” com este primeiro significado.

---

<sup>67</sup> O que Cobern e Loving chamam de “instrumentalismo”, é semelhante ao que denominamos “fanomenalismo”, tendo como base o artigo de Osvaldo Pessoa Jr. (2009).

O segundo sentido atribuído a “fé” por Glennan é um pouco mais complexo. A obediência inquestionável à autoridade é contrária ao espírito científico, que exige o questionamento da confiança nas autoridades em maior ou menor grau. Que grau de independência intelectual é possível? O que e quanto se deve saber sobre um assunto? Como ensinar e em que tipo de autoridade confiar? Na prática, os cientistas também obedecem sem questionar a certas autoridades. Se “fé” for usada com este sentido, Glennan não concordaria com a tese de Mahner e Bunge.

Já o terceiro sentido para a palavra “fé” está mais relacionado a questões envolvendo valores e sentidos essencialmente subjetivos, que não podem ser avaliados por critérios exclusivamente científicos. Sendo assim, este tipo de fé é completamente compatível com a atividade científica. Os cientistas têm muitas respostas diferentes para a questão do sentido da existência e não se pode comparar essas respostas, testando sua validade como se faz com as teorias científicas.

Dessa forma, vemos que a associação direta entre fé e irracionalidade, assim como entre conhecimento e racionalidade não é a única possível. Existem certos tipos de crenças que não são necessariamente irracionais, nem incompatíveis com a visão de mundo científica. Dada a variedade de sentidos que podem ser atribuídos aos termos *crença, fé, opinião, conhecimento e dogma*, é difícil estabelecer uma demarcação rígida entre estes conceitos.

#### **5.2.4 O dogmatismo**

Mahner e Bunge afirmaram que o conhecimento científico é confiável e durável, mas sujeito a mudanças. As teorias científicas são aceitas como verdade, até que outra teoria melhor esteja disponível. Já as verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis. Sendo assim, o dogmatismo seria uma característica negativa, mais presente em religiosos do que em cientistas. Para estes autores, o grau de incompatibilidade doutrinária entre religião e ciência varia de acordo com o grau de interpretação literal das doutrinas religiosas. No caso dos cristãos fundamentalistas, como todos os que defendem a interpretação literal das escrituras sagradas, há um conflito inevitável com a teoria da evolução biológica. Já os religiosos liberais, admitem que a ciência tenha autoridade para lidar com questões terrenas, o que diminui o grau de incompatibilidade (Mahner & Bunge 1996).

A relação entre o tipo de religiosidade e a aceitação de teorias científicas também foi estudada por El-Hani e Sepúlveda (2010, p. 120), através de entrevistas com futuros

professores de biologia protestantes. Assim, eles consideram que seja importante investigar a relação entre a educação religiosa, principalmente dada às crianças jovens, e as dificuldades enfrentadas pelos estudantes religiosos nas aulas de ciências.

O dogmatismo é normalmente visto como uma atitude contrária ao espírito científico. O historiador Roberto de Andrade Martins, por exemplo, refere-se ao dogmatismo da seguinte maneira:

Apesar de existirem muitas opiniões, há apenas uma correta, que é a seguinte: [...] as pessoas que adotam essa posição consideram imbecis todos que discordam de suas posições (Martins, R. 1999, p. 9).

Um cientista deveria estar aberto para conhecer propostas teóricas e experimentais contrárias aos modelos bem estabelecidos e defender a livre discussão de ideias. Sendo assim o dogmatismo, entendido como a defesa de ideias fixas e inquestionáveis, é incompatível com a postura científica, uma vez que, em se tratando de ciência, nada é, por definição, inquestionável (Videira & Ribeiro 2004, p. 522). Porém, há graus diferentes de dogmatismo. Karl Popper foi um defensor de um dogmatismo moderado no âmbito das discussões epistemológicas:

Sempre sublinhei a necessidade de um certo dogmatismo – o cientista dogmático tem um papel importante a desempenhar. Se nos entregarmos à crítica muito facilmente, jamais descobriremos onde está a verdadeira força de nossas teorias (Popper citado em Chalmers 1994, p. 30).

Segundo essa perspectiva, um certo grau de dogmatismo ou conservadorismo é saudável e necessário para as ciências. Sem isso, não seria possível construir um corpo científico conceitual e experimental, pois haveria mudanças constantes nos conceitos fundamentais.

A ortodoxia pode desempenhar o papel salutar de preservar o conhecimento científico obtido em bases seguras até que novas teorias provem ter suficiente consistência lógica interna e passem pelos testes experimentais, sendo então validadas (Videira & Ribeiro 2004, p. 522).

Thomas Kuhn também defendeu esta ideia, afirmando que os preconceitos e a resistência dos cientistas a ideias novas, o que denominou “dogmatismo de uma ciência madura”, que teria uma função importante para a vitalidade e continuidade da pesquisa científica. “Normalmente o cientista é um resolvidor de quebra-cabeças, como um jogador de xadrez, e o comprometimento induzido por sua educação é o que lhe mostra as regras do jogo vigentes em sua época.” (Kuhn 1963, p. 349). As regras do paradigma atual seriam assim transmitidas ao cientista ao longo de sua educação.

Um dos conceitos mais importantes da obra de Kuhn é o de *ciência normal*, em que a comunidade científica adere a um certo *paradigma*. Para Kuhn, o termo paradigma, utilizado em um sentido geral, se refere ao conjunto de definições, conceitos, leis, modelos, teorias, instrumentos e valores que orientam o trabalho dos cientistas, ditando quais são os procedimentos adequados e quais problemas devem ser investigados. Assim, a educação dos cientistas deveria prepará-los para assumir as teorias dominantes e utilizar a linguagem típica da comunidade, numa iniciação relativamente dogmática à tradição estabelecida. A forma mais comum de se fazer isso seria através dos manuais, que contém exercícios *exemplares*. Para Kuhn, *exemplares* são as soluções de problemas encontrados nos laboratórios, nos exames, no final dos capítulos ou dos manuais científicos e publicações periódicas, que ensinam, através de exemplos, os estudantes durante sua educação científica (Kuhn 1963, Zylberstajn 1998).

Em seu artigo “O Dogmatismo Científico de Tradição Materialista” (Pessoa Jr. 2006), o físico e filósofo brasileiro Osvaldo Pessoa Jr. propõe uma nova forma de ver o *dogmatismo*, evitando a carga negativa atribuída ao termo. Ele afirma que a visão de mundo científica, assim como a religiosa, tem aspectos dogmáticos. Essa atitude “dogmática” facilita a discussão sobre a ciência e outras formas de ver o mundo na sala de aula, uma vez que de posse desse “dogma científicista”, várias questões tornam-se claras. O dogmático de tradição materialista deve admitir que sua visão de mundo inclui crenças que são semelhantes à fé religiosa, mas que são subordinadas às evidências observacionais. Essa admissão permite que não se aceite, por exemplo, a existência de vida após a morte, a ressurreição, ou a existência de quaisquer entidades sobrenaturais, porque isso não poderia ser explicado a partir de evidências das observações, pelo menos atualmente.

Essa posição na sala de aula facilitaria a discussão sobre outras formas de ver o mundo, uma vez que evita a distinção da tradição positivista entre uma ciência racional contra a pseudociência e crenças irracionais (Cobern 2000). O diálogo entre professores e alunos em sala de aula pode ser conduzido sem o objetivo de converter os estudantes, mas sim de expor a visão de mundo científica.

No entanto, há ainda uma grande diferença entre o dogmatismo científico e o dogmatismo religioso fundamentalista: o cientista deve mudar de opinião caso surjam evidências que contrariem seus dogmas. (Pessoa Jr. 2006, p. 55). Ou seja, não podemos aceitar um “dogmatismo científico fundamentalista”.

Quando se instaura na comunidade científica um ambiente de grande ortodoxia e conservadorismo, corre-se o risco de que os questionamentos das ideias estabelecidas nunca sejam levados a sério e que toda tentativa de mudança ou inovação seja rejeitada de maneira não crítica, podendo até gerar uma postura agressiva dos cientistas renomados a todos os proponentes das ideias novas (Videira & Ribeiro 2004, p. 522).

Acreditamos que no ensino de ciência é prudente evitar um dogmatismo radical que impede que os alunos desenvolvam um espírito crítico, defendendo a postura de que qualquer assunto é discutível e pode ser problematizado. Porém, parece sensato manter algumas ressalvas para não dar espaço ao ceticismo e relativismo radicais, conforme discutimos na seção 3.2.

Fazendo um uso não pejorativo da palavra *dogmatismo*, podemos dizer que o naturalismo ontológico pode ser visto como uma postura mais dogmática que o naturalismo metodológico (Matthews 2009, p. 8), por postular a não existência de entidades sobrenaturais sem ter evidências conclusivas a respeito disso. Dessa maneira podemos dizer que o grau de incompatibilidade doutrinária entre religião e ciência não depende apenas do grau de interpretação literal das doutrinas religiosas (como defenderam Mahner e Bunge), mas também do grau de dogmatismo científico.

### **5.2.5 As religiões são invenções humanas?**

Mahner e Bunge propuseram que apenas as explicações científicas (por exemplo, históricas, filosóficas, antropológicas, biológicas e sociológicas) a respeito das religiões devem ser ensinadas em escolas públicas, pois estes estudos científicos a respeito das religiões teriam demonstrado que elas não passam de invenções humanas<sup>68</sup>. A ideia defendida por Mahner e Bunge de que as religiões são *apenas* construções humanas, ou seja, uma visão não realista sobre as teses religiosas, é completamente inaceitável para os estudiosos das religiões.

Contudo, vale ressaltar que o tom pejorativo atribuído ao termo “invenção” não é necessário. Invenções, idealizações e a construção de modelos idealizados também estão presentes na prática científica. Lévy-Leblond, em seu artigo “Science’s fiction” (2001),

---

<sup>68</sup>Um dos muitos autores que defenderam esta ideia foi Sigmund Freud (1856-1939). Em uma palestra no fim de sua vida, em 1932, ele descreveu a visão de mundo religiosa como uma construção intelectual confortável, mas que seria uma ilusão. Afirmou que a visão de mundo religiosa deveria ser substituída pela visão de mundo científica, que incluiria sua teoria psicanalítica (Glennan 2009, p.798).

defende a ideia de que a ciência consiste de ficções a respeito do mundo natural. As teorias começam com enunciados que são como contos de fadas para crianças: “Imagine um mundo sem ar, plano e que a Terra não se move” (Lévy-Leblond 2001, p. 573). Nas teorias físicas, é essencial fazer simplificações. Muitos fenômenos são complexos demais para serem explicados detalhadamente. O cientista tem que escolher quais são os aspectos mais relevantes do fenômeno, desprezando aspectos muito complexos ou desnecessários. Na mecânica clássica, por exemplo, a massa e a velocidade de um corpo são grandezas essenciais, enquanto que a cor e a textura do corpo são desprezadas. Os conceitos de ponto material, conservação da energia mecânica, movimento sem atrito e resistência do ar, corpos perfeitamente rígidos, referenciais inerciais, entre muitos outros, são exemplos de idealizações presentes nas teorias físicas (Kneller 1980, p. 131). A ciência também faz uso de entidades matemáticas imaginárias, como a geometria euclidiana, que para Lévy-Leblond não existem no mundo real.<sup>69</sup> Mesmo a ciência contemporânea é repleta de elementos imaginativos, como os *Gedankenexperiment* tão utilizados por Einstein. E o que seriam os aparatos experimentais, senão aparelhos que permitem imaginar e produzir fenômenos artificiais? Assim, Lévy-Leblond propõe que a ciência é como a poesia “uma mentira que diz a verdade” (Lévy-Leblond 2001, p. 573).

Vemos assim que tanto a ciência quanto a religião podem ser vistas como criações humanas, atividades culturais influenciadas pelas características de seus criadores e que isto não é algo que as desmerece necessariamente.

### **5.2.6 A história das relações entre ciência e religião**

Nas seções anteriores discutimos uma série de argumentos filosóficos envolvidos no debate entre Mahner e Bunge e seus críticos. Agora, vamos apresentar, superficialmente, alguns argumentos mais relacionados à história da ciência.

A divulgação de episódios como o julgamento de Galileu pela inquisição fez com que atualmente seja comum a idéia de que ao longo da história houve apenas tensões e conflitos entre ciência e religião. Autores de tradição positivista reforçaram essa tese, como Andrew White (1896), que escreveu o livro *Guerra entre a ciência e a teologia no*

---

<sup>69</sup>Esta postura anti-realista com relação às entidades matemáticas não é a única possível. Existem autores que acreditam que as entidades matemáticas não são meramente frutos da nossa imaginação e que tem uma existência independente de observadores. Esta postura pode ser caracterizada como realismo matemático (Omnès 1996, p.133).

*cristianismo*. Algumas das teses desse livro foram defendidas por Mahner e Bunge, tais como:

Depois de terem perdido uma batalha após outra contra o progresso científico (White 1986), muitos religiosos tornaram-se “liberais”. Ou seja, pararam de lutar contra a ciência e adquiriram a competência desta para lidar com a maior parte dos assuntos mundanos (Mahner & Bunge 1996, p. 108, tradução livre);

Portanto, a ciência tem algo a dizer sobre a religião: que seus mitos estão na mesma categoria epistemológica das fábulas de Esopo e Disney. [...] Em outras palavras, enquanto a religião pode se dar ao luxo de ignorar a ciência, a ciência conhece e explica a religião. Dessa forma não é surpreendente que ao longo da história a religião tenha se adaptado à ciência, e não o contrário (ver novamente, White 1896). (Mahner & Bunge 1996, p. 110, tradução livre);

Alguns dos críticos de Mahner e Bunge, como Poole(1996, p. 170), Turner (1996, p. 156), e Woolnough (1996, p. 176) argumentaram que essa obra de White seria um exemplo de distorção da história, típico da tradição positivista que enaltecia a ciência e desvalorizava a religião; ou um bom exemplo de como não se escrever a respeito da história da ciência. Citam exemplos de obras de outros historiadores do século XX cujas obras seriam mais confiáveis, pois escreveram sobre relações entre ciência e religião mostrando que ao longo da história não houve apenas conflitos, mas também diálogos construtivos. Um caso exemplar é o de Isaac Newton. Os estudos sobre a história das ciências nos últimos 50 anos mostraram que Newton não só criou importantes teorias científicas, mas também foi influenciado pelo pensamento teológico e por correntes herméticas, como a alquimia e a cabala. Newton se dedicou ao estudo da teologia, buscou demonstrar a existência de Deus e sua constante atuação no mundo (Forato 2006, Goldfarb 2004).

Outro exemplo de diálogo construtivo entre ciência e religião foi desenvolvido por Harold Turner (1996), teólogo e professor em Auckland, Nova Zelândia. Ele escreveu sobre a história das ciências e da religião na Grécia e em Israel, na Antiguidade; afirmando que a ascensão do Cristianismo foi essencial para o desenvolvimento da ciência. Argumenta assim que ao invés de um impedimento, a religião tenha sido a “salvação da ciência”, porque ao longo da história teria havido uma série de trocas construtivas entre o pensamento teológico e o científico.

Após analisar este episódio da Antiguidade com maior detalhe, Turner afirma que estudos históricos a respeito de vários outros cientistas corrobora a tese de que as origens da ciência moderna não foram marcadas por um rompimento entre a visão científica e a visão religiosa, mas sim pelo diálogo. A crença em um mundo compreensível e ordenado

por Deus encorajou muitos cientistas a se empenhar nos estudos científicos ao longo da história.

Turner não só estende indevidamente seu argumento da Antiguidade aos dias atuais, mas também faz no fim de seu artigo uma série de ataques pouco cuidadosos e com falta de argumentos a autores como Lévi-Strauss, Kuhn e Feyerabend:

Invertendo a posição dos autores, ainda mais, escapar de sua tese abre caminho para a cooperação entre ciência e teologia que está surgindo, em que seus modos de pensamentos comuns oferecem uma troca frutífera de imagens, conceitos e paradigmas. E, mais adiante, elas vão precisarão cada vez mais permanecer juntas para resistir à ameaça da tendência epistemológica construtivista do presente século [no caso, o século XX]. Estas ameaças incluem desenvolvimentos aparentemente desconexos, como a subordinação marxista da ciência à ideologia (que provocou Michael Polanyi na epistemologia), o relativismo cultural de Lévi-Strauss em *O Pensamento Selvagem*, o relativismo, pelo menos do mais antigo e mais influente, Thomas Kuhn, o próximo passo natural de Feyerabend, e a redução da corrente pós-moderna da ciência para uma construção cultural desprovido de relação com a verdade ea realidade "lá fora" (Turner 1996, p. 163).

Em sua réplica, Mahner e Bunge reconhecem que negligenciaram a história das relações entre ciência e religião (já que se basearam no livro de White, o que provocou críticas exaltadas de Turner e Poole), mas apontam que seu artigo estava interessado em discutir a filosofia da ciência moderna. Acusam Turner de ter cometido uma “falácia genética” por concluir que, como a ciência moderna surgiu de uma mistura de filosofia, ciência, religião, magia e pré-ciência que dominava o pensamento ocidental, então a religião deve ser compatível com a ciência, podendo inclusive ser a sua “salvação”. Seria o mesmo dizer que a alquimia é a “salvação” da química ou que a astrologia é a “salvação” da astronomia. A menos que se queira, pelo mesmo motivo, ensinar magia, alquimia ou astrologia nas escolas, não faz sentido querer ensinar religião porque ela foi importante para a construção do conhecimento científico no passado (Mahner & Bunge 1996 b, p. 199).

Concordamos com a resposta de Mahner e Bunge, acreditando que o fato de que ciência e religião tenham travado diálogos enriquecedores no passado não pode ser utilizado como garantia de que no presente ou no futuro esses diálogos continuem ocorrendo ou sendo necessários. No século XX, questões éticas e polêmicas continuaram gerando tensões religiosos e cientistas, como a questão da legalização do aborto, da permissão de pesquisas com célula tronco e os debates entre criacionistas e evolucionistas.

Tanto Mahner e Bunge quanto os seus críticos, concordam que a existência de cientistas religiosos não pode ser usada como argumento a favor da compatibilidade entre

ciência e religião. Esta tese pode apenas mostrar que *na prática* ciência e religião seriam compatíveis, o que não significa que não sejam incompatíveis *em princípio* (Poole 1996, p. 172).

Podemos dizer que no contexto de descoberta há mais liberdade para a prática científica. Os cientistas podem sofrer influência fatos usualmente considerados “não-científicos”, como suas crenças religiosas. Contudo, no contexto de justificativa, a comunidade científica seria mais seletiva e buscaria minimizar a influência destas crenças religiosas.

Mahner e Bunge argumentaram que, atualmente, os cientistas religiosos não são coerentes e que “a consistência do sistema total de crenças de uma pessoa é difícil de ser alcançada, em particular em meio a uma sociedade na qual a religião organizada confere um poder político e cultural formidável”. Também afirmaram que não estavam preocupados com as crenças pessoais dos cientistas, suas inspirações ou biografias, porque elas seriam metodologicamente e ontologicamente irrelevantes. Aham que é importante citar que nenhum dos conceitos religiosos abordados por cientistas no passado sobreviveu nas teorias científicas. Não há, por exemplo, nada sobre Deus nas equações de Newton (Mahner & Bunge 1996).

No entanto Poole e Woolnough acusam Mahner e Bunge de terem cometido a mesma “falácia genética” em relação às religiões, ao defenderem a tese de que a ciência não só é uma construção humana, mas que seus mitos estão na mesma categoria das fábulas de Esopo e que isso foi mostrado por estudos científicos. Argumentam que a explicação história da *gênese* das religiões não implica necessariamente na negação do *conteúdo* da crença.

Woolnough (1996, p. 177) afirma que explicações “descritivas” e explicações “que dão razão” são diferentes. Assim, um cientista forense poderia explicar a causa da morte de um corpo, mas não tem nada a dizer sobre o motivo do assassinato. Um biólogo poderia descrever como a vida humana evoluiu, mas não é um especialista para comentar o sentido da vida. Da mesma maneira, a ciência pode estudar sobre as artes, a beleza, o amor, a literatura. Mas as explicações científicas não tiram o valor destas atividades. Um bioquímico, que estuda as reações químicas relacionadas ao amor que ocorrem no corpo humano, não será incoerente se ficar apaixonado.

Dessa forma, para Woolnough o fato de que quase todas as sociedades tenham criado religiões diferentes poderia ser explicado descritivamente em termos históricos,

sociológicos, psicológicos, mas isso não invalidaria as religiões. Assim, ele considera que uma explicação causal mais interessante seria a de que todos os humanos têm um lado espiritual e que essa necessidade só poderia ser satisfeita pelas religiões, portando as pessoas seriam incompletas sem a religião.

Esta última conclusão de Woolnough certamente incomoda a todos os ateus, ou até mesmo aos indivíduos que preferem cultivar sua espiritualidade de uma maneira própria, sem precisar de qualquer religião para se sentirem completos. Além disso, o próprio Woolnough lembrou que ao comparar as teses religiosas a contos de fada, Mahner e Bunge estariam deixando de considerar uma questão muito importante: as teses religiosas se referem a eventos que realmente ocorreram, ou são falsas?

Se quase todas as sociedades criaram religiões diferentes, podemos concluir logicamente que nenhuma delas pode se considerar como “a verdadeira religião” sem impor a condição que todas as outras são falsas. Além disso, ainda que concordemos que em certos contextos ciência e religião possam ser compatíveis (por exemplo, nos exemplos dados por Woolnough em que os objetivos das explicações são diferentes); não se pode negar que há conflitos inevitáveis entre certas teses científicas e certas crenças religiosas e que a existência de cientistas religiosos não pode ser considerada um argumento a favor da compatibilidade entre ciência e religião.

### **5.3 Diferenças e semelhanças entre ciência e religião**

Após estudar os vários pontos de vista confrontados sobre a compatibilidade entre ciência e religião, insinua-se uma impressão de falta de progresso. Afinal, várias visões foram veiculadas, mas não houve grandes mudanças de posição após o debate. Mahner e Bunge continuaram defendendo a incompatibilidade entre ciência e religião e seus críticos provavelmente não foram convencidos por sua réplica. Aparentemente, não houve nenhuma conclusão. Contudo, acreditamos que os argumentos utilizados nesse processo podem nos ensinar muitas coisas importantes sobre a natureza da ciência, como mostraremos a seguir.

Após analisar todas as críticas feitas à tese da incompatibilidade entre ciência e religião defendida por Mahner e Bunge, apresentamos uma nova lista<sup>70</sup> levando em conta os aspectos envolvidos no debate.

---

<sup>70</sup> A lista foi feita a partir das semelhanças e diferenças estabelecidas por Mahner e Bunge, apresentadas na seção 4.1, levando em conta as críticas discutidas ao longo da seção 4.2.

1. Os cientistas, sejam religiosos ou não, adotam o naturalismo metodológico em sua prática. Se não forem religiosos, eles podem ou não adotar o naturalismo ontológico.

O naturalismo é consistente com pelo menos cinco posições a respeito de Deus:

a) ateísmo: Deus não existe;

b) agnosticismo: a questão da existência de Deus não pode ser resolvida e por isso suspendemos nosso juízo sobre esta questão;

c) panteísmo: Deus se identifica com a natureza e não é nada além disso;

d) deísmo: Deus criou a natureza, com suas leis, mas não interfere no curso da natureza; assim, não ocorrem milagres;

e) “naturalista animista”: não existe um Deus personificado, mas existe uma espécie de “força” que guia a natureza e dá sentido às nossas vidas (Pessoa Jr. 2006, p. 43).

2. Existe uma comunidade científica internacional, que *busca* fazer ciência independente de fronteiras, crenças, povos ou nações. O diálogo entre cientistas de diferentes áreas do conhecimento é bastante comum. Porém na prática nem sempre isso acontece e a atividade científica sofre influência de interesses particulares.

Normalmente, as comunidades religiosas são independentes e não é comum haver um diálogo construtivo entre membros de religiões diferentes, já que a maior parte de suas doutrinas é incompatível. Porém existem muitos exemplos de discussões amistosas entre estudiosos de religiões diferentes, particularmente no âmbito da teologia.

3. O conhecimento científico é confiável e durável, mas sujeito a mudanças. As teorias científicas são aceitas como verdade, até que outra teoria melhor esteja disponível.

Algumas das verdades religiosas são consideradas absolutas e inquestionáveis, por isso muitas delas são incompatíveis com uma postura considerada adequada para um cientista. Porém há também crenças religiosas menos dogmáticas, que costumam ser mais compatíveis com a prática científica. Da mesma forma, quando as “crenças científicas” são menos dogmáticas, há maior espaço para a compatibilidade entre ciência e religião.

4. Em geral, não se admite uma pluralidade de interpretações para as explicações de fatos religiosos. O desacordo entre religiosos normalmente não é algo bem visto. Já na ciência, a competição entre teorias é estimulada e o desacordo entre cientistas é permitido e, às vezes, até estimulado. Contudo, na prática, muitas vezes a atividade científica é dominada por ambientes de alta ortodoxia e conservadorismo, marcados por um alto grau de dogmatismo. Além disso, o dogmatismo científico não é necessariamente negativo.

5. As teorias científicas devem apresentar coerência interna, serem lógicas e testáveis. As religiões nem sempre fazem estas exigências, as vezes aceitam e defendem doutrinas incoerentes, que não questionáveis, sendo baseadas apenas na fé.

A coerência lógica também pode ser buscada pela teologia, mas tem maior valor na ciência. Os cientistas costumam buscar contradições internas em seus trabalhos e a comunidade científica valoriza bastante os responsáveis por achar falhas graves em teorias existentes. Dessa forma, um cientista pode sacrificar completamente uma teoria incoerente, ao contrário da teologia (Omnès 1996, p. 256).

O método científico é controverso. Porém pode-se dizer que a produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, que os experimentos não são a única via para o conhecimento e que as interpretações de observações são dependentes de teorias. Já os métodos religiosos envolvem práticas e rituais tais como a oração, a meditação e outras formas de ligação com entidades sobrenaturais. Há uma valorização da intuição e da revelação.

Os defensores da distinção entre o contexto da justificativa e o contexto da descoberta argumentam que no contexto da descoberta os cientistas também podem valorizar a intuição, a revelação e serem influenciados por fatores usualmente tidos como não-científicos, como suas crenças religiosas.



**Figura 17: Novo diagrama construído a partir das críticas à tese de Mahner e Bunge**

No diagrama acima criamos uma sistematização destas idéias, ilustrando semelhanças e diferenças entre ciência e religião. O ateísmo, cientificismo, materialismo e naturalismo ontológico são posturas científicas incompatíveis com as crenças religiosas, sendo portanto colocados na área do diagrama relativa à posturas exclusivamente científicas. Porém não são posturas necessárias para a atividade científica.

O naturalismo metodológico é uma postura essencial para se fazer ciência, e é compatível com boa parte das crenças religiosas. Por isso está presente na região central do diagrama, que contém características compatíveis entre ciência e religião. Já o fundamentalismo religioso em geral, como a crença na interpretação literal da Bíblia como fonte de conhecimento sobre o mundo natural, a crença em um Deus personificado que interfere arbitrariamente nas leis naturais, realizando milagres; ou a fé com o sentido de crenças não questionadas, são características de certas religiões que são incompatíveis com a prática científica.

Dentre as semelhanças entre ciência e religião, está o fato de que ambas são atividades ou criações humanas, que são baseadas em pressuposições, como a existência de uma ordem no mundo. Além disso, o dogmatismo e o respeito pela autoridade estão presentes, em maior ou menor grau, tanto nas comunidades religiosas quanto nas científicas.

#### **5.4 Categorias de posturas sobre relações entre ciência e religião**

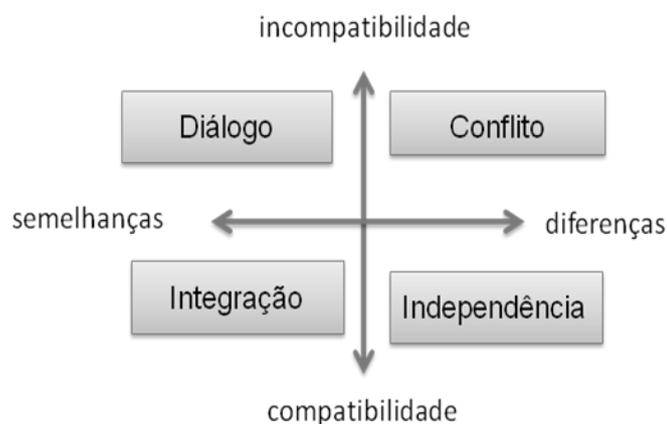
Alguns pesquisadores sistematizaram categorias de posicionamentos sobre relações entre ciência e religião. Neste texto partimos das quatro categorias criadas por Ian Barbour (1990): conflito, integração, independência e diálogo para classificar as posições presentes na controvérsia cosmológica da década de 1950. Estas categorias também foram utilizadas e adaptadas<sup>71</sup> por outros autores, como Shipman et al. (2002), Sepúlveda e El-Hani (2004), Kragh (2004) e Reiss (2009). Categorias semelhantes foram propostas por autores tratando das relações entre o conhecimento científico e o conhecimento cotidiano (Garcia 1998 apud Mattos 2010, pp. 145-146) ou entre outros tipos de conflito cultural (Lopes 1999 apud El-Hani & Mortimer 2007, p. 668).

Definimos dois critérios para diferenciar estas categorias, que formam os eixos do esquema abaixo, criado por nós:

- A ênfase sobre semelhanças ou diferenças entre ciência e religião;
- A postura em relação à necessidade (ou não) de conflito entre teorias científicas e teses religiosas.

---

<sup>71</sup>Há pequenas diferenças entre as categorias apresentadas por estes autores. Shipman et al. (2002) criticaram severamente a postura do conflito e mostraram certa preferência pela postura chamada de “convergente”, enquanto Sepúlveda e El-Hani (2004) parecem ter agrupado as posturas de *independência* e *diálogo* na mesma categoria.



**Figura 18: Categorias de posturas sobre relações entre ciência e religião**

O esquema acima ilustra as quatro categorias, que ocupam quadrantes diferentes formados pelos eixos da compatibilidade ou incompatibilidade e da ênfase em semelhanças ou diferenças entre ciência e religião. Vale ressaltar que não são categorias completamente excludentes, mas sim tendências gerais, sendo perfeitamente possível que um indivíduo apresente elementos das quatro categorias em sua postura.

Queremos enfatizar o fato de que o interesse principal na discussão é como levá-la para as aulas de ciências; por isso tentamos não aprofundar excessivamente o estudo sobre os conceitos religiosos e filosóficos utilizados no debate.

#### ***A postura do conflito entre ciência e religião***

Conforme exposto na seção 5.1, a postura de Mahner e Bunge (1996) exemplifica a categoria do conflito entre ciência e religião. Ela é caracterizada pela *ênfase nas diferenças* entre ciência e religião e pela proposta de que a educação religiosa é *incompatível e conflitante* com a educação científica.

Como algumas religiões também fazem afirmações sobre a natureza, existem certos conflitos inevitáveis entre alguns conceitos religiosos e científicos. Um exemplo é a tese cristã de que Deus criou o mundo há 6000 anos, que é incompatível com os resultados obtidos pelas ciências a respeito da idade dos fósseis (da ordem de milhões de anos, segundo estudos biológicos e geológicos), da origem da vida, da Terra e demais planetas do Sistema Solar (eventos que ocorreram há alguns bilhões de anos, segundo estudos biológicos e astronômicos) e finalmente sobre a idade do universo (que é de cerca de 13,7 bilhões de anos, de acordo com o modelo padrão da cosmologia).

Outra diferença fundamental entre ciência e religião são as teses a respeito das origens e funções sociais da religião. Alguns estudos das ciências humanas tratam as religiões

como meras criações humanas, o que é incompatível com a visão realista das religiões, defendida por religiosos e teólogos.

Esta visão de conflito entre ciência e religião é bastante discutida em diversos livros de divulgação científica que ficaram muito conhecidos, como *Deus: uma ilusão* (Dawkins, 2006), *A ideia perigosa de Darwin: a Evolução e os Sentidos da Vida* (Dennett, 1995), *O mundo assombrado pelos demônios* (Sagan, 1985).

Algumas das obras que se enquadram na postura do conflito podem ser ofensivas para muitos alunos religiosos, porém têm a vantagem de gerar debates acalorados que podem criar oportunidades de aprendizado<sup>72</sup>. Alguns exemplos:

### ***A postura da integração entre ciência e religião***

Outra postura possível é a chamada integração. Nesta categoria as *semelhanças* entre ciência e religião são enfatizadas e o *conflito é evitado*. Esta postura é comum entre cientistas religiosos<sup>73</sup>, que buscam por um sentido no universo, integrando aspectos científicos e religiosos. Também é o caso da teologia natural, que consiste na busca por mostrar a existência de Deus a partir do estudo da natureza, ao invés de partir da revelação ou experiências religiosas (Reiss 2009, p. 785).

Os adeptos desta postura consideram que seria possível criar um campo interdisciplinar reunindo teologia e ciência, considerado o único capaz de fornecer uma visão integrada da realidade. Consideram que religião e ciência se apresentam suficientemente semelhantes em seus aspectos epistemológicos para que possam relacionar-se de forma interdisciplinar na busca do conhecimento (Bielfeld, 1999; Murphy, 1999; Russel, 2001 citados em Sepúlveda & El-Hani, 2004, p. 142).

Conforme discutiremos adiante, essa categoria pode se confundir com a postura do diálogo. Nesta pesquisa, consideramos que o fato de *evitar* conflitos é a característica principal da postura de integração.

---

<sup>72</sup> Edward Current: [Um ateu encontra Deus](http://www.youtube.com/watch?v=wJ2xW7ftxcY) (<http://www.youtube.com/watch?v=wJ2xW7ftxcY>) ; [A ilusão ateuísta](http://www.youtube.com/watch?v=HuBk-xrOhgY) (<http://www.youtube.com/watch?v=HuBk-xrOhgY>); Richard Dawkins: [Inimigos da razão](http://www.youtube.com/watch?v=YblNEKaIA5Q) (<http://www.youtube.com/watch?v=YblNEKaIA5Q>); [O vírus da fé](http://www.youtube.com/watch?v=YblNEKaIA5Q) (<http://www.youtube.com/watch?v=YblNEKaIA5Q>); Notícia (em inglês): “[Sumérios ficam confusos quando Deus decidiu criar o Universo](http://www.theonion.com/articles/sumerians-look-on-in-confusion-as-god-creates-world,2879/)” (<http://www.theonion.com/articles/sumerians-look-on-in-confusion-as-god-creates-world,2879/>).

<sup>73</sup> Um dos muitos cientistas que adotou essa postura foi Newton. Para conhecer uma proposta de discussão da natureza da ciência e das influências de suas crenças religiosas sobre suas obras, ver Forato (2006), Forato et al (2007).

### *A postura da independência entre ciência e religião*

Esta postura enfatiza *as diferenças* entre ciência e religião, de forma que a educação religiosa e a educação científica são vistas como independentes e complementares, já que respondem a distintas questões e necessidades humanas, sendo utilizadas em diferentes contextos. Assim, não há necessidade de investigar a compatibilidade entre ciência e religião, *nem pode haver conflito entre ambas*, pois seriam incomensuráveis<sup>74</sup>.

José Goldfarb descreve essa visão de independência entre ciência e religião como a opinião mais comum na atualidade:

Interessa o diálogo entre ciência e religião? Para muitos a questão é simples e nem requer muita reflexão: ciência lida com o mundo objetivo, utiliza a razão e a experimentação; religião lida com o mundo espiritual, utiliza a fé e a ritualística. Ponto final. Distintas formas de ação do ser humano com características próprias e independentes. As fronteiras são claras, não há em verdade a necessidade de disputas, pois os domínios da ciência e da religião não se encontram nem se desencontram: simplesmente não se comunicam (Goldfarb, 2004).

Segundo essa visão, o mundo pode ser visto ou com lentes científicas, ou com lentes religiosas. Cada uma tem um domínio definido, de forma que não há necessidade de conflito. Conforme Galileu teria dito “A Bíblia te ensina como ir para o Céu e as ciências ensinam como vai o céu”<sup>75</sup> (Galileu citado em Shipman et al., 2002, p. 531).

Muitos dos adeptos dessa visão de independência entre ciência e religião têm pouca motivação para aprender sobre relações entre ambas. Esta falta de engajamento nas discussões é uma postura que merece ser problematizada na formação inicial de professores.

Porém, nem todos os defensores da independência são desinteressados pelo debate. Um exemplo é o biólogo Stephen J. Gould, que enfatiza diferenças entre ciência e religião, afirmando que os métodos, a função da linguagem, a natureza das perguntas feitas pela ciência e pela religião são distintos. Ciência e religião seriam “magistérios não interferentes” (non overlapping majesteria, NOMA). O magistério da ciência seria o mundo empírico, dos fatos e teorias. Já o magistério da religião envolveria questões de significado definitivo e valor moral (Gould 2002).

---

<sup>74</sup> O conceito de incomensurabilidade entre teorias foi bastante discutido por T. Kuhn e P.Feyerabend. Teorias incomensuráveis teriam princípios fundamentais tão diferentes, que nem mesmo seria possível a comparação lógica entre ambas (Chalmers 1993, p.177).

<sup>75</sup> Em inglês “The Bible teaches you how to go to Heaven, and science teaches you how the heavens go”.

### *A postura do diálogo entre ciência e religião*

Na categoria do diálogo, admite-se a integridade e independência relativa entre ciência e religião, mas há ênfase em certas semelhanças. Propõe-se que diálogos enriquecedores tanto para as ciências quanto para as religiões podem ser travados entre estes dois domínios do conhecimento humano (Kragh, 2004, p. 79). Sendo assim, o conflito não é evitado, pois o diálogo permite que ocorram tensões construtivas.

A diferença entre as categorias do diálogo e da independência é sutil, tanto que alguns autores, como Sepúlveda e El-Hani (2004), as agrupam na mesma categoria:

A concepção de que educação religiosa e educação científica são independentes e complementares, dado que ciência e religião respondem a distintas necessidades humanas (Woolnough, 1996; Lacey, 1996; Gould, 2002a). Desta perspectiva, entende-se que não há possibilidade de conflito epistêmico real entre religião e ciência, dada a sua incomensurabilidade, bem como considera-se que a síntese entre estas duas formas de conhecimento conduz a distorções de ambas e à construção de estruturas de conhecimento fundadas sobre alicerces inconsistentes (Woolnough, 1996; Lacey, 1996; El-Hani & Bizzo, 1999, 2002). Propõe-se, contudo, que diálogos enriquecedores tanto para as ciências quanto para as religiões podem ser travados entre estes dois domínios do conhecimento humano (Sepúlveda e El-Hani 2004, p. 142).

Em nossa proposta, buscamos manter os nomes das quatro categorias propostas por Barbour (1990), para distinguir os indivíduos mais interessados em discutir relações e semelhanças entre ciência e religião (diálogo), dos indivíduos que consideram ciência e religião tão diferentes, que não faria sentido compará-las ou mesmo considerar relevante a existência de teses religiosas ao se fazer ciência (independência).

Também pode haver sobreposição entre as características atribuídas ao diálogo e à integração. Consideramos que um fator importante para diferenciá-las é a forma de lidar com os conflitos: enquanto na postura da integração os conflitos entre ciência e religião são amenizados ou minimizados, na categoria de diálogo a sua existência é reconhecida e eles são enfrentados abertamente.

Barbour (1990) apresenta um dos exemplos da postura do diálogo no fato de as teorias da astronomia e cosmologia nos levarem a questionar como as condições iniciais do universo permitiram a existência de vida na forma em que a conhecemos hoje: o chamado Princípio Antrópico, que é uma questão investigada tanto por cientistas e filósofos, quanto por teólogos e estudiosos da religião. Sendo assim, a postura de diálogo não considera que os fatos científicos tenham que necessariamente fornecer evidências para corroborar as teses religiosas, apenas há o interesse de relacionar os resultados científicos com as questões religiosas (Reiss 2009, p. 785).

Esta postura parece ser defendida pela maioria dos autores que criticaram o artigo de Mahner e Bunge na edição especial da *Science & Education* sobre ciência e religião (Settle, 1996; Lacey, 1996; Turner, 1996; Poole, 1996; Woolnough, 1996; Wren-Lewis, 1996). Estes autores não discordam de Mahner & Bunge (1996) no que diz respeito à existência de certas incompatibilidades metafísicas e metodológicas entre ciência e religião, mas consideram que não é possível dizer que o ensino religioso seja sempre um obstáculo para o aprendizado de conhecimentos científicos (Sepúlveda e El-Hani 2004).

O diálogo também é mais próximo do “contexto da coexistência” defendido por El-Hani e Mortimer, que caracterizam três diferentes contextos de argumentação na forma de lidar com diferenças culturais:

1. O contexto de **conflito**, que requer diálogos e confrontos em busca de possíveis soluções.
2. O contexto de **consenso**, que é a utopia de superar os conflitos sem confrontação, que termina por demarcar diferenças e abortar o diálogo que poderia levar a alguma solução.
3. O contexto da **coexistência**, em que os diálogos podem ser conduzidos de forma a valorizar o confronto de argumentos na busca de possíveis soluções, num esforço de conviver com as diferenças e promover o entendimento dos conceitos científicos (El-Hani & Mortimer 2007, p. 668).

## 5.5 As relações entre ciência e religião nas aulas de ciências

Após apresentar as principais posições no debate sobre relações entre ciência e religião, vamos descrever brevemente algumas experiências de atividades propostas para discutir esta questão em aulas de ciências.

Os pesquisadores suecos Lenna Hansson e Andréas Redfors pesquisaram as visões de estudantes de ensino médio na Suécia sobre a origem e desenvolvimento do universo (2006), sobre a compatibilidade entre ciência e religião (2007a), sobre as pressuposições necessárias da física (2007b). Identificaram a presença de concepções científicas em muitos estudantes, que concordaram com afirmações como “tudo tem ou deve ter uma explicação científica”, “coisas que não podem ser provadas ou explicadas cientificamente não existem”. Seguindo a tradição do ensino de ciência como cultura (Cobern 1996), estes autores suecos consideram que o cientificismo deve ser combatido pelo ensino de ciências.

Concordamos com sua proposta, já que as crenças científicas podem ser especialmente prejudiciais aos professores de ciências, principalmente se eles forem responsáveis por conduzir discussões a respeito das ciências e outras visões de mundo em sala de aula. Além disso, as abordagens que valorizam apenas o confronto entre ciência e

religião podem ter efeitos bastante negativos sobre os estudantes religiosos. Mahner e Bunge argumentam que, ao formar sua visão de mundo, a pessoa tem que optar entre a perspectiva científica e a religiosa. Esta proposição é bastante problemática no ensino de ciências, já que, caso o professor tente persuadir o aluno a escolher entre ciência e religião, os alunos religiosos provavelmente abandonarão qualquer tentativa de compreender os conceitos científicos (Shipman et al. 2002).

Loving e Foster (2000) realizaram uma atividade em um curso de formação de professores, que envolveu a leitura do artigo de (Mahner & Bunge 1996). Após a leitura, os professores escreveram um primeiro artigo, onde expunham sua posição inicial a respeito de relações entre ciência e religião. Então, houve debates baseados nos outros artigos do mesmo volume da revista *Science & Education*, (Settle 1996, Lacey 1996, Turner 1996, Poole 1996, Woolnough 1996, Wren-Lewis 1996). Após a leitura dos artigos os professores escreveram uma nova redação, posicionando-se nesse debate e discutiram suas redações na sala de aula.

A atividade de Loving e Foster foi avaliada tendo em vista três critérios principais, relacionados com as dimensões descritas na seção 3.2.1:

- A dimensão ontológica: o que são as coisas do mundo? Nesse caso foi avaliado o bom entendimento da natureza única da ciência e da religião, dos conceitos sobre a ciência e sobre a religião, assim como as relações entre elas.

- A dimensão epistemológica: como conhecemos o mundo? Então foi avaliada a qualidade da argumentação para sustentar a posição defendida, valorizando a clareza da exposição.

- A dimensão axiológica: que valor tem as coisas do mundo? Avaliou-se o quanto a posição dos estudantes alcançou um nível de conforto, flexibilidade e aplicabilidade, o que envolve a articulação com fatores sociais e afetivos durante a discussão.

A análise das redações dos professores mostrou que muitos tiveram reações emocionais, ficaram irritados ou pessoalmente ofendidos após a leitura do artigo de Mahner e Bunge. Os professores se deixaram levar pelas emoções e fizeram objeções ingênuas ao artigo, baseadas apenas em sua própria experiência sem maiores reflexões (Loving & Foster 2000).

Vemos assim que a estratégia de *conflito* utilizada por Mahner e Bunge não foi eficaz para promover a reflexão em muitos dos alunos do curso. Por outro lado, a estratégia

radicalmente oposta, a da *integração*, também não nos parece interessante para o ensino de ciências.

El-Hani e Sepúlveda (2010, pp. 108-112) investigaram as concepções de alunos protestantes de um curso de licenciatura em biologia sobre o conceito de “natureza” e encontraram duas posturas principais sobre as relações entre ciência e religião: alunos com visões de mundo compatíveis com ciência e os que rejeitavam deliberadamente o conhecimento científico. Perceberam que os estudantes do primeiro grupo adotavam posturas religiosas mais liberais, realizando sínteses pessoais entre a teoria da evolução e o criacionismo bíblico. Já os estudantes do segundo grupo tinham maior grau de fundamentalismo religioso, interpretando literalmente certas passagens da Bíblia para justificar sua rejeição completa à teoria da evolução.

Sendo assim nos parece importante reconhecer a existência de certos conflitos entre teorias científicas e teses religiosas, principalmente quando se trata de teorias bem consolidadas, aceitas pela grande maioria da comunidade científica. Assim, seria importante evitar que a síntese pessoal realizadas pelos alunos entre a ciência e suas crenças leve a distorções graves de ambas.

Reconhecendo a complexidade das discussões sobre relações entre ciência e religião, que tem atravessado vários séculos de debates e continua aberta, nos parece que assim como não é sensato defender uma única “visão adequada da natureza da ciência”, também não seria possível encontrar a “melhor forma” de ver as relações entre ciência e religião. Podemos pelo menos afirmar, baseados nos estudos teóricos e nos resultados das pesquisas empíricas apresentadas neste capítulo, que tanto a postura do *conflito* quanto a da *integração* entre ciência e religião, quando levadas de forma radical para o ensino, podem acarretar mais problemas do que soluções. De maneira geral esboçamos uma preferência pelas posturas da *independência* e do *diálogo* nas aulas de ciências, priorizando a busca do engajamento na discussão. Como veremos, essa foi a postura defendida implicitamente durante as aulas ministradas sobre história da cosmologia, que serão discutidas no capítulo 7.

## 6 Cosmologia e religião

Neste capítulo, baseando-se nos estudos realizados sobre história da cosmologia (capítulo 4) e sobre relações entre ciência e religião (capítulo 5), discutimos sobre a influência de questões religiosas sobre as controvérsias cosmológicas das décadas de 1950 a 1960. Apresentamos alguns posicionamentos típicos de autores que escreveram sobre relações entre ciência e religião (seção 5.4), exemplificando-as com os discursos de três personagens envolvidos nesta controvérsia cosmológica da década de 1950:

1) A *integração*, exemplificada pela postura do Papa Pio XII, que em 1951 fez um discurso sobre provas da existência de Deus a partir dos resultados da cosmologia contemporânea;

2) O *conflito*, exemplificado pela postura de Fred Hoyle, autor da teoria do Estado Estacionário, que se tornou uma figura pública polêmica após comentar sobre sua visão antirreligiosa em uma série de palestras no canal de televisão britânico BBC;

3) O *diálogo e a independência*, que podem ser identificados nas falas de Lemaître, um padre cosmólogo, considerado um dos criadores da teoria do Big Bang. Ele acreditava que não havia conflitos entre sua fé e seu trabalho como cosmólogo, mas reprovou a postura do Papa Pio XII e interveio para que ele mudasse de atitude.

Portanto, são apresentados três personagens históricos cujos discursos foram utilizados em aulas de formação inicial de professores de ciências da Universidade de São Paulo, com o objetivo de instrumentalizar o futuro professor para lidar com questões envolvendo ciência e religião nas aulas de ciências.

### 6.1 Lemaître: um padre cosmólogo

Como Lemaître era padre, é tentador ver sua teoria do átomo primordial como projeção de sua visão religiosa sobre a criação do universo, já que sua teoria estaria de acordo com o *Gênese*.

Na sua publicação na *Nature* de 1931, Lemaître pretendia incluir o trecho:

Eu acho que todos que acreditam em um ser supremo dando suporte a todo ser e toda ação, acredita também que Deus está essencialmente escondido e ficaria feliz de ver o quanto a física atual fornece um véu escondendo a criação (Lemaître 1931, citado em Kragh 2004, p. 147, tradução livre).

O parágrafo foi excluído por Lemaître da publicação final. Por que ele teria feito isso? Seria o medo de revelar que sua teoria teve inspirações religiosas? Ou gostaria de evitar

interpretações inadequadas de sua teoria, que a vissem como se ela fornecesse evidências sobre a existência de um criador?

Em 1931, Eddington defendeu o modelo que ficou conhecido como modelo de Lemaître-Eddington, afirmando que uma de suas vantagens era a de evitar o conceito de um instante em que o universo teria começado. "Filosoficamente, a noção de um início da ordem atual da natureza me parece repugnante" (Eddington 1931, p. 319, citado em Herrera 2009, p. 86).

De acordo com Nury Herrera:

Esse comentário desagradou Lemaître, talvez porque ele era um padre e, sob o ponto de vista religioso, um início do universo em um certo momento do passado lhe parecia mais adequado. Logo em seguida, Lemaître propôs outra teoria cosmológica em que o universo começava com uma grande condensação de matéria, um "átomo primitivo que explodia lançando átomos menores e radiação para todos os lados (Herrera 2002, p. 86).

Roberto de Andrade Martins foi ainda mais enfático ao apontar influências religiosas no trabalho de Lemaître:

Como resultado imediato do artigo de Eddington, Lemaître mudou suas ideias. Apenas seis semanas após a publicação do trabalho de Eddington, ele publicou, na mesma revista, o primeiro esboço de uma nova teoria [...]. Como esse início do Universo é brusco e diferente de qualquer coisa que conhecemos, abre-se nessa teoria a possibilidade de introduzir a necessidade de Deus, para criar o átomo primitivo do qual surgiu tudo (Martins, R. 1994, p. 146).

Edward Harrison propôs uma versão parecida:

Lemaître foi atraído por Big Bangs, talvez por razões religiosas. Eddington não gostou delas e as considerou esteticamente desagradáveis (Harrison 1981, p. 302, tradução livre).

Já Helge Kragh acredita que Lemaître não teria criado uma teoria cosmológica para se adequar à sua visão religiosa, pelo contrário, tinha a opinião de que a ciência e a teologia eram campos distintos, com objetivos semelhantes, mas que não deveriam ser misturados (Kragh 1996, p. 59; Kragh 2004, p. 147). Em seu livro *Matter and Spirit in the Sky* (Kragh 2004), ele dedicou um capítulo para analisar a teoria do átomo primordial de Lemaître, investigando as possíveis influências religiosas sobre sua obra (Kragh 2004, pp. 141-152).

No início de sua carreira, na década de 1920, Lemaître se interessava pelo estudo da Bíblia à luz dos conceitos da física moderna. Em 1921, estudou como certas passagens do *Gênesis* poderiam ser mais bem compreendidas utilizando conceitos da física moderna, e escreveu um manuscrito chamado "As três primeiras declarações de Deus". Interessou-se especialmente por um problema antigo da teologia: como poderia haver luz em um

universo que ainda não existia?<sup>76</sup> (Kragh 2004, p. 141). Utilizando a classificação de posturas acerca da relação entre ciência e religião descrita na seção 5.4, podemos dizer que o padre e cosmólogo belga poderia ser considerado um exemplo típico da categoria denominada *integração*, já que buscava compreender questões religiosas com auxílio das teorias científicas.

Contudo, com o passar dos anos, Lemaître foi alterando sua postura. Em 1933, em uma entrevista fornecida para a New York Times Magazine, ele contou que quando jovem se interessava em ler o Gênesis à luz da ciência moderna, mas que agora não considerava isso importante, porque os eventuais sucessos desses estudos poderiam estimular “pessoas ingênuas a acreditarem que a Bíblia ensina uma ciência infalível, sendo que o máximo que se pode dizer é que ocasionalmente um ou outro profeta fez um chute científico correto” (Lemaître 1933, citado em Kragh 2004, p. 142). Para Lemaître, a Bíblia forneceria conhecimento para a salvação, por exemplo, ensinando que um dia por semana deve ser dedicado ao descanso, à devoção e à reverência. Mas a Bíblia não teria quase nada a dizer sobre a natureza e assim ele rejeitava as interpretações literais das escrituras.

Com a maturidade, o padre e cosmólogo belga passou a defender algo semelhante à tese de Tomás de Aquino, sobre a existência de “dois caminhos” para chegar à verdade: o religioso e o científico. Estes seriam completamente separados, expressos em linguagens diferentes, vias paralelas que levariam ao mesmo caminho final.

Eu decidi seguir a ambos [os caminhos para a verdade]. Nada na minha vida profissional, nada que eu já tenha aprendido em meus estudos tanto de ciência quanto de religião, nunca fez com que eu mudasse de opinião. Eu não tenho conflitos para reconciliar. A ciência nunca abalou minha fé na religião e a religião nunca me fez questionar as conclusões a que eu cheguei utilizando métodos científicos (Lemaître 1933, citado em Kragh 2004, p. 143, tradução livre).

Pode-se afirmar que já na década de 1930 Lemaître era um defensor da *independência* entre ciência e religião. Ainda que enfatizasse a separação entre ambas, Lemaître continuava mantendo algumas das posturas típicas do *diálogo*.

A igreja precisa da ciência? Com certeza não. A Cruz e a Bíblia são suficientes. Contudo, a Igreja tem interesse por tudo que é humano e por esta razão ela também deve participar ativamente da nobre atividade que é a busca pela verdade científica (Lemaître 1933, citado em Kragh 2004, p. 147, tradução livre).

Ele acreditava que a fé cristã poderia, às vezes, afetar o modo como o cientista pensa o mundo físico. Poderia ser uma vantagem (como acreditava ser o seu próprio caso), uma

---

<sup>76</sup> Para mais detalhes sobre a questão da interpretação do primeiro dia do Gênesis e a criação da luz, comentados por Tomás de Aquino, ver Martins, R. 1994, p.37.

fonte de otimismo por crer que Deus deu ao homem faculdades intelectuais, de forma que seja possível descobrir todos os aspectos do universo (Kragh 2004, p. 146). Contudo, apesar de reconhecer que foi influenciado de alguma forma por suas crenças religiosas, ele considerava que não adotava métodos ou tinha atitudes diferentes das escolhidas pelos cientistas que não eram religiosos.

Dessa forma, Helge Kragh considera que a ideia de que Lemaître tenha criado seus modelos cosmológicos para conciliar suas crenças religiosas é um mito, propagado por muitos autores que escrevem sobre a história da cosmologia, como o filósofo britânico Stephen Toulmin (1922-2009) e o cosmólogo sueco Hannes Alfvén (1908-1995) (Kragh 2004, p. 148). No entanto, conforme vimos, outros historiadores como Roberto Martins, Edward Harrison e Nury Herrera também defenderam o que Kragh chamou de “mito”. Essa situação nos mostra um bom exemplo de como são possíveis diferentes interpretações sobre um mesmo fato histórico, assim como a partir dos mesmos dados experimentais, cientistas podem chegar a diferentes conclusões. Para podermos decidir sobre qual dessas interpretações sobre a história da cosmologia seria mais adequada seriam necessários estudos mais aprofundados, que não são objeto desta dissertação.

A mesma falta de consenso acontece em relação à influência de fatores religiosos sobre a obra de Hoyle, cuja visão sobre a religião será apresentada na próxima seção. Os seus comentários agressivos sobre as visões de mundo religiosas indicam que ele pode ter criado sua teoria influenciado por seus sentimentos antirreligiosos. Alguns autores defenderam essa ideia como (Jaki 1978) e (McMullin 1981), mas Kragh afirma que se tratam de especulações não baseadas em evidências históricas (Kragh 1996, p. 430).

Kragh afirma que certamente houve algum tipo de influência de ideias políticas, éticas e religiosas sobre a controvérsia cosmológica entre as teorias do Big Bang e Estado Estacionário, porém não é simples saber o quanto estes fatores foram importantes. Os epistemólogos também não concordam sobre a importância atribuída à influência de fatores sociais, políticos e econômicos sobre a ciência em geral, tanto no contexto da descoberta quanto no contexto de justificativa.

Para Helge Kragh a importância desses fatores, normalmente chamados de fatores “externos”, foi relativamente pequena.

Ainda que sejam interessantes por si só e com certeza relevantes para a história das ideias, a discussão sobre as implicações políticas e religiosas dos modelos cosmológicos praticamente não tiveram nenhum impacto no caminho seguido pela cosmologia científica (Kragh 1996, p. 251, tradução livre).

O próprio Lemaître considerava os valores metafísicos e religiosos essenciais para os cientistas no campo da ética, mas que estes valores não deveriam interferir em seus métodos ou conclusões (Kragh 2004, p. 146). Ainda que Lemaître tenha defendido publicamente a independência entre ciência e religião, isso não impede que ele tenha sido influenciado por suas crenças religiosas no contexto da criação<sup>77</sup> da teoria, como defenderam Roberto de A. Martins, Hannes Alfvén e Stephen Toulmin.

## 6.2 Fred Hoyle: uma visão materialista

Após fazer explicações pouco controversas sobre conceitos básicos de astronomia, nas seções finais de seu livro *The Nature of the Universe* (1950), Fred Hoyle se permitiu emitir opiniões pessoais sobre as chamadas “questões fundamentais” do universo:

Agora vamos abordar uma questão que todos, tanto os cientistas quanto os não-cientistas devem ter se perguntado alguma vez. Qual é o lugar do homem no Universo? Eu gostaria de começar com essa grande questão considerando a visão completamente materialista. O apelo de seu argumento é baseado na simplicidade. O Universo está aqui, eles dizem, então vamos considerar isso como certo. Então a Terra e os outros planetas devem ter surgido como já discutimos (Hoyle 1950, p. 135. tradução livre).

Hoyle propôs uma resposta para as questões fundamentais a partir da visão de mundo materialista, assumindo que os seres vivos e todos os processos biológicos possam ser vistos como

...não mais que engenhosas máquinas que evoluíram como estranhos produtos em um canto singular do Universo [...] A maior parte das pessoas fazem objeções a esse argumento [relativo à visão de mundo materialista] por uma razão não muito boa: eles não gostam de se ver como máquinas (Hoyle 1950, p. 136. tradução livre).

Hoyle apresenta um exemplo típico da visão de mundo naturalista (apresentada no capítulo 2). Os adeptos desta visão assumem a existência da natureza (ou a experiência perceptiva desta natureza) e concebem que ela possui uma certa unidade e segue leis próprias. Hoyle mostra sinais de que sua visão não só é predominantemente naturalista, mas também é marcada pela oposição em relação às visões de mundo religiosas:

E agora eu vou considerar algumas crenças religiosas contemporâneas. Há muita cosmologia na Bíblia. Minha impressão disso é que se trata de uma obra impressionante, levando em conta a época em que foi escrita. Mas eu acho que dificilmente se pode negar que a cosmologia dos hebreus antigos é apenas uma mera mancha de tinta quando comparada com o belíssimo quadro revelado pela ciência moderna. Isso me levou a fazer a pergunta: é razoável supor que os hebreus pudessem compreender mistérios mais profundos do que os que nós já podemos compreender,

---

<sup>77</sup> A distinção de Lemaître entre o conceito de criação no catolicismo e o conceito de começo do tempo nas teorias científicas pode ter sido enfatizada apenas no contexto de justificativa (Godart & Heller 1985, p.177, citado em Laracy 2009, p.9).

quando está bem claro que eles eram completamente ignorantes sobre muitos assuntos que parecem senso comum para nós? (Hoyle 1950, p. 137. tradução livre).

Hoyle se posiciona contra a interpretação literal da Bíblia como forma de conhecer o mundo natural. Esta postura é compartilhada pela maior parte dos cientistas religiosos, como Lemaître. Ele prossegue respondendo a pergunta e seu texto torna-se mais polêmico:

Não, me parece que a religião é apenas uma tentativa de encontrar uma fuga de uma situação verdadeiramente ruim em que nos encontramos. Aqui nós estamos neste fantástico Universo com quase nenhuma pista sobre a existência de qualquer significado real. Não importa que muitas pessoas sintam a necessidade de alguma crença que lhes forneça alguma forma de segurança e não importa que eles fiquem zangados com pessoas como eu, que dizem que essa segurança é ilusória. No entanto eu não gosto mais dessa situação do que eles. A diferença é que eu não posso ver nenhuma vantagem em enganar a mim mesmo (Hoyle 1950, p. 138 tradução livre).

Hoyle tem uma visão semelhante à de Mahner e Bunge (1996), que vêem as religiões como fábulas ou histórias criativas, invenções humanas sem qualquer autoridade para descrever o mundo real. O trecho acima mostra que Hoyle era um adepto da posição de que existe um *conflito* entre as visões de mundo científicas e religiosas.

Hoyle, Gold e Bondi, os autores da teoria do Estado Estacionário, eram ateus e hostis a todas as religiões organizadas. Ainda que a motivação para a criação da teoria do Estado Estacionário não tenha sido estritamente antirreligiosa, eles provavelmente ficaram satisfeitos ao formular uma teoria em que não havia espaço para o Criador.

Em outros livros populares, Hoyle fez afirmações ainda mais radicais contra as visões de mundo religiosas, como por exemplo, ao afirmar que a ideia de um começo no tempo “é uma noção típica de pessoas primitivas, que postulam a criação de deuses para explicar o mundo físico” (Hoyle citado em Kragh 1996, p. 253). Deixou claro o quanto era anticlerical, quando defendeu que para resolver os conflitos religiosos na Irlanda bastava prender todos os padres e clérigos.

Contudo, suas associações explícitas entre sua teoria e o ateísmo, e entre o Big Bang e o criacionismo, foram feitas apenas em obras de divulgação científica, mas nunca em artigos científicos. Gold e Bondi, apesar de terem visões semelhantes às de Hoyle, não as expunham publicamente. O próprio Hoyle dizia que não tinha a pretensão de discutir as implicações teológicas da cosmologia de maneira sofisticada (Kragh 1996, p. 253).

O trio de Cambridge reconhecia que a teoria do Estado Estacionário não era necessariamente uma teoria antirreligiosa. Tanto que havia adeptos da teoria do Estado Estacionário que eram religiosos, como o astrônomo britânico Willian McCrea (1904-1999), um anglicano praticante. No entanto, McCrea deixou o trio de Cambridge

desconfortável, pois eles suspeitavam que McCrea estivesse utilizando a teoria do Estado Estacionário para fazer “propaganda religiosa” (Gold 1978 citado em Kragh 1966, p 255).

Os ataques de Hoyle ao cristianismo causaram reações intensas em muitas pessoas, o que fez com que ele se tornasse uma figura controversa não só na comunidade científica, mas também como figura pública. A comunidade religiosa inglesa certamente ficou preocupada com a repercussão das palestras de Hoyle, já que na prática seus livros e palestras devem ter influenciado muitas pessoas (Davidson 1955 citado em Kragh 1996, p. 192).

### **6.3 Papa Pio XII: a postura da integração**

Na mesma época que Hoyle falava sobre cosmologia, ciência e religião em seu programa na BBC, o Papa Pio XII (1876-1958) estava bastante interessado em ciências e cosmologia, sendo particularmente influenciado pelas teorias cosmológicas de Lemaître e Milne. Em 1950 já havia publicado uma carta encíclica em que afirmava que a biologia evolutiva era um campo de investigação científica legítimo e que não necessariamente levava a conclusões contrárias a doutrina católica.

Em 22 de novembro de 1951, o Papa fez um discurso para a *Pontifical Academy of Sciences* na presença de diversos cardeais e do ministro da educação italiano. Seu texto discutia resultados da ciência contemporânea e sua relação com a doutrina católica. Sua tese principal era mostrar que não havia conflitos entre os astrônomos e a igreja, além de afirmar que os resultados da ciência moderna mostram sólidas evidências da existência de um criador (Kragh 1996, p. 256).

Ele trouxe dois argumentos baseados em teorias científicas recentes para confirmar filosoficamente a existência de Deus:

(1) a mutabilidade das coisas, incluindo sua origem e seu fim; e (2) a ordem teleológica que está presente em todas as partes do cosmo. [...] a física particularmente mostrou uma fonte inesgotável de experimentos, revelando o fato de que a mutabilidade está nos recessos mais profundos da natureza, em que anteriormente nenhuma mente humana poderia ter suspeitado de sua existência e vastidão. Portanto a física mostrou uma multiplicidade de fatos empíricos que dão grande assistência ao raciocínio filosófico (Pio XII 1951. tradução livre).

Pio XII considerava lógico que um ser imutável tenha criado um universo mutável. Lemaître não era contrário a este tipo de raciocínio. Porém o Papa também deu a entender que a criação divina tenha começado como na teoria do átomo primordial de Lemaître (Laracy 2009, p. 5). O papa afirmou que:

[...] tudo parece indicar que o conteúdo material do universo teve um grande começo no tempo, sendo preenchido em seu nascimento por vastas reservas de energia, em virtude das quais, a princípio rapidamente, mas de modo cada vez mais lento, ele evoluiu para atingir o estado atual (Pio XII 1951. tradução livre).

O Papa descreve aspectos gerais dos modelos cosmológicos de Lemaître e Gamow, um universo quente e denso que passou a expandir e esfriar, argumentando que:

esta imagem não envolve nenhuma novidade para o mais simples dos indivíduos que têm fé. Ela não introduz nada além do que está nas palavras da abertura do Gênesis, “No princípio criou Deus os céus e a Terra...” ou seja, o começo das coisas e do tempo. Qual era a natureza e a condição da primeira matéria do universo? As respostas fornecidas diferem consideravelmente entre as diferentes teorias. Contudo, há um certo consenso de que a densidade, a pressão e a temperatura da matéria primordial devem ter atingido valores muito altos (Pio XII, 1951. tradução livre).

Na verdade, na década de 1950 a teoria do Big Bang ainda não era majoritariamente aceita e a controvérsia entre o Big Bang e a teoria do Estado Estacionário estava acirrada. Apesar disso o Papa praticamente não mencionou a existência de teorias rivais.

Qual é, então, a importância da ciência moderna no argumento para a existência de Deus baseado na mudança do universo? Através de pesquisas exatas e detalhadas do mundo em grande escala e pequena escala, se ampliou e aprofundou a base empírica sobre a qual o argumento se baseia e a partir da qual se conclui a existência de um *ens a se*<sup>78</sup>, imutável por sua própria natureza [...] Portanto, com aquela concretude que é característica das provas físicas, foi confirmada a contingência do universo e também a bem fundamentada dedução da época em que o mundo saiu das mãos do Criador. Por isso, a criação existiu. Nós dizemos: portanto há um Criador. Portanto, Deus existe! (Pio XII citado em Kragh 2004, p. 148).

As frases contundentes do final do texto podem dar a impressão de que o Gênesis da Bíblia foi *provado* pela teoria do Big Bang e que por isso todo bom católico deve rejeitar todas as teorias cosmológicas alternativas. A ideia racionalista de que teorias científicas podem dar suporte ao conceito da criação de mundo não foi bem vista pela maioria dos teólogos, sejam ou não católicos (Kragh 1996, p. 258). Muitos deles afirmavam que os conceitos de criação na cosmologia e nas religiões são diferentes, evitando a *integração* e defendendo posturas mais próximas da *independência*. Esta postura também foi defendida por Lemaître, cuja teoria era a base do argumento do Papa, mas que não gostou do tom da carta. Para ele a teoria do Big Bang era só uma hipótese e reprovou o modo impositivo com que foi apresentada (Kragh 1996, p. 258).

---

<sup>78</sup> Na filosofia medieval *ens a se* é algo que é completamente auto-suficiente, não depende de nada para sua existência e sua descrição é atribuída apenas a Deus (Blackwell Reference online, disponível em <[http://www.blackwellreference.com/public/tocnode?id=g9781405106795\\_chunk\\_g97814051067956\\_ss1-60](http://www.blackwellreference.com/public/tocnode?id=g9781405106795_chunk_g97814051067956_ss1-60)>).

Lemaître considerava que as teorias científicas são provisórias, sendo assim se opunha ao seu uso como forma de dar suporte a teses filosóficas, teológicas ou religiosas. Ele foi ao Vaticano e conversou com Daniel O'Connell, o assessor científico do Observatório do Vaticano sobre o discurso do Papa (Laracy 2009, p. 5). Dessa forma, os assessores parecem tê-lo convencido de que uma associação muito próxima entre ciência e religião seria prejudicial para ambas. Na assembléia geral da *International Astronomical Union* em 1952, em Roma, o Papa fez um discurso bem mais moderado, evitando referências específicas a questões metafísicas ou implicações religiosas da teoria do Big Bang (Kragh 2004, p. 151).

Na década de 1980, quando o Big Bang já era amplamente aceito, o papa João Paulo II (1920-2005) disse que o Cristianismo possui uma fonte própria de justificação e, portanto, não espera ser apoiado por argumentos científicos (Kragh 1996, p. 259). Vemos assim que tanto a postura do conflito quanto a da integração entre ciência e religião foram abandonadas pela Igreja Católica em relação a conceitos cosmológicos.

A questão “o Big Bang está provado?” é uma questão muito importante para o ensino de ciências, já que o absolutismo epistemológico ensinado por muitas doutrinas religiosas pode ser um grande obstáculo para o aprendizado de noções sobre as ciências (El-Hani e Sepúlveda 2010). Como veremos no capítulo 7 a questão das provas na ciência foi discutida com maiores detalhes durante o curso, quando problematizamos o absolutismo epistemológico, mostrando que até hoje existem teorias alternativas ao Big Bang.

## 7 A pesquisa empírica: um curso sobre História da Cosmologia

Neste capítulo será apresentado o curso sobre história da cosmologia ministrado na disciplina de História da Ciência, do curso de Licenciatura em Ciências Exatas da USP, campus São Carlos. O objetivo desta proposta foi contextualizar discussões sobre a natureza da ciência, apresentando episódios da história da cosmologia. O episódio escolhido foi a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário, por sua potencialidade para gerar discussões sobre relações entre ciência e visões de mundo, em particular sobre a influência de aspectos filosóficos e religiosos sobre a ciência.

Com base no estudo histórico previamente realizado, criamos um texto intitulado *Controvérsias na Cosmologia*<sup>79</sup>, lido pelos alunos antes das aulas. Trata-se de uma breve introdução à história da cosmologia, que discute os seguintes tópicos:

1. “O que é cosmologia?” e alguns sentidos possíveis atribuídos ao termo universo (seção 4.1).
2. O processo de construção dos modelos de universo estático e em expansão, com uma breve explicação sobre teorias cosmológicas anteriores ao século XX (seções 4.2 e 4.3).
3. A apresentação de duas teorias rivais envolvidas na controvérsia cosmológica das décadas de 1950 a 1970: a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário (seções 4.4 e 4.5)
4. O desfecho da controvérsia e a consolidação do Big Bang como teoria hegemônica (pela limitação de tempo esse assunto foi abordado superficialmente na aula 3, cuja descrição está no Apêndice C. O texto da seção 4.7, que trata do desfecho da controvérsia com a descoberta da radiação cósmica de fundo não foi lido pelos alunos.

O curso teve de cinco aulas, com duas horas de duração cada uma. Cada aula foi pensada a partir de uma pergunta central:

Aula 1 (04/05): O que é cosmologia?

---

<sup>79</sup> O texto “Controvérsias na cosmologia” está disponível na internet, no site do LAPEF: [http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/222/00\\_Texto%20Auxiliar%20-%20Controversias%20na%20cosmologia.pdf](http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/222/00_Texto%20Auxiliar%20-%20Controversias%20na%20cosmologia.pdf). Além de ser utilizado no curso para a Licenciatura em Ciências Exatas, também foi proposto como texto base para o módulo inovador “Controvérsia na cosmologia”, desenvolvido durante a disciplina de Metodologia de Ensino de Física da Licenciatura em Física da USP, no segundo semestre de 2010. Essa sequência didática, que tem como público alvo alunos do ensino médio, está disponível em <http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/mef.php?class=CoursesForm&method=onReload>.

Introdução à cosmologia e aplicação do questionário pré-teste.

Aula 2 (22/06): O universo teve um começo ou sempre existiu?

A controvérsia entre o Big Bang e Estado Estacionário:

Aula 3 (29/06): O Big Bang está provado?

O desfecho da controvérsia

Aula 4 (03/08): O que é ciência? O que é religião?

Diferenças e semelhanças entre ciência e religião

Aula 5 (10/08): Como lidar com relações entre ciência e religião no ensino de ciências?

Relações entre ciência e religião em sala de aula

No anexo A apresentamos o texto “Big Bang Brasil”, que foi encenado pelos alunos durante as duas primeiras aulas. Encontramos esse texto em um blog na internet, percebendo que ele poderia ser usado para apresentar os personagens envolvidos na história da cosmologia do século XX. Acreditamos que atividades teatrais são um bom recurso para abordar a história da ciência em sala de aula, pois atraem o interesse dos licenciandos para o assunto, além de criar um clima descontraído, encorajando a participação dos alunos nas atividades. No Apêndice C apresentamos uma descrição detalhada das 5 aulas que ocorreram entre maio a agosto de 2010.

## **7.1 Metodologia**

Na sequência didática desenvolvida, buscamos sempre que possível gerar problematizações e aplicar a estratégia dos momentos pedagógicos proposta por Delizoicov (2001). Também utilizamos diferentes metodologias de ensino, tais como:

- aulas expositivas sobre certos conceitos de cosmologia
- utilização de vídeos, slides e animações de computador
- leitura de textos históricos
- encenação de uma peça de teatro sobre história da cosmologia
- discussões em pequenos grupos que devem ser resumidas e apresentadas para a sala
- relatos escritos sobre os debates ou questões propostas pelo professor

Acreditamos assim ter estimulando o uso de diferentes metodologias pelos licenciandos em suas futuras aulas. Durante as aulas os alunos realizaram diversas atividades, produzindo textos que foram investigados para analisar suas concepções sobre a

natureza da ciência, particularmente sobre relações entre ciência e religião. Neste capítulo analisamos os seguintes dados de pesquisa:

1. Respostas a um questionário pessoal, incluindo questões sobre formação pessoal, religiosidade e conhecimentos prévios de cosmologia (seção 7.2).
2. Respostas a um questionário sobre relação entre ciência e religião, antes e após as aulas (pré-teste na seção 7.3 e pós-teste na seção 7.6).
3. Interpretações de tirinhas sobre o método científico, comparando ciência e religião (seção 7.4).
4. Construção de diagramas sobre semelhanças e diferença entre ciência e religião (seção 7.5).
5. Ensaio final, sintetizando todas as discussões realizadas nas aulas (seção 7.7).

## **7.2 Sujeitos da pesquisa**

O curso consistiu de cinco aulas, com duas horas de duração cada uma. Antes da primeira aula, a professora responsável pela disciplina (que é a orientadora deste trabalho) aplicou em sala um primeiro questionário, elaborado para investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre cosmologia, assim como conhecer o perfil da classe (apresentado no Apêndice A).

Foram aplicados dois questionários para investigar o perfil da classe, um antes e outro durante a primeira aula. As questões foram adaptadas a partir das medidas de atitude do tipo Likert (Silveira 1979) extraídas do questionário ROSE *The Relevance of Science Education*, aplicado no Brasil pelo grupo de Nélcio Bizzo (Oliveira 2009, Tolentino-Neto 2008).

Foram elaboradas questões sobre o grau de concordância dos licenciandos com certas afirmações. Foi pedido que se assinalasse um grau entre -2 (discordância) até 2 (concordância). O valor 0 indica que a posição em relação à questão seria “indiferente” ou “sem opinião”. Havia também algumas questões de múltipla escolha e questões dissertativas.

### **7.2.1 Religiosidade dos alunos**

Havia 21 alunos cursando a disciplina, sendo que a maior parte estava no 4º ano do curso de Licenciatura em Ciências Exatas, na USP São Carlos. Nem todos participaram de todas as atividades, de forma que em cada seção vamos indicar o número de respostas obtidas, que variou entre 13 e 20.

No questionário inicial, aplicado pela professora da disciplina em uma aula anterior ao começo das aulas sobre cosmologia, obtivemos 20 respostas. A maioria dos alunos era jovem, com menos de 25 anos, e com pouca experiência como professores. Os poucos alunos que já haviam atuado como professores o fizeram por pouco tempo, em monitorias e escolas particulares. Apenas um aluno já havia atuado como professor em escola pública.

A grande maioria dos alunos era de família católica, mas poucos eram religiosos praticantes. Havia 3 alunos ateus, porém só 1 declarou o ateísmo como sua religião, os outros preferiram declarar que não tinham nenhuma religião.

Qual é a religião dos pais?		Qual é a sua religião?	
Católica	31	Nenhuma	9
Espírita	6	Católica	7
Evangélica	2	Outras (Ahyuasca, Cientologia, Espiritismo)	3
Umbandista	1	Ateísmo	1

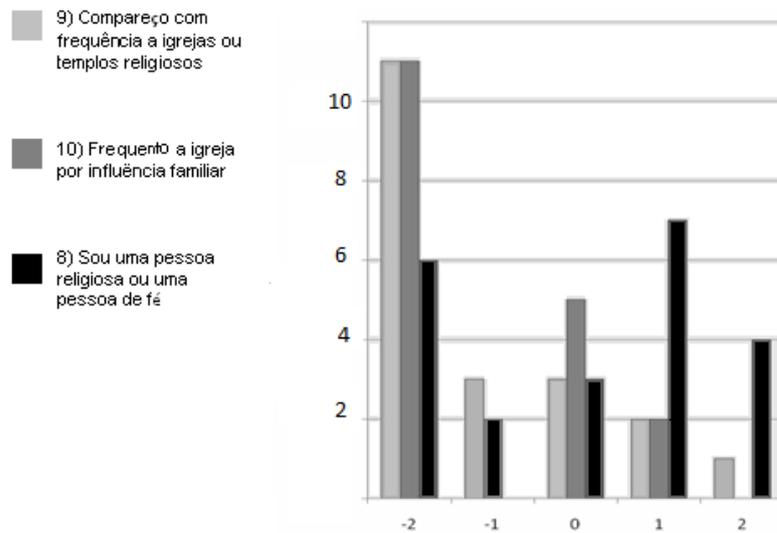
**Tabela 6: Religião dos pais e alunos**

Quanto à postura sobre a existência de Deus, a maioria acredita em uma espécie de “força não personificada”.

Força não personificada	9
Agnosticismo	3
Deus criou o universo	3
Ateísmo	3
Deus interfere na vida cotidiana	1

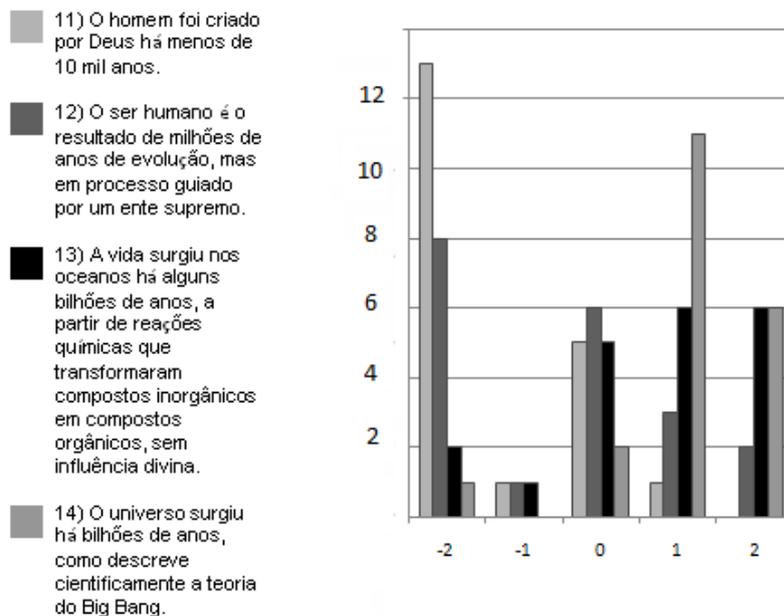
**Tabela 7: Postura sobre a existência de Deus**

Aproximadamente metade dos alunos se considera “religioso ou de fé”, sendo menor a porcentagem dos que concordam fortemente com essa afirmação. A maioria não costuma frequentar igrejas ou templos, nem mesmo por influência familiar:



**Figura 19: Religiosidade dos alunos**

As afirmações típicas do criacionismo (11 e 12) apresentaram baixa concordância, bem menor que a aceitação da teoria da evolução e da teoria do Big Bang como explicações confiáveis sobre a origem da vida e do universo:



**Figura 20: Visões dos alunos sobre a origem da vida e do universo**

Como era de se esperar num curso de licenciatura em ciências exatas, os alunos tem boa aceitação de teorias científicas. Além disso há relativamente poucos religiosos praticantes.

### 7.2.2 Conhecimentos prévios de cosmologia

No curso de Licenciatura em Ciências Exatas da USP São Carlos há uma disciplina obrigatória de 2 horas semanais sobre astronomia para os alunos do primeiro ano. Em geral há apenas uma aula sobre cosmologia. Sendo assim, não era de se espantar que quase metade dos alunos (9) tenha dito que nunca aprendeu nada sobre cosmologia. Logo, também era de se esperar que os licenciandos não tivessem um conceito muito claro do que seja cosmologia. Três alunos nem tentaram esboçar uma definição, enquanto a maioria dos alunos (10) deu respostas que foram agrupadas na categoria “Estudo do universo e de seus componentes”, ou seja, sem diferenciar astronomia de cosmologia. Por isso, conforme descrito no Apêndice C, na primeira aula realizamos discussões sobre “o que é cosmologia?” e “o que é astronomia?”

Estudo da origem do universo	7
Estudo do universo e seus componentes	10
Não sei	3

**Tabela 8: O que você entende por cosmologia?**

Pensando na possibilidade de explorar as visões realistas ou anti-realistas do termo “universo”, perguntamos: *O que é universo para você? Podem existir vários universos?* A grande maioria (13) deu respostas que foram classificadas na categoria ligada ao realismo: “O universo é tudo o que existe”, sendo os 3 restantes na categoria ligada ao anti-realismo: “O universo é tudo o que conhecemos”. Quanto à possibilidade de vários universos, 11 disseram que só existe um universo, 5 disseram que podem existir vários universos e 4 não opinaram.

Finalmente, apresentando a questão principal que fundamentou a construção da sequência didática, perguntamos “Para você, o universo teve um começo ou sempre existiu?”:

Teve um começo	14
Sempre existiu	5
Indeciso	1

**Tabela 9: O universo teve um começo ou sempre existiu?**

Dentre os 14 que responderam que o universo teve um começo, 8 consideraram que o começo se deu com o Big Bang:

Big Bang	8
Deus criou o Big Bang	4
Não sei / Outros	2

**Tabela 10: Se houve um começo, como ele surgiu?**

Vemos assim que a maioria dos alunos confia na teoria do Big Bang, apesar de não ter estudado cosmologia. Trata-se de uma confiança na autoridade científica sem conhecimento das justificativas utilizadas pelos cientistas para defender as teorias. Por isso, ao longo do curso buscamos problematizar esta postura apresentando a teoria do Estado Estacionário, uma rival do Big Bang, como forma de estimular a reflexão sobre os motivos que os levaram a aceitar a tese de que o universo teve um começo.

### **7.3 Questionário sobre relações entre ciência e religião**

Na primeira aula aplicamos o questionário pré-teste em classe, que foi respondido por 17 alunos. Ele continha questões sobre relações entre ciência e religião e o ensino de ciências. O questionário completo, e as respostas dadas pelos alunos estão no Apêndice B. Após a última aula, o questionário foi reaplicado numa versão online<sup>80</sup>.

Assim como o questionário sobre conhecimentos prévios de cosmologia, trata-se de uma medida de atitude do tipo Likert<sup>81</sup>, em que os licenciandos preenchem o seu grau de concordância, valendo de -2 até 2, com 35 afirmações. O valor 0 indica que a posição em relação à questão seria “indiferente” ou “sem opinião”.

O questionário foi elaborado tendo como base estudos sobre relações entre ciência e religião no ensino de ciências (Cobern, 2000; Shipman et al., 2002; Sepúlveda e El-Hani, 2004; Hansson e Redfors, 2007; Reiss, 2009, entre outros) e especialmente o debate entre Mahner e Bunge (1996) e outros autores na edição especial da revista *Science & Education* de 1996, descrito no capítulo 5. Dessa forma, o questionário poderia contribuir para um primeiro contato dos alunos com as categorias do *conflito, diálogo, integração e*

---

<sup>80</sup> Infelizmente só após a aplicação inicial conhecemos uma ferramenta para implementar o questionário na internet. Agora, ele está disponível em <http://spreadsheets.google.com/viewform?formkey=dEJHeXFHYWc3ZnJwdFOySFhJa3h6dmc6MQ>

<sup>81</sup> Para uma discussão sobre o uso desse tipo de questionário no ensino de física, ver Silveira 1979.

*independência* (apresentadas na seção 5.4), ainda que elas só tenham sido apresentadas explicitamente nas aulas finais.

O questionário continha 35 questões sem divisões por grupos, porque não queríamos deixar os padrões explícitos, evitando direcionar as respostas. Contudo, na apresentação dos resultados, agrupamos as questões semelhantes para facilitar a interpretação dos resultados. Na construção do questionário buscamos alternar afirmações com tendências opostas: alternando entre a ênfase em *semelhanças* ou *diferenças* entre ciência e religião; e alternando entre a exigência de *conflito* ou *compatibilidade* entre ciência e religião

Nos histogramas a seguir, apresentamos os resultados obtidos na primeira aplicação, separando as afirmações em blocos:

- Bloco A: Afirmações sobre “O que é ciência?”, “O que é religião?”, comparando seus objetivos e métodos (afirmações 1 a 20).

- Bloco B: Afirmações sobre a postura desejável do professor de ciências, quando se depara com questões envolvendo relações entre ciência e religião (afirmações 21 a 35).

### **7.3.1 Bloco A: comparação entre objetivos e métodos de ciência e religião**

No Bloco A, aproximadamente metade das afirmações apresentava semelhanças entre ciência e religião, enquanto a outra metade apresentava diferenças entre as mesmas. Para analisar os resultados, em todos os histogramas desta seção agrupamos as afirmações semelhantes em blocos, classificando-as em ordem crescente de grau de aceitação.

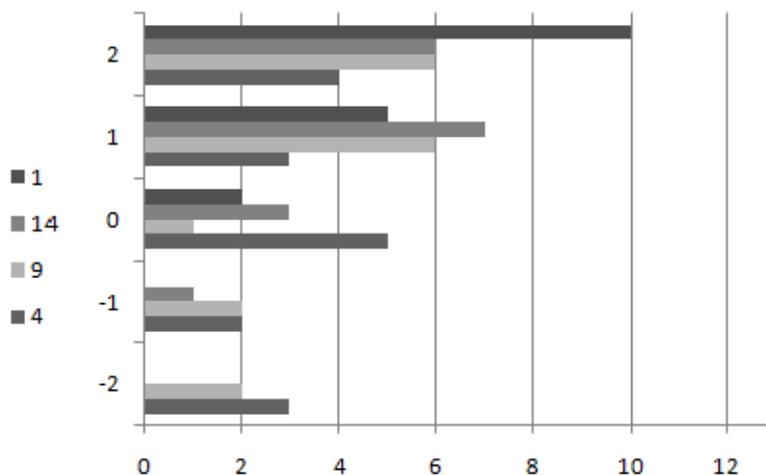
O bloco de afirmações (1, 4, 9, 14) enfatizava diferenças entre ciência e religião:

1. A ciência lida com o mundo objetivo e utiliza a razão e a experimentação. Enquanto que a religião lida com o mundo espiritual, utiliza a fé e a ritualística.
4. Como disse Galileu: “A Bíblia te ensina como ir para o céu a as ciências ensinam como o vai o Céu”.
9. As verdades científicas são sujeitas a mudanças, já as verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis.
14. Quando religiosos tentam verificar cientificamente suas ideias, quase sempre eles já sabem qual é a conclusão e buscam evidências para dar suporte apenas ao que querem defender.

Já o bloco (2, 5, 7, 13) enfatizava semelhanças entre as mesmas.

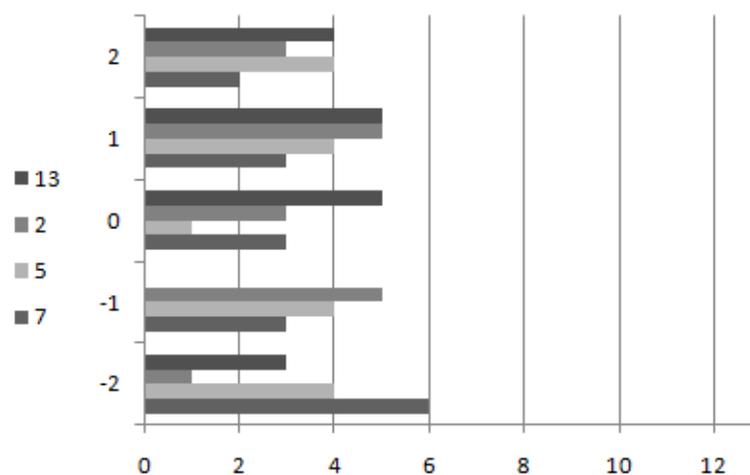
2. Ciência e religião buscam responder às mesmas perguntas.
5. Ciência e religião têm em comum a busca pela verdade.
7. Tanto a ciência quanto a religião partem de ideias que não podem ser testadas, como a crença de que existe uma ordem na natureza.
13. Tanto a ciência quanto a religião se baseiam no respeito à autoridade em algum grau.

Na figura abaixo, as afirmações do primeiro bloco foram ordenadas da afirmação com maior grau de aceitação (1) até a com menor grau de aceitação (4).



**Figura 21: Diferenças entre ciência e religião no questionário pré-teste**

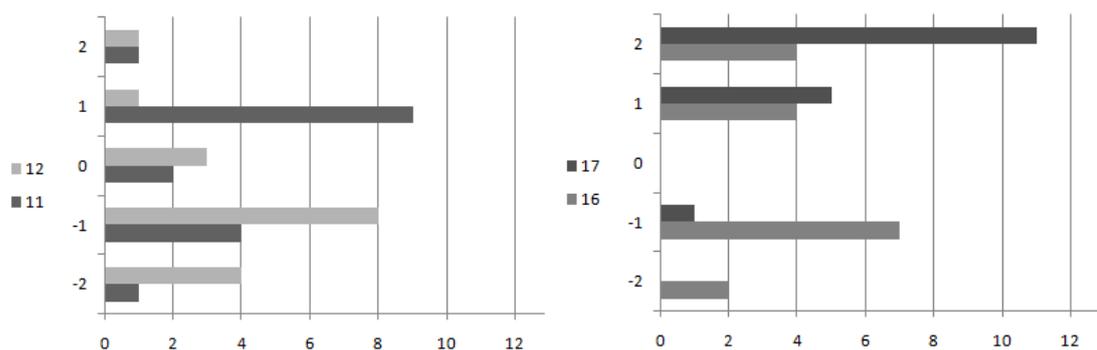
Da mesma maneira, no histograma abaixo apresentamos as afirmações do segundo bloco ordenadas a partir da afirmação com maior grau de aceitação (13) até a com menor grau de aceitação (7).



**Figura 22: Semelhanças entre ciência e religião no questionário pré-teste**

Comparando os histogramas das figuras 21 e 22, vemos que houve maior aceitação das afirmações que enfatizavam diferenças entre ciência e religião. No segundo bloco houve uma distribuição quase uniforme entre a aceitação (1 e 2) e a discordância (-1 e -2).

Já na figura 23, vemos as afirmações 11, 12, 16 e 17, cujo assunto era o método científico e os métodos das religiões.



**Figura 23: Comparando os métodos da ciência e religião no pré-teste**

A afirmação 11 representa a visão do “senso comum” sobre a natureza da ciência (Chalmers 1993, p. 23), enquanto a afirmação 12 é uma postura tipicamente científicista:

11. O conhecimento científico é confiável porque é provado objetivamente através de experimentos, conforme o método científico

12. As teses religiosas não são confiáveis porque não utilizam o método científico.

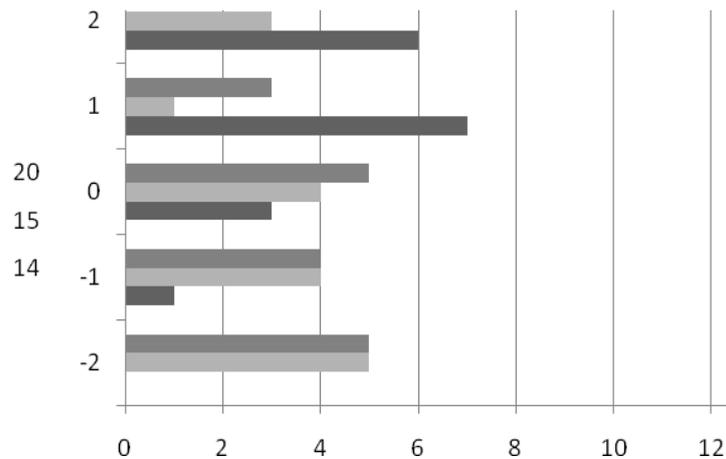
Conforme vimos no capítulo 2, para diversos pesquisadores um dos principais objetivos da educação científica é problematizar essas concepções ingênuas sobre a natureza da ciência. Portanto, o alto grau de aceitação da afirmação 11 nos mostrou que deveríamos dar especial atenção às discussões envolvendo o método científico.

As afirmações 16 e 17 tinham como objetivo investigar as ideias dos alunos a respeito do debate sobre o ensino multicultural, apresentado na seção 2.3.

16. A ciência chega a resultados universais, que independem da cultura local.

17. Já as religiões são fortemente influenciadas pela cultura de cada povo

Os resultados mostram que aproximadamente metade dos alunos concordou com ambas as afirmações (8 alunos são adeptos do universalismo) e a outra metade concordou apenas com a afirmação 17.



**Figura 24: A influência da religião sobre a investigação científica**

No histograma acima, apresentamos as afirmações 14, 15 e 20, que também envolviam comparações entre as atividades de cientistas e religiosos

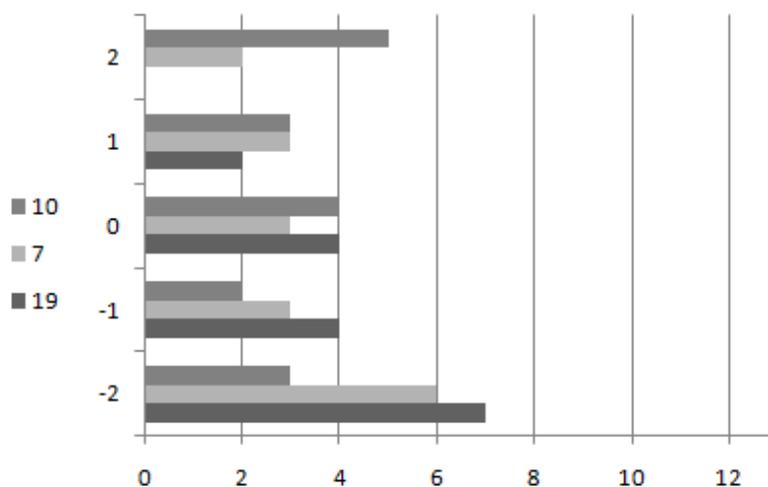
14. Quando religiosos tentam verificar cientificamente suas ideias, quase sempre eles já sabem qual é a conclusão e buscam evidências para dar suporte apenas ao que querem defender.

15. Já os cientistas são objetivos e não são influenciados por suas crenças pessoais e ideologia.

20. Se um cientista for religioso, não é possível evitar que suas crenças influenciem seu trabalho.

A partir da análise das afirmações dos histogramas podemos concluir que os grupos com maior número de alunos foram os que concordaram com a afirmação 14 (13 alunos) e discordaram das afirmações 15 e 20 (9 alunos); ou seja, parecem acreditar que os religiosos não são objetivos ao verificar cientificamente suas idéias mas que também não acreditam que os cientistas sejam livres de influências subjetivas ou ideológicas. Uma minoria (3 alunos) indicou concordância com as afirmações 14 e 15, o que indica uma postura possivelmente mais próxima do *cientificismo*: a ciência seria neutra e universal, e por isso o modo de pensar científico seria superior ao religioso, que por sua vez seria tipicamente irracional e não confiável.

Em seguida, analisamos um bloco de seis afirmações que envolviam questões epistemológicas, relacionadas ao conceito de “verdade” ou à autoridade da ciência.



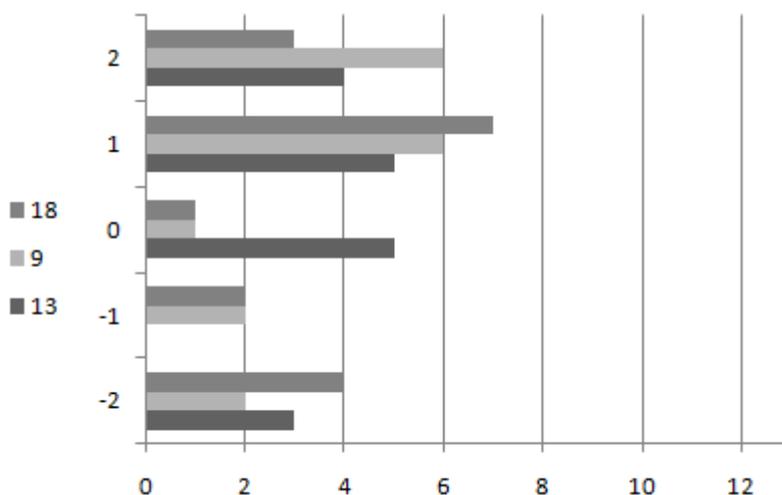
**Figura 25: A verdade na ciência - menor concordância**

No primeiro bloco escolhemos as três afirmações com menor concordância:

7. Tanto a ciência quanto a religião partem de ideias que não podem ser testadas, como a crença de que existe uma ordem na natureza.

10. Nem a ciência nem a religião podem ter certeza sobre nada, por que o conhecimento é relativo

19. Existe um limite para o conhecimento científico, a partir de certo ponto só a religião pode fornecer boas explicações.



**Figura 26: A verdade na ciência - maior concordância**

No segundo bloco as afirmações com maior concordância:

9. As verdades científicas são sujeitas a mudanças, já as verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis.

13. Tanto a ciência quanto a religião se baseiam no respeito à autoridade em algum grau.

18. Um dia a ciência conseguirá explicar todas as questões que não explica no presente.

Em relação às afirmações 19 e 7 a discordância foi maior que a concordância. A rejeição da afirmação 19 é compreensível, já que havia poucos religiosos praticantes, e todos atribuíam bastante valor à ciência. Já o baixo grau de aceitação da afirmação 7 nos mostrou a necessidade de discutir as pressuposições necessárias para a criação de teorias científicas, como defendido por Cobern e Loving (2001). Por isso, buscamos enfatizar nas aulas a possibilidade de se considerar semelhanças entre ciência e religião, principalmente na construção coletiva de diagramas apresentada na seção 7.4.

A afirmação 10, representante do relativismo radical, teve um grau de aceitação (8 alunos) levemente maior do que o de rejeição (5 alunos) o que também nos deixou preocupados. Como apontado por Forato (2009), a crítica à visão empírico indutivista pode levar ao aumento de posturas relativistas ingênuas.

Já as afirmações 13, 9 e 18 tiveram todas alto grau de concordância. A grande aceitação das afirmações 9 e 18 indica que os licenciandos atribuem bastante confiança e autoridade ao conhecimento científico. Já a afirmação 13 foi a única das afirmações que mostrava uma semelhança entre ciência e religião que teve grau alto de aceitação. Porém também foi alto o número de alunos que escolheram o grau zero (sem opinião/indiferente).

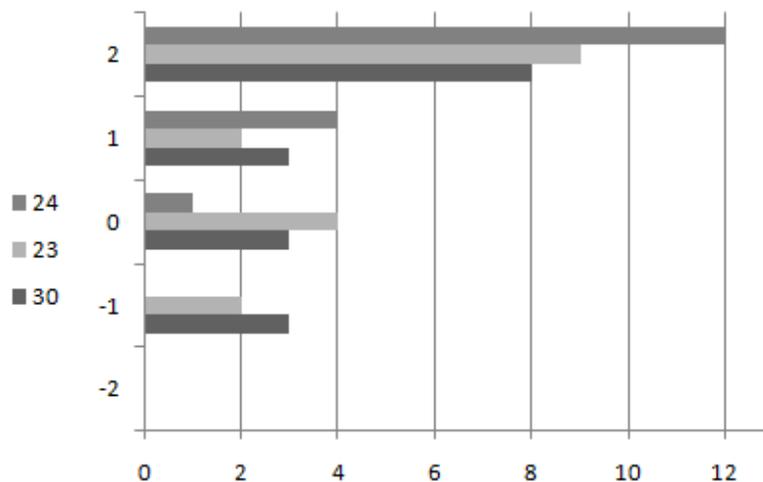
A análise geral das afirmações das questões do bloco A nos mostra que houve maior concordância com as afirmações que enfatizavam as diferenças entre ciência e religião, o que era esperado entre alunos de uma licenciatura em ciências.

Além disso, notamos algumas concepções sobre a natureza da ciência que mereciam ser problematizadas, como o alto grau de aceitação de afirmações ingênuas, tanto ligadas ao que chamamos na seção 2.1 de “tendência cientificista” (como “O conhecimento científico é confiável porque é provado objetivamente através de experimentos, conforme o método científico”) quanto ligada à “tendência pós-moderna” (como “Nem a ciência nem a religião podem ter certeza sobre nada, por que o conhecimento é relativo”).

### **7.3.2 Bloco B: Relações entre ciência e religião na sala de aula**

Neste bloco havia afirmações sobre a postura desejável do professor de ciências, quando se depara com questões envolvendo relações entre ciência e religião (afirmações 21 a 35, apresentadas no Apêndice B).

Na construção do questionário, buscamos alternar afirmações que defendiam o *conflito* entre ciência e religião, bastante influenciadas pelos artigos de Mahner e Bunge (1996), com afirmações que defendiam a *compatibilidade* entre as mesmas.



**Figura 27: Afirmações que defendem conflitos - maior concordância**

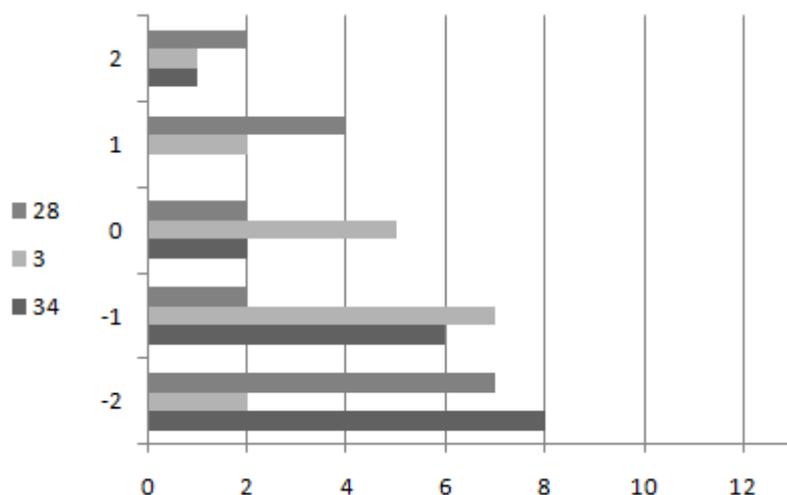
As afirmações 30, 23 e 24 tiveram, em ordem crescente, maior aceitação.

23. A escola deve denunciar os perigos do fanatismo religioso, lembrando os males já cometidos em nome da religião ao longo da história, como a perseguição aos cientistas como Galileu e Giordano Bruno.

24. Existem certos conflitos inevitáveis entre alguns conceitos religiosos e científicos, como sobre a origem da vida e a idade dos fósseis.

30. O ensino de ciências deve fortalecer no aluno uma visão de mundo científica e uma atitude crítica diante de afirmações não comprovadas, como a possibilidade de ressurreição.

São posturas típicas da postura de conflito, mas que não necessariamente desvalorizam as teses religiosas. Estas afirmações são compatíveis com uma postura religiosa não fundamentalista, que rejeita a interpretação literal da Bíblia como forma de conhecer os fenômenos naturais.



**Figura 28: Afirmações que defendem conflitos - menor concordância**

Já as três afirmações agrupadas no histograma acima são posturas típicas de indivíduos que valorizam a ciência e desvalorizam as religiões, sendo comparativamente mais agressivas do que as afirmações 30, 23 e 24.

3. A religião é uma forma de auto-engano, uma invenção humana que era forte antigamente, mas que nas sociedades mais avançadas tende a perder força.

28. Nas aulas de ciências é preciso desmistificar os preconceitos e mitos, como a crença de que os primeiros humanos foram Adão e Eva.

34. Quanto maior o conhecimento científico de alguém, menor a sua religiosidade.

A afirmação 28 teve um grau baixo de concordância (6 alunos), quando comparada com as afirmações ilustradas na figura 27. Porém, ela foi aceita por mais alunos do que as afirmações 3 (aceita por 3 alunos) e 34 (aceita por 1 aluno).

Isso evidencia que muitos alunos demonstravam preferência pela ciência quando ela era comparada com a religião, mas que havia poucos adeptos de uma posição radical de conflito.

Dentre as afirmações que enfatizavam a compatibilidade entre ciência e religião (ou que o conflito pode ser evitado), as afirmações 22, 27 e 25 (figura 29) tiveram maior discordância,

22) Os conflitos históricos entre ciência e religião devem ser amenizados nas aulas de ciências.

27) Ao ensinar assuntos como evolução das espécies e origem do universo, os professores devem também apresentar a explicação religiosa como alternativa igualmente válida.

25) O ensino religioso em escolas públicas pode ser financiado pelo Estado por que a religião é uma forma de cultura.

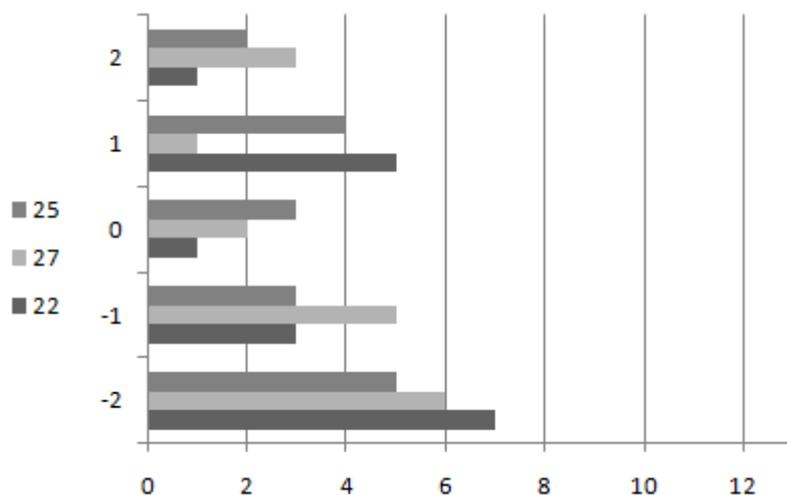
Já as afirmações 31, 29, 35 e 33 (figura 30) tiveram maior concordância:

31) Os professores de ciências não devem dizer aos seus alunos o que pensar sobre as religiões.

29) Associar ciência a ateísmo só traz prejuízo ao ensino de ciências.

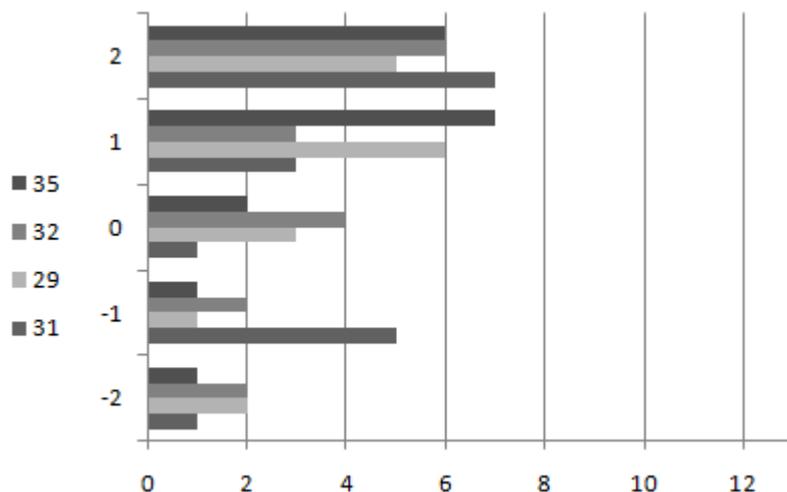
35) A ciência e a religião, assim como a as artes, a literatura, a matemática, permitem diferentes formas de ver o mundo, todas igualmente válidas.

33) Os professores de ciências não precisam exigir que os alunos aceitem completamente a visão de mundo científica, já que estes podem entender os conceitos mesmo sem acreditar neles.



**Figura 29: Afirmações que evitam conflitos - menor concordância**

As afirmações 27 e 25, argumentos típicos dos defensores do criacionismo nas aulas de ciências, tiveram alto grau de discordância (11 e 8 alunos, respectivamente), o que era de se esperar já que havia poucos alunos religiosos na classe. Já a afirmação 22 nos mostrou que 6 alunos eram adeptos da postura de amenizar conflitos, enquanto 10 rejeitaram esta postura.



### Figura 30: Afirmações que evitam conflitos - maior concordância

As afirmações que obtiveram maior grau de concordância são as típicas de uma visão liberal do ensino de ciências, que tendem até a uma visão relativista: todas as formas de ver o mundo seriam *igualmente* válidas. Sendo assim, nas aulas buscamos discutir com maior profundidade essas questões, em especial a questão 33 que foi debatida no ensaio final (apresentado na seção 7.7).

Pela análise das afirmações do bloco B pudemos perceber que os alunos apresentaram posturas moderadas sobre as relações entre ciência e religião. Tanto as afirmações científicas radicais, quanto as afirmações típicas de defensores do criacionismo tiveram baixo grau de aceitação. A postura predominante era de confiança e valor atribuído ao conhecimento científico aliados à tolerância em relação às crenças religiosas dos alunos nas aulas de ciências.

#### 7.4 Interpretação de tirinhas sobre o método científico, comparando ciência e religião

Esta atividade foi proposta para os alunos após as duas primeiras aulas (descritas no Apêndice C, nas quais os alunos apresentaram seminários sobre história da cosmologia). Inicialmente foi entregue aos alunos uma lista, contendo três tirinhas humorísticas e algumas questões para serem respondidas. Então, em sala, os alunos foram divididos em pequenos grupos e discutiram suas respostas dadas às questões, sendo então realizada uma discussão com a classe inteira.

A proposta era discutir semelhanças e diferenças entre ciência e religião partindo da interpretação de três tirinhas humorísticas. Na primeira tirinha, foi apresentada uma visão enfatizando **diferenças** entre ciência e religião, mostrando o método científico como algo que caracterizaria a ciência:



Figura 31: Diferenças entre ciência e religião<sup>82</sup>

Em seguida, era apresentada uma tirinha enfatizando **semelhanças** entre ciência e religião, mostrando que tanto religiosos quanto cientistas podem utilizar elementos de persuasão para convencer (ou converter) seus interlocutores.

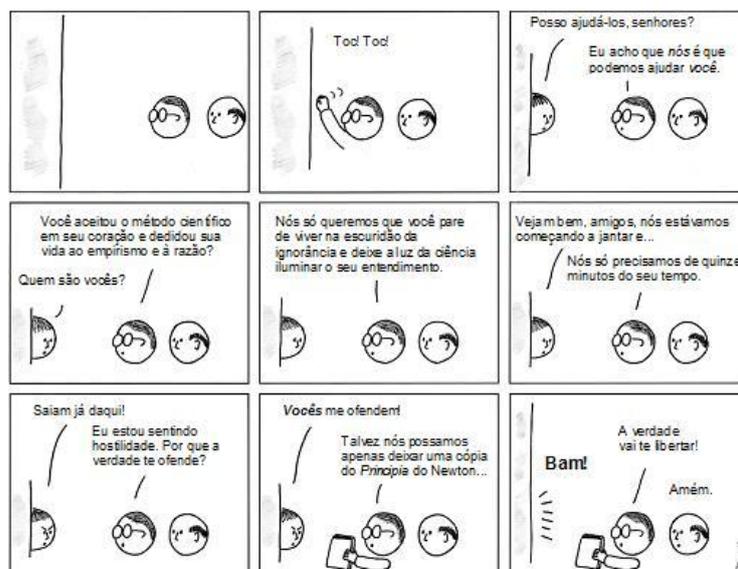


Figura 32: A propagação da visão de mundo científica<sup>83</sup>

Finalmente a terceira tirinha comparava a visão tradicional do método científico apresentada em muitos livros didáticos com uma visão mais “externalista” da ciência, explorando a existência de fatores “irracionais” influenciando a atividade dos cientistas:

<sup>82</sup> Fonte: [http://www.talkorigins.org/indexcc/CA/CA230\\_1.html](http://www.talkorigins.org/indexcc/CA/CA230_1.html), tradução livre.

<sup>83</sup> Fonte: <http://abstrusegoose.com/31>, tradução e título nossos.

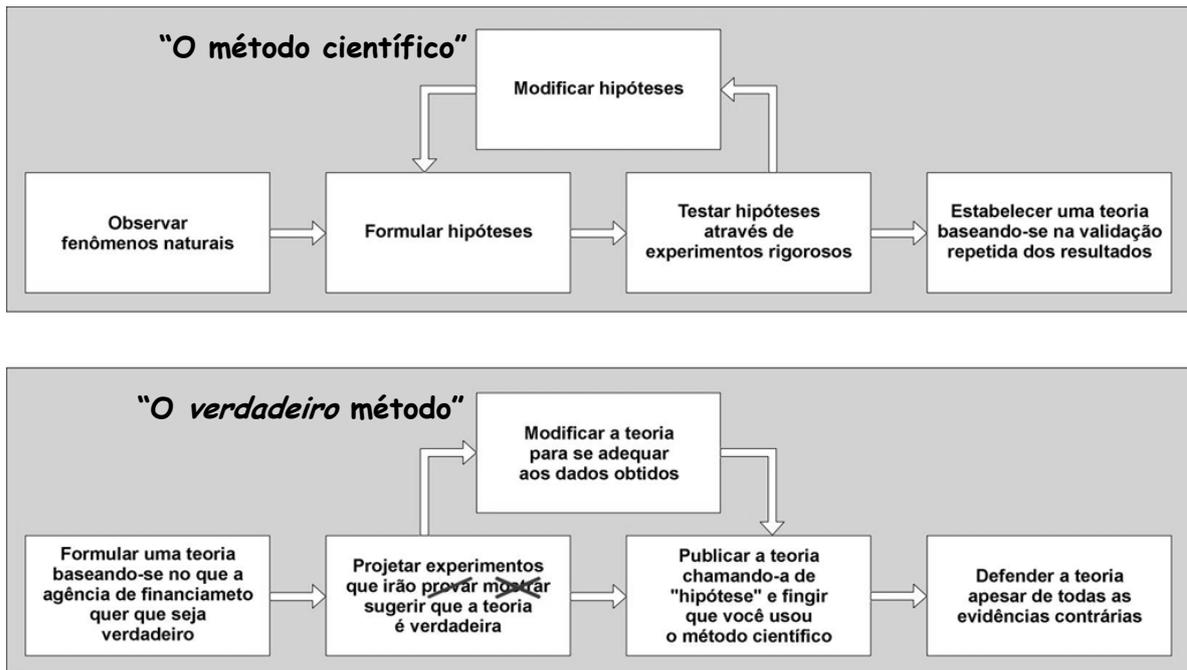


Figura 33: O “verdadeiro método científico”<sup>84</sup>

Na atividade proposta para os alunos havia a orientação de que as tirinhas fossem interpretadas segundo quatro perspectivas:

- a) A postura do autor da tirinha, ou seja, envolvia a interpretação pessoal que o aluno faria da visão do autor;
- b) A postura de Mahner e Bunge (1996), presente no texto lido pelos alunos para a aula. Este texto era uma versão ampliada de um artigo apresentado por nós no XII EPEF (Henrique e Silva 2010), contendo basicamente um resumo dos capítulos 5 e 6 desta dissertação;
- c) A visão pessoal dos alunos sobre o assunto;
- d) A postura que os alunos achavam que deveriam defender como professores de ciências.

Estas questões foram inspiradas na proposta de Reiss (2008), sobre o ensino de questões controversas envolvendo relações entre ciência e religião, em que os alunos assumem quatro papéis diferentes durante discussões sobre a teoria da evolução biológica e o criacionismo: um ateu com forte crença no evolucionismo, um agnóstico, um religioso que aceita o evolucionismo e um religioso criacionista. Segundo o autor “espera-se que, como é comum quando se interpreta papéis, ao participarem das atividades e discussões em

<sup>84</sup> Fonte: <http://www.phdcomics.com/comics/archive.php?comid=761>, tradução livre.

sala de aula, os estudantes possam entender melhor outros pontos de vista, o que pode ajudá-los a respeitar visões diferentes das suas.” (Reiss 2008, p. 180).

Vamos agora apresentar as respostas dos alunos sobre as interpretações dessas três tirinhas.

#### **7.4.1 O método científico e o método criacionista**

Nesta atividade 15 alunos participaram. Vamos apresentar nesta seção as respostas dadas pelos 15 alunos que participaram desta atividade às perguntas referentes à primeira tirinha (figura 31):

##### **1) Qual é a diferença entre o método científico e o criacionista, segundo:**

###### **a) A tirinha ao lado?**

Houve poucos alunos que realmente *interpretaram* a tirinha, já que a resposta mais comum foi a reprodução do texto da tirinha em outras palavras. Um exemplo típico:

*O método científico parte dos fatos e dados obtidos em experimentos e observações para obter conclusões e chegar a uma verdade. Já o método criacionista deseja que uma verdade seja aceita por todos, para isso busca fatos para justificá-la (Aluna 7).*

Uma aluna fez uma analogia interessante com uma equação descrevendo uma reação química, em que participam os fatos e as conclusões:

FATOS  $\longleftrightarrow$  CONCLUSÕES

O método científico seria exemplificado pela reação direta, enquanto o “método criacionista” seria exemplificado pela reação inversa.

*Podemos a partir da tirinha imaginar uma reação química com os fatos de um lado da reação e a conclusão do outro. O método científico tem os fatos como reagentes e a conclusão como produto (reação espontânea, no mundo científico) e o método criacionista tem a conclusão como reagente e os fatos como produto (reação espontânea na maior parte do mundo). Vendo dessa forma os métodos são as reações inversas um do outro (Aluna 9).*

Outra exceção foi a seguinte interpretação, que realçou o fato de que a tirinha indicaria que a objetividade diferencia a ciência da religião:

*Segundo a tirinha, o método científico é lógico, coerente e objetivo ao lidar com um conjunto de fatos reais que deve ser entendido e interpretado à luz da razão enquanto que o “método criacionista” é puramente subjetivo (além de não ser necessariamente lógico e coerente), permitindo-se iniciar suas análises a partir de algo subjetivamente construído (Aluno 11).*

###### **b) A visão de Mahner e Bunge?**

Todas as respostas foram bastante semelhantes, o que é natural, já que se esperava que elas fossem baseadas no texto lido. Como exemplo, apresentamos a resposta da aluna 16,

que colocou em forma de tabela o trecho do texto em que Mahner e Bunge comparavam ciência e religião:

<b>Método Científico</b>	<b>Método Criacionista</b>
Adotam a ontologia naturalista.	Acreditam na existência de entidades sobrenaturais (Deus, alma, espírito, karma).
Uma comunidade científica internacional busca fazer ciência independente de fronteiras, crenças, povos ou nações.	As comunidades religiosas são independentes e não costuma haver um diálogo construtivo entre membros de religiões diferentes, já que a maior parte de suas doutrinas é incompatível.
O conhecimento científico é confiável e durável, mas sujeito a mudança. As teorias científicas são aceitas como verdade, até que outra teoria melhor esteja disponível.	As verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis.
O desacordo entre religiosos não é algo bem visto. Já na ciência, a competição entre teorias é estimulada e o desacordo entre cientistas é permitido e às vezes até estimulado.	Não se admite uma pluralidade de interpretações para as explicações de fatos.
As teorias devem apresentar coerência interna, ser lógicas e testáveis.	Não fazem estas exigências, aceitam e defendem doutrinas inquestionáveis e são baseadas na fé.
É controverso. Envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais, que os experimentos não são a única via para o conhecimento e que as interpretações de observações são dependentes de teorias.	Envolvem práticas e rituais tais como a reza, a meditação e outras formas de ligação com entidades sobrenaturais. Há uma valorização da intuição e da revelação.

**Tabela 11: O método científico para Mahner e Bunge**

***c) A sua visão pessoal sobre o assunto?***

Todos os alunos enfatizaram as diferenças entre ciência e religião, fazendo citações dos textos propostos, sem criticar a visão da tirinha e aceitando a proposta de Mahner e Bunge. Este resultado foi muito diferente do encontrado por Loving e Foster (2000), em que a leitura do artigo de Mahner e Bunge causou reações emocionais fortes nos alunos. Como havia poucos alunos religiosos em nosso curso, essa diferença mostra-se justificada. Além disso, outra importante diferença entre esses resultados deve ter sido causada por termos feito uma seleção de trechos do artigo de Mahner e Bunge, sendo que algumas de suas falas mais radicais não foram apresentadas aos estudantes.

Um exemplo típico de resposta à questão:

*O método científico faz parte da pesquisa, essa parte sempre de uma situação problema (uma situação que se deseja estudar), a partir daí surge a proposta de*

*experimentos ou construção de modelos, a observação e levantamento de hipóteses que se forem comprovadas pelo experimento/modelo, poderá então ser generalizada e se tornar uma teoria. Essas podem sempre serem refeitas e questionadas. Já o método criacionista faz parte da crença, da fé, pode ser constituídas por rituais, templos e símbolos. Dentro do método criacionista, não há questionamento e não pode ser refeito apenas aceito (Aluno 4).*

Como os licenciandos admitiam a necessidade de se evitar entrar em conflito com as crenças dos alunos, além de enfatizarem as diferenças entre ciência e religião, podemos dizer que a postura da independência foi a mais escolhida como visão pessoal. 6 alunos expressaram, particularmente, mais confiança e valor atribuído ao método científico.

*È muito difícil discutir sobre estes pontos quando você cresce em uma sociedade católica que prega a religião como a resposta de tudo, mas ao analisarmos estas duas frentes distintas, podemos observar falhas na questão religiosa. Com a ciência os fatos e conclusões são mais exatos, pois a busca por respostas é incansável, há observação, organização de idéias e questionamento. Na religião não, tudo é baseado na fé, naquilo que não se vê. Portanto, o que me parece mais coerente e verdadeiro é o método científico (Aluna 1).*

*O método criacionista está totalmente influenciado pela religião e isso pode ser um problema para a ciência. Estão usando o método científico para evidenciar algo sobrenatural o que entra em conflito com o modo de pensar científico, o natural (Aluno 6).*

*O criacionismo, em qualquer religião, está ligado a necessidade do ser humano de explicar de onde veio e para onde vai dentro do seu egocentrismo, para tal criam figuras que são devotadas a ele (o ser humano) e as reverenciam por ter criado o ser humano a sua imagem e perfeição. Criam um sistema de regras e conceitos que favorecem uma classe específica que controla as demais, quando uma outra classe se levanta para exigir o mesmo favor, em geral, há uma cisão (Aluna 9).*

*Para mim o método científico é mais interessante, pois busca argumentos observáveis para explicar o mundo à nossa volta. Já o método religioso depende muito da fé, de se acreditar numa única verdade e sem muitas provas sobre seus argumentos, sendo assim mais difícil de ser aceito (Aluna 10).*

*Acredito que os métodos são bem diferenciados, tendo como diferença principal as finalidades. Para mim, o método científico apresenta muitos caminhos que o tornam mais concreto e ele não pressupõe a existência de objetos sobrenaturais para explicar o mundo natural. Já os métodos religiosos, acredito também que já pressupõe uma resposta, levando em conta as que envolvem explicações sobrenaturais, procurando apenas os fatos que se encaixam nesta resposta (Aluna 14).*

*O método científico, por tratar-se de provas através de experimentos e observações, nos trás melhores argumentos, enquanto a religião está relacionada com a fé e crença de cada indivíduo, “não apresentando” explicações para suas teorias (Aluna 16).*

Apenas 1 aluno se identificou como religioso, ressaltando a importância do chamado “método criacionista” em sua visão de mundo.

*Método científico é confiável, mas é limitado, pois não é possível através dele explicar tudo. Já o método criacionista, para quem é ateu de nada serve, mas para mim que sou religioso explica o sentido de tudo (Aluno 5)*

Nos textos de 3 alunos pudemos identificar afirmações que poderiam ser classificadas como exemplos da visão empírico-indutivista, ou absolutista, da ciência.

*O método científico busca uma verdade absoluta dentro dum modelo. Isso após analisar a situação diversas vezes para fugir das variações. A partir daí, tratar o caso com previsões partindo da verdade do modelo. O criacionista diz que as previsões vêm de um ser, ou fato, ligado à sobrenaturalidade (Aluno 15).*

*O método científico está inteiramente ligado a observações, dados experimentais, no qual são apresentados os fatos que podem ser alterados ao longo do tempo, por isso teorias mudam, ou seja, são melhoradas. Já o método criacionista está baseado na fé, na crença. Não há fatos concretos e sim abstrações (Aluna 08).*

*O método científico, por tratar-se de provas através de experimentos e observações, nos trás melhores argumentos, enquanto a religião está relacionada com a fé e crença de cada indivíduo, “não apresentando” explicações para suas teorias (Aluna 16).*

Em contraste, outros 3 textos continham frases que mostravam que o aluno achou importante enfatizar a importância das interpretações de teorias no método científico, ou que identificaram a visão da tirinha como uma concepção inadequada sobre o método científico:

*O método científico é o resultado de observações do mundo natural, experimentação e a construção de teorias compatíveis com os fatos conhecidos até o momento, o que garante uma constante mudança na teoria com a aquisição de novos dados e também a teoria é corroborada com a previsão correta de fatos. Mas pode haver divergência na interpretação dos dados e levar ao surgimento de múltiplas teorias para os mesmos fatos (Aluna 09).*

*O método científico está envolvido com a observação, a realização de experimentos, a compreensão do funcionamento de fenômenos. As teorias auxiliam na determinação das práticas, e estas por sua vez auxiliam no estudo o fenômeno em questão O método criacionista baseia-se em fatos e rituais descritos anteriormente, apresentando diversos simbolismos. Estes fatos e rituais são interpretados e explicados de maneira uniforme pelos religiosos de uma mesma religião. Podendo ter diferentes interpretações quando se analisa pelo ponto de vista de outras religiões. Divergências entre os métodos em uma mesma religião não são frequentes (Aluno 2).*

*A principal diferença entre o método científico e o método religioso consiste no primeiro buscar primeiramente observar os fatos para depois apresentar uma conclusão. Já o método criacionista, partir primeiro de uma conclusão e depois analisar os fatos. É também apresentada uma visão de que o método científico sempre pode concluir algo acerca dos fatos (visão parecida com a de Mahner e Bunge). Além disso, parece também que o método científico implicará em uma única conclusão, e que não pode ser modificado ao longo do tempo (talvez se tivesse aparecido palavra “conclusões”, a charge poderia estar menos errada), o que me parece errado, pois as teorias vigentes são fatos já concluídos que podem contribuir para uma nova conclusão (Aluna 14).*

Ainda que no enunciado não houvesse um pedido explícito de que fossem utilizadas as categorias de posturas sobre relações entre ciência e religião (descritas na seção 5.4), 2 alunos o fizeram:

*Acredito na categoria da independência entre ciência e religião, pois acho que as duas opiniões podem ser complementares, e que em situações e momentos distintos uma ou outra pode ser utilizada de maneira mais favorável a necessidade daquele indivíduo (Aluna 7).*

*Entendo que ciência e religião são campos do conhecimento humano totalmente distintos. E buscam verdades distintas. Através da fé, intuição, revelação e ritualística, a religião busca a verdade espiritual, a verdade que dá sentido absoluto à existência, à vida e à morte. Diferentemente, através da razão, observação, experimentação e de um método lógico e coerente, a ciência busca uma “verdade” que é detectável, mensurável e mutável (dura enquanto seus alicerces forem racionalmente aceitos), baseada apenas em entidades naturais, sem precisar invocar entidades sobrenaturais (o que, certamente, deixaria a ciência tão subjetiva quanto a religião). Entendo que são coisas completamente diferentes (o que me leva a adotar uma postura entre independência e conflito) e que não são complementares justamente por partirem de princípios e mecanismos completamente diferentes (o que me impede de considerar uma postura de diálogo e muito menos integração) (Aluno 11).*

CATEGORIA	Alunos	Total
Enfatizaram diferenças entre ciência e religião, aceitando a proposta de Mahner e Bunge	todos	15
Preferência explícita pelo método científico	1, 6, 9, 10, 14, 16	6
Concepções empírico-indutivistas ou absolutistas da ciência	8, 15, 16	3
Importância das <i>interpretações</i> no método científico	2, 9, 14	3
Importância do “método criacionista” em sua visão de mundo	5	1

**Tabela 12: Postura dos alunos sobre o método científico e o “método criacionista”**

***d) A postura que acha que deve defender como professor de ciências?***

Nesse caso a postura mais defendida (8 alunos) foi a de simplesmente apresentar o método científico e o religioso, sem que o professor defenda explicitamente nenhuma dos dois. Exemplo::

*Como professora de ciências deve-se ter uma postura imparcial sobre qual método defende e acredita na maior confiabilidade. Deve-se portar com uma postura eloqüente, que gere a discussão do fato em sala de aula e a reflexão dos alunos para a vida e estudo dos fatos decorrentes dela de forma que não venha a confundir suas crenças científicas e/ou religiosas. Defendo a postura de apresentar ambos, pois não devemos “esconder” do aluno todas as possibilidades e forma de conhecimentos, no entanto deve-se ser de forma cautelosa, procurando não ofender ou criar desavenças devido ao grande conflito do tema. Permitir que os próprios alunos tirem suas conclusões sobre o que é mais viável de aplicação e crença (Aluna 17).*

Como os alunos devem ter percebido que essa era a postura adotada durante a nossa intervenção (já que estávamos exatamente discutindo semelhanças e diferenças entre

ciência e religião, sem mostrar preferência por nenhuma das duas), há sempre o risco de que alguns deles tenham escrito isso porque seria “o que o professor gostaria de ler”. Um aluno afirmou que:

*Apesar de atualmente pensar que a relação entre ciência e religião é que elas são distintas e independentes, acredito que como professor de ciências devo rever minhas concepções e não devo evitar essa discussão em sala de aula. Esta pode ser uma grande oportunidade de observar as diferentes opiniões dos alunos e para que possam refletir e tirar suas próprias conclusões sobre o tema (Aluno 13).*

Dentre as outras posturas, estavam:

A ideia de que aulas de ciências não devem tratar de religião (4 alunos):

*Para mim depende do contexto em que professor está inserido, ele deve apresentar a cosmologia, mas sempre respeitando à opinião da sala de aula e da escola (Aluno 4).*

*Defender o método científico. O conhecimento científico é confiável, durável e sujeito a mudanças. A verdade não é absoluta como na religião. E como o método criacionista está um tanto influenciado pela religião, é um pensamento até anti-científico (Aluno 6).*

*O professor de Ciências deve se ater à exposição e aplicação do método científico. Religião deve ser tratada na aula de religião, que toda escola, em teoria, tem, porém só se ensina cristianismo, o que não ajuda muito. O professor deve evitar falar sobre religião (lembrar sempre nunca discutir religião e futebol), porém ele deve estar apto a discutir o tópico se necessário, porém se o professor tiver que discutir uma religião, ele deve discutir sobre todas as grandes religiões do globo. Mas as escolas têm aulas de Filosofia e religião para discussões dessa natureza (Aluna 9).*

*Devo separar os modelos, pois penso em não justificar o mesmo fato com ambas. O científico já sofreu varias mudanças pelos séculos. Já o criacionista perdura. Assim, o científico deve ser visto como uma alternativa para o currículo escolar, e não para a vida (Aluno 15).*

A ideia de que o professor deve apresentar alternativas, porém sem evitar a defesa de uma posição (3 alunos):

*Como futura professora adotaria a postura de independência, assim posso respeitar e ensinar meus alunos a respeitarem as duas formas de pensar. Além disso acredito que a religião pode contribuir para a formação moral dos alunos, ensinando valores que a ciência talvez não consiga (Aluna 7).*

*Tenho a postura de que o ensino de ciências deve formar cidadãos críticos, e assim transmitir informações de como são os métodos que constroem a ciência é essencial nas aulas de ciências. Mas, defendo a postura do diálogo, vendo que é preciso propiciar aos alunos o conhecimento dos métodos religiosos, cuja fundamentação e pressupostos diferem do método científico (Aluna 14).*

*Como professor de ciências, antes de defender qualquer postura, seja extremamente necessário apresentar brevemente aos alunos as 4 posturas (independência, conflito, integração e diálogo) de modo que eles vejam claramente as alternativas existentes. Feito isto, creio ser muito mais produtivo e saudável adotar uma postura que seja uma combinação das posturas de independência e conflito e mostrando-lhes que é possível conviver com ciência e religião mas que não podem ser misturadas por serem essencialmente diferentes (Aluno 11).*



CATEGORIA	Alunos	Total
Apresentar o método científico e o “método criacionista” sem tomar partido	01, 02, 05, 08, 10, 13, 16, 17	8
Não falar de religião nas aulas de ciências	04, 06, 09, 15	4
Apresentar o método científico e o “método criacionista”, podendo defender uma posição específica sobre relações entre ciência e religião	07, 11, 14	3

**Tabela 13: Postura desejável do professor de ciência ao ensinar sobre métodos da ciência e religião**

#### **7.4.2 A propagação da visão de mundo científica**

Nesta seção, vamos apresentar a análise das respostas dos alunos dadas à segunda tirinha (figura 32), que tratava de semelhanças entre ciência e religião.

#### **2) *Quais as semelhanças entre a visão de mundo científica e a visão de mundo religiosa, segundo:***

##### **a) *A tirinha “A propagação da visão de mundo científica”?***

Todos os alunos responderam que a semelhança entre cientistas e religiosos explorada pela tirinha era a forma de propagar suas ideias, buscando persuadir outras pessoas a adquirirem conhecimento ou convencê-las a aceitarem suas teses. Exemplo:

*Ciência e religião buscam trazer a verdade para as pessoas ou apenas convencê-las a aceitar seus argumentos como verdadeiros. Apesar de muitas vezes nenhuma das duas despertarem interesse e aceitação (Aluna 10).*

Porém alguns alunos fizeram questão de frisar que a tirinha era irônica, porque na verdade os cientistas não se comportariam dessa forma (só os maus cientistas); esse tipo de persuasão seria uma atitude típica exclusivamente de religiosos.

*A tirinha satiriza a postura de certos propagandistas da ciência que a apresentam como se esta fosse uma “verdade libertadora”, assim como fazem alguns religiosos (Aluno 11).*

##### **b) *A visão de Mahner e Bunge?***

Novamente todas as respostas foram bastante semelhantes. Exemplo:

*Para Mahner e Bunge só existe uma semelhança entre a visão de mundo científica e a visão de mundo religiosa que é a busca pela verdade, porém ressaltam que as verdades científicas são diferentes das religiosas (Aluna 1).*

##### **c) *A sua visão pessoal sobre o assunto?***

Quase todos (13 alunos) concordaram com a visão de Mahner e Bunge, dizendo que ciência e religião buscam a verdade. Isso também se refletiu na construção dos diagramas,

já que em sua maioria eram muito semelhantes ao apresentado no texto proposto, elaborado a partir das afirmações de Mahner e Bunge.

Duas respostas se destacaram, por trazerem ideias diferentes:

*Ambas tentam responder as mesmas perguntas com abordagens diferentes, a Ciência é uma forma mais lógica para tentar responder, mas não por muito, pois ela não é largamente divulgada de forma que a população geral tenha pelo menos lampejos de compreensão e também se deve considerar que muitas vezes as informações são transmitidas pela mídia de forma errônea. Isso contribui para uma mistificação da Ciência. A religião é amplamente divulgada e simplificada para ser acessível e para a maioria das pessoas fornece as respostas necessárias para uma pessoa dormir tranqüila com base em fenômenos e milagres, porém sofre com o ego daqueles que a interpretam para as massas (Aluna 9).*

*A ciência apenas trata daquilo que pode ser racionalmente pensado e metodologicamente testado, reproduzido e demonstrado; questões fundamentais como se há ou não um propósito para a existência humana ou para o universo não são tratadas pela ciência (pois estão fora de seu escopo). Nem ciência nem religião são capazes de explicar rigorosamente tudo simplesmente porque nossos sentidos são limitados: podemos tanto ser enganados por estes diante de uma suposta intuição ou revelação quanto ser enganados por acreditarmos somente naquilo que é acessível aos nossos sentidos. Enfim, como não sabemos se o que acessamos através de nossos sentidos é a realidade última ou se é apenas parte desta, não faz sentido discutir se ciência é melhor ou pior do que religião: basta apenas entender e aceitar que são coisas completamente diferentes (e não complementares) (Aluno 11).*

**d) A postura que acha que deve defender como professor de ciências?**

Esta pergunta se mostrou redundante. Todos os alunos repetiram a resposta dada na questão 1d. Apenas uma resposta se trouxe novos comentários:

*A propósito, acho interessante mostrar aos alunos que certos fenômenos, outrora entendidos como manifestações sobrenaturais, são passíveis de explicação científica. No entanto, sempre que possível, é necessário dizer aos alunos que a explicação científica de tais fenômenos não prova a existência (ou não-existência) de entidades sobrenaturais. Além disso, os alunos devem saber que seria muita pretensão esperar que algo criado pelos limitados sentidos humanos sejam capazes de explicar e descrever rigorosamente tudo o que existe (Aluno 11).*

### **7.4.3 O “verdadeiro método científico”**

Nesta seção apresentamos as respostas dos alunos dadas à terceira tirinha (figura 32), que comparava o método científico típico dos livros didáticos com o chamado “verdadeiro método científico”.

**3) Qual é a diferença entre o método científico e o “verdadeiro” método, segundo:**

**a) A tirinha “O verdadeiro método científico”?**

Todas as respostas descreveram em palavras os elementos apresentados nas tirinhas. Exemplo:

*Pela tirinha podemos concluir que no “verdadeiro método” os resultados já estão prontos, ou seja, de uma forma ou de outra te quem se chegar aos resultados prontos. Enquanto no método científico existe a possibilidade da refutação de hipóteses e de novos resultados diferentes do esperado (Aluno 4).*

### **b) A visão de Mahner e Bunge?**

Mais uma vez, a resposta mais comum (8 alunos) foi a citação do texto sobre o método científico de Mahner e Bunge, o que nos mostrou a necessidade de se reformular essa questão em uma eventual nova aplicação dessa atividade. Talvez fosse melhor perguntar “qual dos dois métodos seria mais semelhante ao descrito por Mahner e Bunge?”.

Cinco alunos afirmaram que a visão de Mahner e Bunge era mais próxima do “método científico” (da parte superior da terceira tirinha):

*A visão de Mahner e Bunge encaixa-se adequadamente à primeira parte da tirinha, pois eles descrevem que “[...] a produção do conhecimento científico envolve a observação e o registro cuidadoso de dados experimentais” (Aluna 1)*

*Na visão de Mahner e Bunge o verdadeiro método científico é controverso, envolve observação, experimentação e registro dos dados. Ele é descrito de maneira mais similar a primeira parte da tirinha (Aluno 2).*

*Na visão de Mahner e Bunge o verdadeiro método científico envolve observação, experimentação e registro dos dados, ou seja, é a descrição do primeiro exemplo (Aluna 9).*

*Segundo Mahner e Bunge as teorias científicas devem apresentar coerência interna, ser lógicas e testáveis. Isso, evidencia suas posições a favor do “método científico”, uma vez que o “verdadeiro método” não segue esses princípios (Aluno 13).*

Apenas um aluno parece ter sugerido que a visão de Mahner e Bunge seria mais próxima do “verdadeiro método”:

*O verdadeiro método científico é o método atualmente preferido, por que ele já tem um referencial teórico mínimo, podendo estar aliado a uma rede de teorias. Mas o que importa é que os dados vão sendo adequados para serem positivos. O método científico pode sofrer negação em qualquer parte da caminhada. O verdadeiro método é controverso, justamente pelo dito. O científico não é controverso (Aluno 15).*

E finalmente uma aluna afirmou que Mahner e Bunge poderiam defender tanto o “método científico” quanto o “verdadeiro método”:

*Para Mahner e Bunge o método científico não é único e o verdadeiro. Eles defendem que existe diversos métodos na ciência. Talvez considerem o “verdadeiro método” também como um método científico, pois o que eles pressupõem é que não este último não deve haver apenas explicações sobrenaturais, mas não comentam nada sobre questões e influências sociais no método (Aluna 14).*

### **c) A sua visão pessoal sobre o assunto?**

Para 13 alunos o “método científico” é mais confiável que o “verdadeiro método”, o que mostra um predomínio de uma visão prescritiva e internalista da ciência, considerando

que os fatores sociais e econômicos que influenciam a pesquisa não devem ser incorporados na descrição da natureza da ciência.

Dentre os alunos que defenderam essa postura, alguns reconheceram que ocasionalmente o “verdadeiro método” acontece, mas que isso seria menos comum na ciência:

*Carl Sagan afirma que o método científico “não é perfeito, é apenas o melhor que temos”. Não nego a possibilidade de cientistas influenciados por questões financeiras e/ou pessoais que acabarem repassando, ingênua ou tendenciosamente, tais influências para seus trabalhos. No entanto, o ceticismo e a reprodutibilidade, dois dos pilares da ciência, dificultariam a sobrevivência e perpetuação de tais influências. Com o primeiro, a dúvida é sempre estimulada; com o segundo, o caminho tanto teórico quanto experimental percorrido por um cientista até ele chegar à sua conclusão deve ser, a princípio, passível de ser reproduzido em qualquer lugar por qualquer pessoa. Além disso, como o diálogo entre cientistas é muito frequente (independentemente de crenças, regiões, povos ou nações) e existe a competição entre cientistas e laboratórios, vejo que a chance de sobrevivência e perpetuação de influências desta natureza é minimizada (Aluno 11).*

Dentre esses 13 alunos que avaliaram o “verdadeiro método” negativamente, 9 consideram que o “verdadeiro método” é o que acontece na prática. Exemplos:

*Infelizmente devido à necessidade do apoio financeiro, os pesquisadores e cientistas têm a responsabilidade de definir seus projetos e reportar seus resultados muitas vezes manipulando-os de acordo com as exigências das agências de fomento. Isto causa uma queda da veracidade de muitos trabalhos e uma distorção da realidade do método científico (Aluno 02).*

*Acredito que uma pesquisa que utilize o “verdadeiro” método não pode ser considerada se foi feita para atender às exigências do financiamento. Uma pesquisa científica deve levantar dados verdadeiros e formular teorias que nos ajudem a entender a natureza e, quando não for possível que seja justificado e não manipulado para chegar no resultado que queremos (Aluna 10).*

Já para 4 alunos que avaliaram o “verdadeiro método” negativamente, ele não aconteceria na prática científica, sendo mais comum entre religiosos:

*Acho que o “Verdadeiro Método” é utilizado por todas as religiões, porém a fé que tenho em Deus não tem absolutamente nenhum tipo de ligação com esses métodos (Aluno 05).*

*O “verdadeiro método” pode ser, talvez, mais influenciado pela religião. Ele vai totalmente contra o pensamento científico. O método científico é o que mais tem proporcionado conhecimento para o ser humano, se a humanidade teve um grande avanço, foi devido ao método científico, as verdades científicas são bem mais plausíveis, racionais e seguras (Aluno 06).*

*Penso que podemos comparar o método “verdadeiro” com a religião, pois ambos são baseados em interesses e manipulam as informações de maneira a confirmar suas “verdades” e convencer as pessoas. Com esse método são produzidas “mercadorias” ao invés de ciência. O método científico deve ser livre de interesses pessoais, financeiros, etc. Ele deve ter como objetivo única e exclusivamente a busca pelo conhecimento (Aluna 07).*

*O método científico, por tratar-se de provas através de experimentos e observações, nos trás melhores argumentos, enquanto a religião está relacionada com a fé e crença de cada indivíduo, “não apresentando” explicações para suas teorias (Aluna 16).*

Apenas 2 alunos apresentaram uma postura neutra em relação ao fato de que o “verdadeiro método” aconteça na prática científica:

*Não há um único método científico na ciência, e também não é possível separar as influências sociais e pessoais quando se faz ciência (Aluna 14).*

*O verdadeiro método científico é o método atualmente preferido, por que ele já tem um referencial teórico mínimo, podendo estar aliado a uma rede de teorias. Mas o que importa é que os dados vão sendo adequados para serem positivos. O método científico pode sofrer negação em qualquer parte da caminhada. [Há também] o interesse financeiro, já que muitas vezes a pesquisa busca a verdade que o financiador quer mostrar (Aluno 15).*

CATEGORIA	Alunos	Total
O “método científico” é mais adequado do que o “verdadeiro método”, ou o “verdadeiro método” é uma distorção que deve ser evitada	01, 02, 04, 08, 09, 10, 11, 13, 17, 05, 06, 07, 16	13
O “verdadeiro método” acontece na prática científica	01, 02, 04, 08, 09, 10, 11, 13, 17, 14, 15	11
O “verdadeiro método” se assemelha à postura de religiosos	05, 06, 07, 16	4
Avaliação neutra do “verdadeiro método”	14, 15	2

**Tabela 14: Postura dos alunos sobre o método científico e o “verdadeiro método”**

***d) A postura que acha que deve defender como professor de ciências?***

A postura majoritária (6 alunos) foi a de que o professor deve apresentar os tipos de método científico, mostrando que o “verdadeiro método” é uma distorção da ciência.

*Neste caso, o professor também deve mostrar aos alunos os dois métodos, mas deve apontar certamente os pontos negativos do verdadeiro método científico, trazer aos alunos o porquê da utilização do mesmo e como ocorre a distorção dos fatos. Deve apresentar os problemas e poderá instigar o aluno a levantar soluções (Aluna 01).*

*O professor de ciência deve defender o método científico de maneira que mostre que as teorias que temos atualmente foram estudadas exaustivamente, sendo avaliadas por outros pesquisadores e refutadas quando necessário. O professor pode mostrar que existem algumas manipulações na teoria, mas é necessário justificar porque elas aconteceram (Aluna 10).*

Para 5 alunos, o professor deve apresentar os tipos de método científico, sem tomar partido.

*Os dois métodos devem ser apresentados aos alunos, mostrando as vantagens e desvantagens que eles tem, e mais uma vez sem influenciar o aluno a ter a mesma opinião que a sua (Aluna 08).*

*Devo defender exatamente o fato de que não existe um único método na ciência, mas sim diversos. E que estes não se apresentam isentos das influências sociais e pessoais dos cientistas, ou mesmo da sociedade (Aluna 14).*

Já para 4 alunos, apenas o método científico deve ser ensinado:

*Não existe opção, só o primeiro método descrito na tirinha é válido e é este que deve ser ensinado. O outro é uma fraude citar sua existência como possibilidade é um ato criminoso, podemos no máximo mostrar os resultados vergonhosos trazidos por atos como esses (Aluna 09).*

*O método científico, assim além de ensinar ciências estarei ensinando valores, formando um cidadão honesto e comprometido com a verdade e com a ciência (Aluna 07).*

CATEGORIA	Alunos	Total
Apresentar o método científico e o “verdadeiro método” mostrando que o segundo é uma distorção negativa	01, 02, 04, 10, 11, 17	6
Apresentar o método científico e o “verdadeiro método” sem tomar partido	05, 08, 14, 15, 16	5
Apresentar apenas o método científico	06, 07, 09, 13	4

**Tabela 15: Postura desejável do professor de ciências ao ensinar sobre o método científico e o “verdadeiro método”**

## 7.5 Construção de diagramas sobre ciência e religião

No texto proposto para as aulas 4 e 5 apresentamos alguns diagramas ilustrando diferenças e semelhanças entre ciência e religião (figuras 16 e 17, capítulo 5). Antes da última aula, pedimos que os estudantes construíssem seus próprios diagramas, com o objetivo de sintetizar as discussões ocorridas na aula 4.

Todos os diagramas apresentados eram muito parecidos. No início da aula 5 apresentamos aos alunos uma síntese dos diagramas feitos por todos:



Figura 34: Síntese dos diagramas construídos pelos alunos

Como a maioria dos diagramas era semelhante ao proposto por Mahner e Bunge, buscamos problematizar essa proposta, tendo como base os argumentos apresentados na seção 5.2. Para isso perguntamos se palavras como “respeito à autoridade”, “dogmatismo” e “intuições” deveriam ser colocadas na parte de características exclusivas da ciência, exclusivas da religião, ou de características comuns a ambas. Com isso, construímos um novo diagrama ampliando os elementos da intersecção no diagrama:



Figura 35: Novo diagrama enfatizando semelhanças entre ciência e religião

Vimos que os alunos aceitaram essa nova proposta com muita facilidade. Concordaram com diversas teses que enfatizavam semelhanças entre ciência e religião, inclusive as que tinham tido baixo grau de aceitação no questionário inicial.

Uma boa explicação para isso foi dada por um dos alunos, que disse que achou bastante interessante a atividade de construir diagramas, mas que seria ainda mais proveitoso construir dois tipos diferentes:

- um sobre como seria a ciência “ideal”, ou como achamos que a ciência *deveria ser*;
- outro sobre como a ciência *é*, a prática real dos cientistas;

Esta distinção entre propostas *descritivas* e *prescritivas* sobre a natureza da ciência mostra limitações das informações obtidas com o questionário inicial. Como não tínhamos acesso às justificativas, nem tínhamos deixado explícito se as perguntas se referiam à ciência “real” ou a ciência “ideal”, é provável que a maioria dos alunos tenham pensado na ciência “ideal” ao respondê-las. Porém, nos parece que se as perguntas enfatizassem como a ciência *é* na prática, talvez as respostas fossem bastante diferentes, já que eles aceitaram com muita facilidade o questionamento de suas respostas. Esta é uma hipótese que pretendemos investigar em trabalhos futuros.

## **7.6 Questionário pós-teste sobre relações entre ciência e religião**

Após o término das aulas, 17 alunos responderam novamente ao mesmo questionário sobre relações entre ciência e religião, dessa vez numa versão online. Vamos agora analisar os mesmos blocos de questões apresentados na seção 7.3, porém comparando as respostas dadas no questionário pré-teste com as do pós-teste. Por isso, ao invés de histogramas, optamos por apresentar os dados em tabelas.

### **7.6.1 Bloco A: Comparação entre objetivos e métodos de ciência e religião**

No questionário pós-teste, notamos um aumento considerável (de até mais 80%, de 5 para 11 alunos) na quantidade de alunos que concordaram fortemente com as afirmações 9, 14. Houve um aumento menor de concordância em relação às afirmações 4 e 1.

	-2	-1	0	1	2
4. Como disse Galileu: “A Bíblia te ensina como ir para o céu a as ciências ensinam como o vai o Céu”. PRÉ	3	2	5	3	4
PÓS	1	0	4	5	6
9. As verdades científicas são sujeitas a mudanças, já as verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis: PRÉ	2	2	1	6	<b>6</b>
PÓS	1	0	0	4	<b>11</b>
14. Quando religiosos tentam verificar cientificamente suas ideias, quase sempre eles já sabem qual é a conclusão e buscam evidências para dar suporte apenas ao que querem defender. PRÉ	0	1	3	7	<b>6</b>
PÓS	1	0	0	4	<b>11</b>
1. A ciência lida com o mundo objetivo e utiliza a razão e a experimentação. Enquanto que a religião lida com o mundo espiritual, utiliza a fé e a ritualística. PRÉ	0	0	2	5	10
PÓS	0	0	0	5	11

**Tabela 16: Diferenças entre ciência e religião no pré-teste e pós-teste**

Entre o grupo de questões que enfatizava as semelhanças entre ciência e religião, notamos um considerável aumento (entre 50 e 125%) no número de alunos que escolheu grau de concordância 2 no pós-teste. Uma explicação disso pode ser dada pelo contato dos alunos com os argumentos de Mahner e Bunge, que foram pouco problematizados durante as aulas. A afirmação 5, por exemplo, que teve aumento de mais de 100% (de 4 para 9) no número de alunos que escolheram grau de concordância 2, constava também na atividade de construção de diagramas sobre semelhanças entre ciência e religião, sendo um dos únicos elementos presentes em seus diagramas que estavam na região da intersecção entre ciência e religião.

Contudo, mesmo com esse aumento, o grau de concordância atribuído ao primeiro grupo de afirmações (1, 4, 9, 14) continuou sendo maior que o atribuído ao segundo grupo de afirmações (2, 5, 7, 13). Ou seja, os alunos continuaram concordando mais com afirmações que enfatizavam *diferenças* do que com as que enfatizavam *semelhanças* entre ciência e religião.

	-2	-1	0	1	2
7. Tanto a ciência quanto a religião partem de ideias que não podem ser testadas, como a crença de que existe uma ordem na natureza. PRÉ	6	3	3	3	2
PÓS	7	0	2	3	4
5. Ciência e religião têm em comum a busca pela verdade. PRÉ	4	4	1	4	<b>4</b>
PÓS	2	0	2	3	<b>9</b>
2. Ciência e religião buscam responder às mesmas perguntas PRÉ	1	5	3	5	3
PÓS	2	1	5	4	5
13. Tanto a ciência quanto a religião se baseiam no respeito à autoridade em algum grau. PRÉ	3	0	5	5	4
PÓS	1	1	5	3	6

**Tabela 17: Semelhanças entre ciência e religião no pré-teste e pós-teste**

Já em relação às afirmações que envolviam a comparação entre os métodos da ciência e religião houve um preocupante aumento de concordância em relação à afirmação 11 (de 1 para 4 alunos, ou 400%, no grau 2). Também houve um aumento da aceitação da afirmação 12 (de 2 para 6, nos graus 1 e 2).

	-2	-1	0	1	2
11. O conhecimento científico é confiável porque é provado objetivamente através de experimentos, conforme o método científico. PRÉ	1	4	2	9	<b>1</b>
PÓS	3	1	0	8	<b>4</b>
12. As teses religiosas não são confiáveis porque não utilizam o método científico. PRÉ	4	<b>8</b>	3	1	1
PÓS	4	<b>3</b>	3	4	2
16. A ciência chega a resultados universais, que independem da cultura local. PRÉ	<b>2</b>	<b>7</b>	0	4	4
PÓS	<b>5</b>	<b>1</b>	0	4	6
17. Já as religiões são fortemente influenciadas pela cultura de cada povo. PRÉ	0	1	0	5	11
PÓS	0	0	0	6	10

**Tabela 18: Comparando os métodos da ciência e religião no pré-teste e pós-teste**

Em relação às afirmações 16 e 17, não houve alterações significativas entre o pré-teste e o pós-teste. Como por limitação de tempo o debate sobre o ensino multicultural não foi apresentado durante o curso, a questão da universalidade da ciência acabou não sendo discutida. As questões envolvendo as influências culturais sobre a natureza da ciência também não estavam presentes nas aulas, já que deixamos claro que nossa discussão seria centrada na relação entre o cristianismo e a cosmologia produzida por autores ocidentais,

no século XX. Sendo assim era de se esperar que não tenha havido alterações significativas nas respostas dos alunos a essas questões antes e após a atividade.

Como as afirmações 11 e 12 eram consideradas ingênuas, sendo um dos objetivos da atividade a problematização destas posturas, decidimos investigá-las com maior detalhe, introduzindo no questionário um campo de justificativa, dadas por escrito, para a escolha feita em relação à afirmação 11. A seguir, apresentamos os textos escritos pelos alunos, separados por grau de concordância de 2 a -2:

#### GRAU DE CONCORDÂNCIA 2:

- a) *Na sentença acima, apenas trocaria a palavra "provado" por "inferido" ou "deduzido". A palavra "provado" dá a ideia de que um conhecimento científico é "verdadeiro", "imutável" e "absoluto", o que não ocorre.*
- b) *É confiável, mutável e não é absoluto.*
- c) *Concordo que o conhecimento científico é confiável, pois o método científico comprova as teorias. Porém é muito limitado, ou seja, há muitas perguntas sem respostas.*
- d) *Sim, na religião nada é provado, tudo é adaptado.*

#### GRAU DE CONCORDÂNCIA 1:

- a) *O conhecimento científico infelizmente está muito atrelado a interesses sócio-econômicos e deve muitas vezes dar respaldo às agências de fomento que o financiam. Isso pode ocasionar em uma distorção da realidade a fim de justificar os fundos utilizados. Ou seja, uma modificação do método científico para o verdadeiro método científico (segundo a terceira tirinha exposta na aula). Devido a isso, o conhecimento científico não é totalmente confiável, além é claro de possíveis futuros resultados podem refutar o conhecimento "atual" modificando-o. Uma vez que a ciência é produto do homem assim como a religião ela está sujeita a erros.*
- b) *"Provado", por vários métodos.*
- c) *Por mais que seja provado objetivamente através de experimentos, pode haver erros. Trata-se de conhecimento que podem se alterar.*
- d) *Na verdade o conhecimento científico mostra evidências para os acontecimentos, mas não provado, pois é mutável.*
- e) *Uma análise errada do experimento pode gerar conclusões erradas;*
- f) *Nem sempre o conhecimento científico é totalmente confiável, visto que pode ocorrer falhas experimentais, mesmo seguindo métodos científicos*
- g) *O conhecimento científico pode ser manipulado e exposto de forma corroborar uma hipótese qualquer.*
- h) *O conhecimento científico é confiável pois corresponde à observação e interpretação atual, ou com boas razões e argumentos para ser aceito.*

Notamos que essas afirmações não podem ser consideradas visões inadequadas da natureza da ciência, uma vez que os alunos concordaram com a frase como um todo, relevando a importância do uso do termo “provado”.

A análise destas justificativas nos mostrou grandes limitações do uso de questionários de múltipla escolha. Houve muitos exemplos de alunos que concordaram com a afirmação (graus de concordância 1 ou 2) que forneceram justificativas muito parecidas com as de alunos que discordaram da afirmação (escolhendo graus de concordância negativos).

**GRAU DE CONCORDÂNCIA -1:**

*a) Já vimos que a ciência é tendenciosa e muitas vezes manipulável*

**GRAU DE CONCORDÂNCIA -2**

*a) Nem sempre devemos confiar cegamente numa teoria científica, já que o tempo todo as coisas estão sendo provadas ou refutadas.*

*b) O conhecimento científico não é sempre provado. Muito ainda é aceito por autoridade.*

*c) O conhecimento científico é mutável depende do contexto histórico em que esta inserido, dos conhecimentos e tecnologias disponíveis naquela época, conforme ocorre o avanço destes o conhecimento científico vai sendo alterado ou aprimorado.*

Os alunos que discordaram da afirmação 11 justificaram com os mesmos argumentos utilizados pelos que assinalaram o grau de concordância 1: as verdades científicas não são absolutas e o conhecimento não é “provado objetivamente” porque existem influências externas.

	-2	-1	0	1	2
14. Quando religiosos tentam verificar cientificamente suas ideias, quase sempre eles já sabem qual é a conclusão e buscam evidências para dar suporte apenas ao que querem defender. PRÉ	0	1	3	7	<b>6</b>
PÓS	1	0	0	4	<b>11</b>
15. Já os cientistas são objetivos e não são influenciados por suas crenças pessoais e ideologia. PRÉ	5	4	4	1	3
PÓS	5	5	0	1	5
20. Se um cientista for religioso, não é possível evitar que suas crenças influenciem seu trabalho. PRÉ	5	4	5	3	0
PÓS	7	4	1	4	0

**Tabela 19: Influências religiosas sobre a prática científica no pré-teste e pós-teste**

Em relação à possível influência de fatores religiosos sobre a prática científica, não houve alterações significativas nas respostas dadas sobre as afirmações 15 e 20. Já sobre a afirmação 14, notamos um grande aumento de concordância no pós-teste (de 6 para 11), o que pode ter relação com a aceitação dos alunos dos argumentos de Mahner e Bunge, durante a atividade de interpretação das tirinhas (apresentada na seção 7.4).

Comparando as respostas dadas às afirmações sobre a verdade na ciência (ilustradas na figura 25) vimos que não houve diferenças significativas no pré-teste e no pós-teste. Nota-se apenas uma variação pequena nos extremos em relação às afirmações 19 e 7 (redução de 7 para 5 no grau -2 e aumento de 0 para 2 no grau 2; aumento de 6 para 7 no grau -2 e de 2 para 4 no grau 2).

	-2	-1	0	1	2
19. Existe um limite para o conhecimento científico: a partir de certo ponto só a religião pode fornecer boas explicações. PRÉ	7	4	4	2	0
PÓS	5	4	4	1	2
7. Tanto a ciência quanto a religião partem de ideias que não podem ser testadas, como a crença de que existe uma ordem na natureza.	6	3	3	3	2
PÓS	7	0	2	3	4
10. Nem a ciência nem a religião podem ter certeza sobre nada, porque o conhecimento é relativo. PRÉ	3	2	4	3	5
PÓS	3	2	5	2	4

**Tabela 20: Afirmações sobre a verdade - menor concordância no pré-teste e pós-teste**

Em relação às afirmações sobre a “verdade”, que no pré-teste apresentaram maior concordância (ilustradas na figura 26), houve maiores mudanças no pós-teste.

	-2	-1	0	1	2
13. Tanto a ciência quanto a religião se baseiam no respeito à autoridade em algum grau. PRÉ	3	0	5	5	4
PÓS	1	1	5	3	6
18. Um dia a ciência conseguirá explicar todas as questões que não explica no presente. PRÉ	4	2	1	7	3
PÓS	1	1	7	6	1
9. As verdades científicas são sujeitas a mudanças, já as verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis. PRÉ	2	2	1	6	6
PÓS	1	0	0	4	11

**Tabela 21: Afirmações sobre a verdade - maior concordância no pré-teste e pós-teste**

Em relação à afirmação 18, houve grande aumento dos alunos que se declararam indecisos ou sem opinião (de 1 para 7). Nota-se um grande aumento da concordância em relação à afirmação 9 (de 6 para 11, ou 80%), o que nos mostra mais uma vez que houve grande aceitação dos alunos das teses de Mahner e Bunge sobre diferenças entre ciência e religião.

Por outro lado, em relação à afirmação 13 houve diminuição da discordância (3 para 1 no grau -2) e aumento de concordância (4 para 6 no grau 2). Isso parece ser resultado direto das discussões em sala de aula, pois na atividade da construção de diagramas entre ciência e religião (descrita na seção 7.5), defendemos explicitamente a ideia de que a ciência também se baseia no respeito à autoridade.

### 7.6.2 Bloco B: Relações entre ciência e religião na sala de aula

Analisando as afirmações que tratavam da existência de conflitos entre ciência e religião, novamente apresentamos dois blocos: um com afirmações que tiveram inicialmente maior concordância (figura 27), apresentando os resultados do pós-teste na tabela 22; e outro com menor concordância (figura 28), apresentando os resultados do pós-teste na tabela 23.

	-2	-1	0	1	2
30. O ensino de ciências deve fortalecer no aluno uma visão de mundo científica e uma atitude crítica diante de afirmações não comprovadas, como a possibilidade de ressurreição. PRÉ	0	3	3	3	8
PÓS	4	1	1	4	6
23. A escola deve denunciar os perigos do fanatismo religioso, lembrando os males já cometidos em nome da religião ao longo da história, como a perseguição aos cientistas como Galileu e Giordano Bruno. PRÉ	0	2	4	2	9
PÓS	2	1	4	3	6
24. Existem certos conflitos inevitáveis entre alguns conceitos religiosos e científicos, como sobre a origem da vida e a idade dos fósseis. PRÉ	0	0	1	4	12
PÓS	1	0	1	3	11

**Tabela 22: Afirmações que defendem conflitos - maior concordância no pré-teste e pós-teste**

Notamos um aumento da discordância em relação às três afirmações. Analisando o grau de concordância -2, vemos variações de 0 para 4 na afirmação 30, de 0 para 2 na afirmação 23 e 0 para 1 na afirmação 24. Também houve reduções dos números de alunos que escolheram o grau 2: de 8 para 6 na afirmação 30, de 9 para 6 na afirmação 23 e 12 para 11 na afirmação 24.

No segundo grupo, em relação à afirmação 28 houve redução da discordância (de 9 para 4) e aumento da concordância (de 2 para 3), o que pode evidenciar a aceitação das teses de Mahner e Bunge

Em relação às afirmações 34 e 3, (mais radicais, com as quais houve grande discordância no pré-teste), notamos uma intensificação da discordância, evidenciada pela

diminuição da escolha do grau -1 (de 6 para 3, e de 7 para 6, respectivamente) e aumento da escolha do grau -2 (de 8 para 9 e de 2 para 4, respectivamente).

	-2	-1	0	1	2
34. Quanto maior o conhecimento científico de alguém, menor a sua religiosidade. PRÉ	<b>8</b>	<b>6</b>	2	0	1
PÓS	<b>9</b>	<b>3</b>	2	1	1
3. A religião é uma forma de auto-engano, uma invenção humana que era forte antigamente, mas nas sociedades mais avançadas tende a perder força. PRÉ	<b>2</b>	<b>7</b>	5	2	1
PÓS	<b>4</b>	<b>6</b>	2	3	1
28. Nas aulas de ciências é preciso desmistificar os preconceitos e mitos, como a crença de que os primeiros humanos foram Adão e Eva. PRÉ	<b>7</b>	<b>2</b>	2	4	<b>2</b>
PÓS	<b>4</b>	<b>0</b>	3	4	<b>5</b>

**Tabela 23: Afirmações que defendem conflitos - menor concordância no pré-teste e pós-teste**

Novamente analisamos as questões que evitam conflitos em dois blocos, as que tiveram menor concordância no pré-teste (figura 29), apresentando os resultados do pós-teste na tabela 24; e as que tiveram maior concordância (figura 30), apresentando os resultados do pós-teste na tabela 25.

No pós-teste notamos o aumento da discordância em relação às afirmações 25 e 27, típicas de adeptos do criacionismo (aumento da escolha do grau -2 de 6 para 10 e de 5 para 8, respectivamente), que já tinham tido baixo grau de aceitação inicialmente. Já em relação à questão 22, houve um grande aumento da concordância que será discutido separadamente na seção 7.6.3.

	-2	-1	0	1	2
22. Os conflitos históricos entre ciência e religião devem ser amenizados nas aulas de ciências. PRÉ	<b>7</b>	3	1	5	<b>1</b>
PÓS	<b>4</b>	4	1	2	<b>5</b>
27. Ao ensinar assuntos como evolução das espécies e origem do universo, os professores devem também apresentar a explicação religiosa como alternativa igualmente válida. PRÉ	<b>6</b>	5	2	1	3
PÓS	<b>10</b>	3	2	0	1
25. O ensino religioso em escolas públicas pode ser financiado pelo Estado, porque a religião é uma forma de cultura. PRÉ	<b>5</b>	3	3	4	2
PÓS	<b>8</b>	1	3	2	2

**Tabela 24: Afirmações que evitam conflitos - menor concordância no pré-teste e pós-teste**

Analisando as questões apresentadas na tabela 25, notamos que houve um grande aumento no pós-teste da concordância com a afirmação 31 (redução de 5 para 1 no grau -1, e aumento de 7 para 10 no grau 2).

	-2	-1	0	1	2
31. Os professores de ciências não devem dizer aos seus alunos o que pensar sobre as religiões. PRÉ	1	<b>5</b>	1	3	<b>7</b>
PÓS	3	<b>1</b>	0	2	<b>10</b>
29. Associar ciência a ateísmo só traz prejuízo ao ensino de ciências. PRÉ	2	1	3	6	5
PÓS	2	1	5	3	5
35. A ciência e a religião, assim como a as artes, a literatura, a matemática, permitem diferentes formas de ver o mundo, todas igualmente válidas. PRÉ	1	1	2	<b>7</b>	6
PÓS	2	2	3	<b>4</b>	5

**Tabela 25: Afirmações que evitam conflitos – maior concordância no pré-teste e pós-teste**

Houve uma pequena diminuição da aceitação da afirmação 25 (redução de 13 para 9 nos graus 1 e 2, com aumento de 2 para 4 nos graus -1 e -2). Já em relação à afirmação 29 não houve alterações significativas.

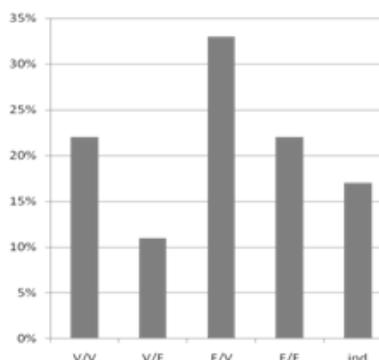
### 7.6.3 Limitações do questionário Likert

Comparando as respostas dadas ao questionário pré-teste com o pós-teste, quando houve também o pedido de justificativas para certas afirmações (7, 11, 13, 22 e 32), foi possível notar certas limitações das informações obtidas com questionários do tipo Likert, quando não temos acesso às justificativas dadas pelos alunos sobre seu grau de concordância.

A comparação entre as respostas dadas às afirmações 22 e 32 foi interessante para revelar a influência da ordem das questões:

22) Os conflitos históricos entre ciência e religião devem ser amenizados nas aulas de ciências.

32) Em sala de aula, podemos ensinar que ciência e religião podem dialogar entre si, evitando conflitos



**Figura 36: Influência da ordem das afirmações**

Comparando as respostas dadas a essas duas afirmações no questionário inicial, vimos que ainda que ambas defendam que devemos evitar conflitos entre ciência e religião no ensino, as posturas dos alunos foram bem diferentes em relação a essas afirmações. Enquanto apenas 6 alunos concordaram com a afirmação 22, 9 alunos concordaram com a 32. Apenas 4 alunos concordaram com ambas as afirmações, ou outros 4 discordaram de ambas. Já 6 alunos concordaram com a 32 e discordaram da 22, enquanto 2 alunos concordaram com a 22 e discordaram da 32.

Como não conseguíamos encontrar uma razão para diferenças tão grandes entre a aceitação dessas duas questões, levantamos a hipótese de que a ordem das afirmações poderia influenciar as respostas dos alunos. A afirmação 21, próxima à afirmação 22, foi fortemente rejeitada pelos alunos (13 escolheram -1 ou -2). Já a afirmação 32 estava no fim do questionário, perto de outras afirmações com alta aceitação (como a 33, 34 e 35).

Sendo assim, consideramos a hipótese de que as afirmações vizinhas influenciem a resposta dada. Para testá-la, na versão pós-teste as questões 32 e 22 foram trocadas de ordem. Na tabela a seguir apresentamos a comparação entre os resultados de ambas:

	-2	-1	0	1	2
22. Os conflitos históricos entre ciência e religião devem ser amenizados nas aulas de ciências. PRÉ	<b>7</b>	3	1	5	<b>1</b>
PÓS	<b>4</b>	4	1	2	<b>5</b>
32. Em sala de aula, podemos ensinar que ciência e religião podem dialogar entre si, evitando conflitos. PRÉ	<b>2</b>	2	4	3	<b>6</b>
PÓS	<b>5</b>	2	0	5	<b>4</b>

**Tabela 26: Influência da ordem das afirmações**

Vimos assim que com a ordem trocada, houve um aumento da aceitação muito alto em relação à questão 22 (de 1 para 5 no grau 2, e de 7 para 4 no grau -2). Também houve uma diminuição da aceitação da questão 32 (de 6 para 4 no grau 2, e de 2 para 5 no grau -2). Isso reforça a hipótese que tanto as afirmações liberais do fim do questionário (31, 33 e 35) quanto a afirmação 21, com grande rejeição, parecem influenciar as respostas dadas às questões “vizinhas”.

Por isso, boa parte das tendências que apontamos a partir da interpretação dos questionário Likert foram vistas como conclusões pouco seguras, que continuaram a ser investigadas através da análise de questões dissertativas respondidas pelos alunos e das anotações feitas por nós durante as aulas.

## 7.7 Ensaio final

Ao término das aulas do curso, foram propostas 5 questões como forma de guiar a reflexão sobre a história da cosmologia e relações entre ciência e religião. Os alunos tiveram o prazo de algumas semanas para estudarem e pesquisarem sobre o tema, e então entregaram um ensaio escrito respondendo às questões. Orientamos os alunos a responderem com base na leitura dos textos, porém enfatizando a importância de que fossem dadas respostas pessoais sem excesso de citações dos textos, uma vez que para essas questões não há respostas certas ou erradas. A avaliação dos ensaios foi feita pela qualidade dos argumentos empregados. Esta atividade foi realizada por 13 alunos.

### 7.7.1 A origem do universo

A primeira questão tratava das primeiras aulas do curso, em que o enfoque maior foi sobre conceitos de cosmologia. Enunciado da questão:

Ao longo do curso consideramos diversas propostas de teorias sobre a origem do universo, dando mais atenção à controvérsia entre duas teses opostas: a de que o universo teve um começo (Big Bang) e a de que ele sempre existiu (Estado Estacionário).

a) Levando em conta todas as discussões realizadas em aula, qual sua posição sobre o início (ou não) do universo? Escreva um texto fornecendo razões que corroborem a sua posição. Mesmo que esteja em dúvida, apresente e discuta prós e contras sobre cada opção possível. Em sua resposta, utilize também argumentos científicos tais como evidências empíricas (Ex: redshift das galáxias, radiação cósmica de fundo, etc.) e teóricas (Ex: princípios cosmológicos, a existência de singularidades, etc.).

No questionário inicial (cujas respostas foram apresentadas na seção 7.2, que foi respondido por 20 alunos) a grande maioria dos alunos respondeu que acreditava que o universo teve um começo.

Para você, o universo teve um começo ou sempre existiu?	Questionário inicial	Ensaio final
Teve um começo	14	11
Sempre existiu	5	0
Indeciso	1	2

**Tabela 27: Para você, o universo teve um começo ou sempre existiu?**

Dos 5 alunos que disseram acreditar que o universo sempre existiu, apenas dois realizaram o ensaio final. No questionário inicial, eles se mostraram simpatizantes da ideia de um universo cíclico, como o apresentado por Friedmann (figura 15). Eles foram os

únicos, junto com a aluna 1 (totalizando 3 alunos), que mencionaram a existência de teorias cosmológicas alternativas ao Big Bang ou comentaram sobre a teoria do Estado Estacionário.

Todos os grifos nos textos de alunos neste capítulo são nossos. A aluna 1, que também mencionou a existência da teoria do Estado Estacionário, no questionário inicial havia dito acreditar que o universo teve um começo:

*O início do universo sempre foi algo muito questionado, levando muitas pessoas a se perguntarem sobre o surgimento de tudo. As primeiras questões levantadas pelo ser humano, desde o começo de sua vida são: “Quem somos?”, “Para onde vamos?” e a principal: “De onde viemos?”. Essas perguntas são feitas por todos, e acredito que desde os primórdios há essa indagação sobre a origem de tudo, pois simplesmente nascemos, crescemos e não conseguimos entender o porquê de nossa existência. Muitos buscam a resposta na religião, onde pregam que houve um Deus que criou tudo o que existe hoje. Mas se houve mesmo este Deus, onde ele estava e o que estava fazendo antes da criação de tudo? Já outros buscam a resposta na ciência, onde se acredita que tudo surgiu de uma grande explosão, uma explosão primordial, ocorrida a aproximadamente 13,7 bilhões de anos e que essa explosão ocorreu em função de uma grande concentração de massa e energia. Mas também há os que acreditam que o universo sempre existiu (teoria do Estado Estacionário) (Aluna 1).*

É possível perceber pelos trechos abaixo, escritos pelos 3 alunos que mencionaram a existência da teoria do Estado Estacionário, que os estudantes reconhecem a possibilidade de que tanto o universo tenha tido um começo, quanto de que ele sempre tenha existido, mas que a teoria mais aceita na comunidade científica atualmente é a teoria do Big Bang.

*A hipótese de um universo que sempre existiu ainda pode ser considerada, uma vez que há a possibilidade de que o universo tenha um comportamento cíclico, ou seja, expansões (Big Bang’s) seguidas de colapsos (Big Crunch’s). No entanto, com o pouco que sei sobre este assunto, entendo que a teoria do Big Bang seja a mais aceita atualmente por uma relativa questão de custo-benefício: apresenta mais pontos a favor e menos pontos contra do que a teoria de um universo que sempre existiu; enfim, a teoria do Big Bang não descreve completa e perfeitamente o que conhecemos, mas é a que melhor descreve (Aluno 11).*

*A teoria do Estado Estacionário sugere que este Universo que habitamos e do qual somos ínfima parte não teve exatamente uma origem, não houve um momento “ $t=0$ ”. É fato que as interações entre os corpos existem, e que estão todos em movimento uns com relação aos outros, então uma teoria que estabelece que este Universo não teve origem põe fim a muitas questões que o Big Bang deixara, como por exemplo o que viria antes da explosão. Desta forma, a teoria do Estado Estacionário não abriria espaço nem para a fé em um Criador, pois não haveria criação. A teoria do Estado Estacionário falha ao propor um Universo que muda, mas não teve começo, uma vez que há mais controvérsias e argumentos contra esta tese do que a favor, isto é, toda estimativa de idade e distância dos corpos do universo exige supor uma origem, que é satisfeita pela teoria do Big Bang, que falha também, ao deixar algumas perguntas sem resposta, sendo perfeitamente aceitável, uma vez que os argumentos apresentados contra esta teoria evidenciariam, no máximo, um caráter incompleto que, visto os constantes avanços que a Cosmologia faz, podem vir a complementar a teoria do Big*

*Bang de forma a responder questionamentos com relação à mesma, e não obstante, obter mais indícios de sua veracidade (Aluno 12).*

Outros dois alunos mostraram que confiam primeiramente em suas crenças religiosas, estando em dúvida em relação a questões cosmológicas:

*A minha crença é uma fusão de religião com ciência, pendendo mais para a cientologia no que diz respeito às interações humanas. Uma pessoa é um ser espiritual imortal dotado de mente e corpo, ambos basicamente bons, que buscam a sobrevivência. A Cientologia assegura que a sobrevivência de uma pessoa depende de si mesmo, de outras pessoas e da sua interação com a comunidade cósmica (mundo). Uma pessoa tem as suas limitações autodidatas, e seus atos nocivos podem ser atribuídos em parte a uma porção inconsciente da sua mente. Dentro dessa visão acredito que o Universo foi criado talvez pelo Big Bang, mas que não exclui a presença de uma entidade superior que rege a ordem no Universo. E para mim a ciência é uma linguagem para nos aproximar dessa entidade, por isso todos os estudos são levados em conta (Aluno 4).*

*Não estou muito certo sobre esse assunto, mas é bom que se diga que acredito em Deus. É claro que isto é um fato que irá influenciar diretamente nas minhas respostas, mas acredito que todos nós somos influenciados por algo, de certa forma (Aluno 5).*

A aluna 1, ao contrário, preferiu deixar claro que não acredita que Deus tenha criado o universo:

*Não acredito que universo sempre existiu, ou que um Deus criou tudo o que há hoje. Através das observações que foram realizadas pelos astrônomos e as evidências acredito que tudo surgiu desde único “ponto” que chamamos de “Big Bang”. Nenhum outro modelo consegue explicar de forma tão realista o início de tudo. Se virmos um prato quebrado no chão, a nossa teoria é de que alguém o derrubou e quebrou. Só seria possível chegar à verdade se pudéssemos voltar ao tempo. Isso significa que podemos acreditar em teorias por evidências da natureza (Aluna 1).*

Em 3 respostas encontramos um estranhamento filosófico em relação ao universo que teve um começo, ou em relação ao universo que sempre existiu:

*Como já disse tenho ainda muitas dúvidas sobre a existência de um início ou não do universo, pois se de fato o universo teve um início e foi criado, então o que estaria se passando antes desse início? Fico muito confuso, pois os cientistas encontraram fortes indícios que indicam que as galáxias estão se afastando e assim tenho a tendência de achar que a ideia do Big Bang pode ser verdadeira. Por outro lado, acho “meio bizarro” pensar na inexistência do tempo e do espaço (Aluno 5).*

*É natural que, visto seu senso investigativo, a humanidade, seus pensadores e profetas se perguntem da origem desta imensidão. Se há movimento, mudança, é de pensar, por lógica, que exista um começo, e, assim sendo, um possível fim. Entretanto, por outro ponto de vista, é perfeitamente aceitável também que tudo sempre existiu, e sempre esteve em movimento e mudança, sem ter início nem fim, bem como é confortável a ideia de que exista um Criador, uma consciência de magnitudes e dimensões superiores à imaginação e linguagem humana, o qual tenha criado tudo que existe, inclusive o homem, e que rege as interações do Universo conhecido e dos possíveis outros desconhecidos à mercê de seus caprichos (Aluno 12).*

*Penso que é difícil aceitar que uma coisa sempre existiu [...] Tudo que conhecemos no Planeta tem um começo e um fim, as rochas, os animais, as plantas, por que com o*

*Universo seria diferente? Além disso, se ele sempre existiu, por que demorou tanto para que a vida começasse a se formar? (Aluna 10).*

Isso nos mostrou que seria interessante discutir com esses alunos as antinomias propostas pelo filósofo alemão Kant, apresentadas por Roberto Martins:

Na “Crítica da Razão Pura”, o problema do início do universo e de suas dimensões é discutido como uma “antinomia”: um problema aparentemente insolúvel, pois pode-se apresentar argumentos filosóficos muito fortes tanto contra uma solução como contra a sua oposta. De uma forma muito interessante, Kant vai discutir uma “tese” (de que o universo teve um início no tempo) e também a sua “antítese” (o contrário da tese - de que o universo não teve um início) e vai mostrar que as duas posições são inaceitáveis (Martins, R. 1994, p. 109).

A grande maioria (11 alunos) apresentou o redshift como uma evidência que suportaria a teoria do Big Bang. Exemplo:

*Diversas evidências apontam o surgimento do universo através do “Big Bang”, pois ele continua em constante expansão, ou seja, as galáxias estão se afastando cada vez mais, como no início, onde tudo se encontrava mais próximo e foi se afastando aos poucos. É como se as galáxias se afastassem umas das outras sob o impulso da explosão original (Aluna 1).*

Destes, 6 alunos simplesmente citaram essa informação como dada no enunciado da questão, sem explicar que é uma inferência teórica que nos permite dizer que se as galáxias estão se afastando, no passado elas estiveram concentradas em um único ponto:

*Acredito que o universo teve seu início no “Big Bang”, antes disso nada existia, nem o tempo, a partir dessa “explosão”, foram criados além do espaço e do tempo os elementos químicos, que diante de condições ambientais muito particulares começaram a se combinar e formar novos elementos. Neste início o universo era muito quente e denso e então começou a ocorrer o resfriamento e as condições para a vida foram se formando. A principal evidência que o universo teve um início, são as observações de Hubble e seus colaboradores, que concluíram que o universo está em expansão e se ele está em expansão, partiu de algum ponto inicial (Aluna 7).*

Isso nos mostra que teria sido proveitoso discutir com mais detalhes as interpretações dos redshift. Essas afirmações dos alunos são esperadas, já que a maior parte das obras de divulgação científica apresenta o redshift como uma “prova” de que o universo teve um começo. É preocupante que apenas uma aluna tenha mencionado explicitamente que o redshift é uma evidência que também embasava a teoria do Estado Estacionário:

*A teoria do Big Bang tornou-se a mais aceita após a detecção do redshift das galáxias por Hubble, que era evidencia de um universo em expansão, porém isso não era prova absoluta, pois o universo estacionário de Hoyle também estava em expansão. Com a descoberta da radiação cósmica de fundo, prevista por Gamow, a teoria do Big Bang se tornou a mais aceita. (Aluna 9).*

Já 9 alunos citaram tanto o redshift quanto a radiação cósmica de fundo como evidências a favor do Big Bang.

*Atualmente a teoria mais aceita sobre a origem do universo é a teoria do Big Bang, onde o universo teve um começo. Apesar de apresentar alguns problemas como: A formação dos elementos químicos e a idade do universo, onde a teoria do Estado Estacionário resolve esse problema da idade do universo propondo que ele sempre existiu, a teoria do Big Bang apresenta argumentos coerentes baseados na observação, por exemplo, o redshift, no qual é o desvio para o vermelho usado para medir o espectro das galáxias que nos mostra hoje que as galáxias estão se afastando, logo todas deveriam estar mais próximas no passado ou até mesmo formando um único ponto. Uma outra evidência observacional forte é a radiação cósmica de fundo que é uma forma de radiação eletromagnética, nos mostrando que no passado o universo era muito mais denso e quente do que é hoje (Aluna 8).*

Da mesma forma, não pudemos discutir durante o curso as possíveis interpretações diferentes para a radiação cósmica de fundo. Apresentamos superficialmente o “desfecho da controvérsia” a partir da encenação da peça Big Bang Brasil, em que Hoyle sai derrotado após a divulgação dos resultados do satélite COBE, que teriam “provado” a teoria do Big Bang. Comentamos de maneira bem superficial que Hoyle continuou defendendo uma teoria do estado quase-estacionário até sua morte, porém nenhum aluno mencionou essas questões em suas respostas. Apresentamos apenas alguns textos adicionais como sugestão de leitura opcional para os alunos, já que não privilegiamos discussões sobre conceitos de cosmologia.

Dentre os argumentos contrários à teoria do Big Bang, os mais usados (por 4 alunos) foram os que estavam presentes no texto (seção 4.4): o “problema da idade do universo” e a questão da origem dos elementos químicos:

*Acredito que o universo teve um início e foi o Big Bang. Isso, devido aos vários estudos que apontam nesse sentido. Evidências experimentais encontradas por Hubble, como a mensuração do distanciamento das “nebulosas” de Andrômeda e das galáxias distantes eram geralmente proporcionais aos seus redshifts, propôs que o universo está em expansão. Admitindo-se esse fato e utilizando as descobertas da física de partículas, Gamow formulou o modelo cosmológico do Big Bang. Propôs o modelo de universo cujo começo era muito quente e denso. [...] Um dos problemas desse modelo cosmológico era a formação dos elementos químicos, onde as teorias aceitas atualmente propõem dois estágios: no universo primordial foram formados os elementos leves (H, He e Li), os demais elementos foram formados nas estrelas, por processos de fusão nuclear ou nas explosões de supernovas, em estrelas de grande massa. Por fim, a descoberta da radiação cósmica de fundo, e especialmente quando seu espectro traçou uma curva de corpo negro, fez com que esse modelo fosse o mais coerente até o momento (Aluno 13).*

Porém, estes argumentos contra a teoria do Big Bang foram mencionados de maneira bem superficial, sem deixar claro que eram questões debatidas na década de 1950, mas que, segundo a maioria da comunidade científica (os adeptos do modelo padrão da cosmologia), foram resolvidas atualmente. Contudo, como no nosso recorte foi preciso dar pouca atenção ao “desfecho da controvérsia”, isso é totalmente compreensível.

Dois alunos apresentaram argumentos não discutidos nas aulas, mostrando que pesquisaram também outras fontes para escrever o ensaio:

*Aparentemente, o universo está se expandindo em torno de nós, mas mesmo sendo cristão eu prefiro não encarar este fato como antropocentrismo, pois todos os pontos do universo estão se afastando relativamente uns aos outros simultaneamente, conforme já explicado pelo cientista Hubble. A observação, feita em 1929 por ele, significa que no início do tempo-espaço a matéria estaria de tal forma compactada que os objetos estariam muito mais próximos uns dos outros. Mais tarde, observou-se em simulações que de fato exista aparentemente a confirmação de que entre dez a vinte bilhões de anos atrás toda a matéria estava exatamente no mesmo lugar, portanto, a densidade do universo seria infinita. As observações em modelos e as conjecturas dos cientistas apontam para a direção em que o universo foi infinitesimalmente minúsculo, e infinitamente denso. Nessas condições, as leis convencionais da física não podem ser aplicadas, pois quando se tem a dimensão nula e a massa infinita, qualquer evento antes desta singularidade não pode afetar o tempo atual, pois ao iniciar o universo, expandindo a massa e ao mesmo tempo se desenvolvendo em todas as direções, indica que o tempo também esteve nesta singularidade, logo o tempo era nulo. Assim, novamente acho “bizarro” pensar no que haveria em volta desse ponto cuja composição seria nada mais nada menos que toda a massa do universo. Então não faz muito sentido para eu pensar que em algum momento, ou melhor, antes do “início do universo” não existia o tempo, pois se assim fosse então não existiria um Criador. Portanto acho que não estou muito maduro sobre este assunto (Aluno 5).*

O aluno utilizou argumentos envolvendo simulações computacionais, que não foram discutidas no curso. Além disso, também apresentou argumentos contra a teoria do Big Bang, dizendo que nas condições extremas do início do universo, as leis físicas não poderiam ser aplicadas. Esse argumento envolvendo o conflito entre o Big Bang e outras teorias físicas também foi utilizado por outro aluno:

*Mesmo com diversas controvérsias quanto ao modelo do Big Bang, que o modelo viola a primeira e a segunda lei da termodinâmica, que há uma interpretação errônea dos resultados do experimento com redshift e que o período inicial do Big Bang parece violar a norma de que nada pode viajar em velocidade superior à da luz. O modelo do Big Bang é atualmente, em minha opinião, o que melhor descreve o início do universo devido às observações experimentais e o embasamento teórico da teoria. Apesar de ainda não ser um modelo perfeito, o Big Bang faz previsões que descrevem observações experimentais como as de Hubble sobre o universo estar em expansão, o redshift (espécie de “efeito Doppler” para a luz) e a radiação cósmica de fundo. Além de estar de acordo com a teoria Geral da Relatividade de Einstein (Aluno 2).*

CATEGORIA	Alunos	Total
Acredita no Big Bang	Todos	13
Mostrou a possibilidade de que o universo seja eterno ou discutiu sobre a teoria do Estado Estacionário	01, 11, 12	3
Mencionou suas crenças religiosas	4, 5	2
Utilizou o redshift como argumento a favor do Big Bang	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13	11
Mostrou um estranhamento filosófico em relação ao começo do universo ou em relação ao universo eterno	5, 10, 12	3
Utilizou o redshift e a RCF como argumento a favor do Big Bang	2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13	9
Reconheceu que o redshift também embasa a teoria do Estado Estacionário	9	1
Mencionou o “problema da idade do universo” ou “a origem dos elementos químicos” como limitações da teoria do Big Bang	3, 7, 8, 13	4
Mencionou a singularidade inicial ou o fato de que há violação das leis físicas nos primórdios do universo segundo o Big Bang	2, 5	2

**Tabela 28: O universo teve um começo ou sempre existiu?**

A análise geral das respostas dadas a primeira questão nos mostrou que a leitura dos textos e a apresentação dos seminários foram insuficientes para que a maior parte dos alunos pudesse embasar adequadamente sua crença na teoria do Big Bang. Pela limitação de tempo e pela escolha de enfatizar discussões sobre a natureza da ciência, a radiação cósmica de fundo e os eventos que levaram ao desfecho da controvérsia entre a teoria do Big Bang e Estado Estacionário, foram apresentados muito brevemente.

### **7.7.2 As provas na ciência**

A segunda questão foi um aprofundamento da atividade sobre o desfecho da controvérsia, na aula 3. Trata-se de uma discussão explícita sobre a natureza da ciência. Enunciado da questão:

Leia o trecho abaixo e a definição do termo “prova” retirada do dicionário Michaelis e responda as questões a seguir.

Na introdução do livro “O Universo: teorias sobre sua origem e evolução”, o historiador brasileiro Roberto de A. Martins (1994) escreve:

“Atualmente, a ciência predomina. É dessa ciência que muitos esperam obter a resposta às suas indagações sobre a origem do universo. Muitas vezes, lemos notícias em jornais e revistas apresentando pesquisas recentes sobre a formação do universo.

Na tentativa de chamar a atenção para uma nova descoberta, os jornalistas às vezes exageram sua importância e publicam manchetes do tipo: "Acaba de ser provado que o universo começou de uma explosão". Mas foi provado, mesmo?

As notícias, quase sempre, dão a impressão de que acabaram todos os mistérios, que não há mais dúvidas sobre o início e evolução do cosmo. Mas a verdade não é exatamente essa. Há dezenas de anos, os jornais repetem as mesmas manchetes, com notícias diferentes. Quem se der ao trabalho de consultar tudo o que já se publicou sobre o assunto, verá que os meios de comunicação revelam sempre um enorme otimismo. O resultado de cada nova pesquisa é apresentado como se tivesse sido conseguida a solução final. Mas se a notícia de trinta anos atrás fosse correta, não poderiam ter surgido todas as notícias dos anos seguintes - até hoje - repetindo sempre que um certo cientista ou grupo de pesquisadores "acaba de provar" que o universo começou assim e assim."

O termo "provado" pode ser utilizado com diferentes sentidos. Veja a definição abaixo:

Prova *sf* (lat *proba*) [Dicionário Michaelis](#)

1 *Filos* Aquilo que serve para estabelecer uma verdade por verificação ou demonstração. 2 Aquilo que mostra ou confirma a verdade de um fato.

3 Testemunho. 4 Indício, mostra, sinal. 5 Competência, porfia. 6 Exame ou cada uma das partes dele. 7 Ensaio, experiência. 8 Demonstração. 9 Provação, situação afiliva, transe. 10 Ato de provar, de experimentar o sabor de uma substância alimentar. 11 *Mat* Operação pela qual se verifica a exatidão de um cálculo.

Em classe, apresentamos a peça Big Bang Brasil, em que Hoyle é eliminado do programa e a vitória fica com o Big Bang de Gamow. Estaria então o Big Bang provado?

a) Você acredita que a teoria do Big Bang está provada?

b) Em que sentido você está usando o termo "provado"?

A maioria dos alunos considerou que o Big Bang não está provado, concordando com o texto apresentado no enunciado da questão. Quatro alunos deram a entender que faltam confirmações para poder considerar o Big Bang como provado.

*A teoria do Big Bang ainda não está provada faltam diversos detalhes a serem esclarecidos para que melhor adaptação da teoria ou talvez o desenvolvimento de sistemas que expliquem esses detalhes ainda não elucidados da teoria de Big Bang (Aluno 2).*

*Há muitas evidências para acreditar que a teoria do Big Bang é verdadeira, mas também há contradições, como por exemplo, a idade do universo, onde Gamow em seus cálculos indicava que a "explosão inicial" deveria ter ocorrido há cerca de 2 bilhões de anos. No entanto vários outros grupos estimaram que a idade do universo seria em torno de 5 bilhões de anos. Ainda não acabaram as dúvidas sobre a origem do universo, por isso a teoria do Big Bang não está provada, ela explica muitas coisas, mas falha em algumas outras. E muitas mudanças ainda ocorrerão nas teorias sobre a origem do Universo. O sentido do termo "provado" seria como um indício, mostra, sinal, pois ocorrem mudanças nas teorias científicas, logo os indícios que temos hoje poderão ser falsos no futuro, como aconteceu com teorias que hoje não são mais válidas (Aluna 8).*

Outros 3 alunos justificaram sua afirmação dizendo que a ciência em geral não é constituída de verdades absolutas, tendo usado o termo provado no sentido 2 do dicionário (“2 Aquilo que mostra ou confirma a verdade de um fato”):

*Não, pois a ciência é mutável, a cada ano, novas evidências e teorias vão surgindo com o aprimoramento das tecnologias para pesquisa. Com os conhecimentos teóricos e as tecnologias disponíveis, as evidências apontam para a teoria do Big Bang como verdadeira, porém isso pode mudar, pois existem muitas pesquisas em andamento que poderão descobrir novas evidências contrariando tudo que sabemos hoje (Aluna 7).*

*No sentido 1, filosoficamente falando. Não há como efetivamente “provarmos” nada: tudo o que se faz (especificamente em ciência) é assumir um ponto de partida e ser coerente durante a partir deste; os êxitos obtidos não significam precisa e necessariamente que o ponto de partida está provado, mas significa, num âmbito mais geral, que um tipo de “padrão” foi encontrado (Aluno 11).*

*Ao aceitar a ideia que o Universo teve começo, através da teoria do Big Bang, e vistas as inúmeras evidências existentes de sua veracidade, é comum deparar-se com quem diga irrefutável esta teoria. Entretanto, é essencial lembrar-se que, na Ciência, a qualquer momento uma nova evidência pode por qualquer teoria abaixo. Ao se tratar da Astronomia e Cosmologia, os exemplos são inúmeros de teorias demonstradas precipitadas, erradas e incompletas. A teoria do Big Bang surgiu no século passado, e não é possível prever até quando será sustentável. Dizer que está provada uma teoria que explica um fenômeno é, na verdade, noticiar uma ou mais novas evidências de sua coerência e veracidade, que contribuem para acreditar que esta é a explicação mais razoável no momento. Algum cientista no mundo pode propor, utilizando as evidências conhecidas, uma nova teoria para a origem do Universo e pôr fim às anteriores (Aluno 12).*

Apenas 2 alunos responderam afirmativamente a questão a). O aluno 4 o fez dando a entender que se trata de uma verificação definitiva, enquanto o aluno 13 afirmou que o Big Bang estaria “provado”, utilizando o termo como sinônimo de “embasado por evidências”:

*Atualmente, [o Big Bang foi provado] no sentido de experiência, pois virou até notícia que cientistas na Europa conseguem meio que simular o Big Bang. Mas antes desse relato, usaria no sentido de indício, pois vários estudos mostram que o Universo está em expansão que pode ser resultado de uma enorme explosão (Aluno 4).*

*Sim. Acredito que a teoria do Big Bang seja a mais convincente até o momento, mas que não devemos tomá-la como provada no sentido 2 ou 3 do dicionário, como comentado no trecho do texto de Martins. Estou usando o termo provado no sentido 4 do dicionário. Acredito que mesmo com várias evidências a favor do Big Bang, não há nada definitivo. O que acontece, como visto nos noticiários, é uma busca incessante dos cientistas em explicar questões que perduram a séculos na humanidade. Estas, provavelmente sempre serão “questões abertas”, e o homem tentará prová-las (no sentido 2 ou 3) como uma busca pela “verdade”, pela sua existência (Aluno 13).*

Nota-se aqui o efeito indesejável da divulgação científica sensacionalista que deu a entender que com o LHC os cientistas estariam recriando o Big Bang. Outro aluno também mencionou o LHC em sua resposta à questão sobre a origem do universo:

*Esse é um tema importante, também, por suas implicações sociais. Recentemente, tivemos contato com a notícia de que os cientistas teriam reproduzido a Grande*

*Explosão em laboratório, por meio de um acelerador de partículas. Essa notícia teve grande repercussão por suas implicações científicas e religiosas e vem mostrar mais uma vez como o estudo da cosmologia é essencial no ensino de ciências e na formação de um cidadão atuante (Aluno 3).*

De fato, concordamos com este aluno. Discutir as manchetes de jornais e revistas sobre o LHC seria uma excelente oportunidade para discutir questões como “O Big Bang está provado?”. Infelizmente não tivemos tempo de aprofundar essa questão nas aulas, mas sugerimos como leitura opcional uma matéria do cosmólogo brasileiro Mário Novello no jornal “O Estado de São Paulo” (Novello 2008), em que ele desmistifica a ideia de que o Big Bang tenha sido provado experimentalmente.

A postura do aluno 13 é compatível com a postura dos que disseram que o Big Bang não está provado. 8 alunos consideram que ele estaria “provado” se o termo for utilizado com o sentido “4 Indício, mostra, sinal.”, porque seria a teoria mais aceita pela comunidade científica. Porém dentre estes 8 alunos, 6 deles deixam claro que o Big Bang não esteja “provado” como uma verdade absoluta. Exemplos:

*Acredito que o Big Bang apresenta evidências bastante coerentes, mas não podemos dizer que está provado, pois a ciência é algo que está em constante modificação, por mais que nesse momento acreditemos nessa teoria, a qualquer momento ela pode ser modificada ou outra teoria com mais argumentos ou evidências poderá surgir e esta poderá ser “desclassificada”. Devemos lembrar que a ciência não é tida como verdade absoluta. Por mais que tenhamos, pistas, evidências não temos todas as respostas. De acordo com a vitória de Gamow no Big Bang Brasil, podemos observar as mudanças frequentes na ciência, pois Gamow foi o vencedor, porque sua teoria encontrava-se mais adequada continha evidências e respondia a um número maior de questionamentos (Aluna 1).*

*Não há uma prova, propriamente dita, apenas indícios de que seja verdade, como já tratado. Trata-se, simplesmente, a teoria mais aceita na comunidade científica [...] Acredito que, no caso dos jornais e revistas, tratado no texto acima, o termo “provado” simplesmente pode ter sido erroneamente empregado, buscando-se um “furo de reportagem”, recurso recorrente em textos jornalísticos. Em relação à ciência em si, a definição mais coerente é “Indício, mostra, sinal”. Mesmo porque os fatos científicos podem ser influenciados por correntes diferentes ao longo do tempo e, portanto, os indícios podem nos levar a concluir, ou provar, fatos contrários aos estabelecidos (Aluno 3).*

*Não estou muito certo a respeito desse assunto. É claro que há fortes evidências que apontam para existência do Big Bang, como por exemplo, o redshift da galáxia e radiação cósmica de fundo. Mas se alguns cientistas têm dúvidas sobre o assunto quem sou eu para não duvidar? Se de fato algum dia conseguirem provar a existência do Big Bang terei comigo que será uma prova da existência de uma intenção divina na criação do universo. A teoria mais aceita no meio científico para explicar a origem do universo possui uma lacuna que foi colocada pelo próprio criador da teoria do Big Bang, Fred Hoyle: “Uma explosão num depósito de ferro-velho não faz com que pedaços de metal se juntem numa máquina útil e funcional.” Uma expansão de um átomo inicial que ocorre por acaso no meio do nada não adquire um caráter lógico e sistemático observado nas leis da física, nas equações matemáticas e em detalhes*

*intrigantes como a mesma massa e mesma carga para todos os elétrons do universo. Até mesmo Einstein admitia isso quando dizia que Deus não jogava dados. Será mesmo que a ordem e a harmonia da natureza e do cosmo não demonstram uma conspiração lógica, racional e proposital com relação à forma com que o universo evoluiu? (Aluno 5).*

Vale ressaltar que o aluno 5 se confundiu, dizendo que Hoyle teria sido o criador do Big Bang (sendo que na verdade ele era defensor do Estado Estacionário, e apenas criou o termo Big Bang em tom de chacota). Porém, haver pequenos problemas históricos em seu ensaio, vemos que o mesmo foi muito bem escrito, apresentando concepções que consideramos bastante interessantes sobre a natureza da ciência. Ele inclusive fez uso de uma interessante citação do biólogo Stephen Jay Gould (1981), sobre o método científico, que até então não conhecíamos:

*Quando falo “provado” estou me refiro ao método científico, ou seja, teríamos hipóteses, observações, experimentações, até que se torne um fato científico. Mas é bom lembrar o que Stephen J. Gould dizia, um fato científico não é uma “certeza absoluta”, mas simplesmente uma teoria que tem sido “confirmada em tal grau que seria perverso reter o consentimento provisório” (Aluno 5)*

Isso nos mostra como é delicado aceitar acriticamente que a concepção adequada sobre a natureza da ciência seria que “o conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter provisório”.

CATEGORIA	Alunos	Total
O Big Bang não está “provado”, no sentido de verdade absoluta	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	11
O Big Bang está “provado”, no sentido de “indício, mostra, sinal	1, 3, 5, 6, 9, 10, 13, 4	8
O Big Bang não está provado porque não há verdades absolutas na ciência	7, 11, 12	3
Faltam evidências para que se possa considerar o Big Bang provado	2, 8	2
O Big Bang está provado experimentalmente pelo LHC	4	1

**Tabela 29: O Big Bang está provado?**

A partir das reflexões realizadas pelos alunos sobre a questão das provas científicas, consideramos que houve muito poucas concepções sobre a natureza da ciência que poderiam ser consideradas inadequadas. Contudo, certamente seria proveitoso aprofundar as discussões sobre esse assunto, discutindo algumas teorias alternativas a teoria do Big Bang que ainda tem adeptos na comunidade científica ou apresentando o que alguns

epistemólogos, como Kuhn, Popper e Feyerabend, por exemplo, escreveram sobre as provas na ciência.

### 7.7.3 Entender ou acreditar nas teorias científicas

A terceira questão proposta buscou aprofundar as discussões introduzidas com o questionário pré-teste sobre relações entre ciência e religião. Enunciado da questão:

Quando discutimos relações entre ciência e religião durante o minicurso, não houve acordo explícito sobre como o professor de ciências deveria se posicionar no caso de alunos religiosos não aceitarem fatos e hipóteses científicas que contrariam sua fé. Um exemplo seria a idade do universo. É possível estimar a idade do universo a partir dos cálculos envolvendo a Lei de Hubble, chegando a um valor de 13 bilhões de anos, o que contraria certas religiões que afirmam que Deus criou o universo há menos de 6 mil anos.

Diante deste impasse, uma proposta liberal seria a de que “os professores de ciências não precisam exigir que os alunos aceitem completamente a visão de mundo científica, já que estes podem entender os conceitos mesmo sem acreditar neles”.

a) Você concorda com essa afirmação? Sempre, em qualquer contexto? Justifique suas respostas.

b) Considerando que um dos objetivos da educação científica é a de que o conhecimento aprendido em sala de aula seja aplicado no dia a dia, como podemos deixar de querer que os estudantes mudem suas crenças ao aprender ciências, e, ao mesmo tempo, querer que eles apliquem em suas vidas o que eles aprendem nas aulas? Por exemplo, você acha que se um aluno se recusar a acreditar que o cobertor é um isolante térmico, preferindo acreditar que ele efetivamente esquenta quem o usa, então o professor deve respeitar essa crença?

Essa questão faz referência à afirmação 33 do questionário apresentado na seção 7.3: “Os professores de ciências não precisam exigir que os alunos aceitem completamente a visão de mundo científica, já que estes podem *entender* os conceitos mesmo sem *acreditar* neles”. Na tabela a seguir apresentamos a respostas dadas nos questionários Likert pré-teste e pós-teste:

Afirmação 33	-2	-1	0	1	2
PRÉ	1	0	2	6	8
PÓS	1	1	1	3	10

**Tabela 30: Entender ou acreditar na ciência?**

No ensaio final, 13 alunos disseram concordar com essa afirmação, um resultado condizente com o obtido pelo questionário, em que 14 alunos escolheram graus de aceitação positivos. Dois alunos que discordaram da afirmação, mostraram argumentos claros em sua justificativa:

*É uma afirmação sutil que certamente ela abre precedentes para diversos levantes fundamentalistas. Como ser humano, entendo que nosso conhecimento pode ser decomposto em algumas esferas, dentre as quais estão a religião e a ciência: esferas cujos funcionamento e estrutura são essencialmente distintos mas não mutuamente*

complementares. Além disso, entendo também que não há nada que nos garanta um ponto de partida irrefutável para a obtenção de um conhecimento essencialmente verdadeiro e imutável. Sendo assim, como professor de ciências, vejo que os alunos devem entender e aceitar a visão de mundo científica assim como entendem e aceitam sua própria visão de mundo religiosa porque ciência e religião são esferas do conhecimento humano (Aluno 11).

*Realmente é muito difícil conciliar pensamento científico com religião. Acredito que deve-se deixar claro que são formas de pensar totalmente diferentes e como o professor tem o objetivo de ensinar ciência, não cabe nesse contexto outra forma de pensamento senão esta. O professor poderia explicar cientificamente, melhor esse assunto para que o aluno compreendesse. Caso ele ainda recusasse, poderia mostrar ao aluno que isso é apenas uma crença (Aluno 6).*

Já outro aluno disse não concordar com a afirmação, porém sua justificativa parece mostrar que ele considera que os alunos podem acreditar no que quiserem:

*Não, o que eu penso é que o professor deve ajudar os alunos a conquistarem sua autonomia intelectual e assim passem a acreditar no que quiserem. O que o professor tem que fazer é apresentar, imparcialmente, as demais teorias científicas (Aluno 4).*

A questão do fundamentalismo religioso também foi abordada por mais dois alunos, que apesar de terem concordado com a afirmação, propuseram justificativas semelhantes à do aluno 11:

*Em geral, a visão de mundo religiosa não impede que os alunos apliquem em seus cotidianos conceitos científicos básicos. O professor deve combater, porém, as implicações negativas que o fanatismo religioso pode acarretar. Como exemplo, posso citar o fato de que algumas religiões proíbem a doação de sangue e de órgãos. Em minha opinião, a fé deve ser vista independentemente de religiões. O aluno pode acreditar em suas crenças, mas não deve seguir “leis” e “mandamentos” que não entende o significado e não vê sentido. Ao professor cabe trabalhar o senso crítico de seus alunos e levá-los a um nível superior de entendimento. Assim o próprio aluno terá discernimento para enfrentar situações conflitantes, sem abandonar a sua fé (Aluno 3).*

*[...]Para fazer uso de um conhecimento qualquer a pessoa precisa acreditar que ele está correto. O caso da doação de sangue e as Testemunhas de Jeovah é um exemplo clássico para isso, todas as pessoas que passaram pelo ensino básico sabem como funciona o Sistema ABO e que quando uma transfusão é necessária existe a possibilidade de morte do indivíduo, mesmo assim os professantes dessa religião se recusam a fazer a transfusão, pois acreditam que isso vai contra as leis de Deus. Se o conhecimento não for crível, ele não será utilizado. Uma resposta a isso pode ser “as várias estradas sob o mesmo sol” que permitiria ao aluno manter suas crenças e ao mesmo tempo em que adquire, entende e acredita em novos conhecimentos (Aluna 9).*

Apenas um aluno identificou explicitamente certos limites para a generalização dessa afirmação a quaisquer situações de ensino:

*Para o contexto exemplificado a afirmação faz-se válida, porém em diferentes contextos ela pode não ser aplicável. No caso de questões religiosas conflitantes com questões científicas é uma das melhores opções para os professores, porém em questões matemáticas, onde há uma relação muito íntima entre entender e acreditar, muitas vezes o aluno só acredita se entende; nesses casos a afirmação não é válida (Aluno 2).*

Praticamente todos os alunos disseram que o professor deve respeitar as crenças dos alunos. A postura predominante (8 alunos) foi a de que as concepções científicas podem ser alteradas, mas concepções religiosas não:

*Os estudantes não precisam mudar suas crenças para aprender ciências. Pois em relação à aplicação no dia-a-dia essas duas visões não estão nem um pouco inter-relacionadas. Por exemplo, um aluno que aprende conceitos de elétrica na disciplina de física, e pode muito bem aplicar no seu cotidiano esse conhecimento no cálculo de consumo de energia elétrica, entre outras coisas. [...] Em relação ao exemplo citado na questão, o professor pode até respeitar essa crença, mas deve informar o correto a seu aluno, dizendo que se algum dia ele for cobrado sobre esse assunto, se responder o que ele “acha” estar certo poderá se prejudicar. Outro ponto é que o professor pode demonstrar como isso acontece, talvez assim, os alunos acreditem mais no que a ciência pode representar em sua vida. (Aluna 1).*

*As crenças conflitantes que não estão relacionadas com a religião do aluno, como a exemplificada, devem ser questionadas, trabalhadas, o professor deve apontar diferentes conceitos que dão validade ao que está expondo e se possível apresentar refutações contra a crença do aluno, sempre tentando convencê-lo do que se deseja ensinar, mas a obrigatoriedade de impor o conhecimento não é possível, como último recurso pede-se apenas que o aluno entenda os conceitos. No caso das crenças religiosas, apesar de haver diversos aspectos que atribuem certo valor ao conteúdo exposto pelo professor, na maioria das vezes, se não em todas, há um ponto onde não existem mais argumentos ou evidências para comprovar os conceitos transmitidos pelo professor e muito das questões culturais pessoais no aluno devem ser respeitadas, principalmente por essas razões o professor nesse caso não deve tentar refutar as concepções do aluno (Aluno 2)*

*Não é crença, mas sim conceitos prévios, concepções errôneas sobre um dado fenômeno científico. [...] O que professor tem que fazer é conflitar esses conceitos prévios com a teoria científica, quanto às crenças ele deve respeitar (Aluno 4).*

*Concordo sim, [...] quando se trata de religião estamos de certa forma envolvendo também a família do aluno, e aí a coisa fica um pouco mais complicada para alguns professores que tentam defender a ciência a qualquer custo. Acho que a postura de não exigir que os alunos aceitem completamente a visão de mundo científica deixará claro para o educando que a escola tem a função de transformar o aluno no sentido de prepará-lo para a vida. Não só pensando no mercado de trabalho, mas também tornar o estudante uma pessoa mais crítica, afim de que esta possa atuar na sociedade de uma maneira mais ativa. Acredito que a maioria dos assuntos de ciência em uma sala de aula não esbarram com a religião. Este assunto do cobertor é um deles. Nesse caso o professor tem de se esforçar na preparação de sua aula para que o objetivo, que é fazer com que os alunos entendam o conceito e apliquem-no no dia-dia, seja alcançado. Assim, em temas que não envolvam religião o educador não deve se satisfazer com a postura de alunos que simplesmente digam: “Eu entendi mas não acredito”. Infelizmente o aluno fica muito pouco tempo na escola e assim que saí desta será facilmente influenciado pelas pessoas que o cercam. Quero dizer que a função do educador é limitada, ou seja, o que o professor consegue passar para o aluno pode ser facilmente perdido fora da escola (Aluno 5).*

*É muito difícil a posição de um professor diante de uma situação onde alunos religiosos contradizem fatos científicos com explicações religiosas. Mudar as concepções desses alunos não seria o correto, mas sim fazer com que eles entendam que esta é uma aula de ciências, que você como professor está ali para apresentar os conhecimentos científicos, sendo eles bem argumentados, ficando a critério do aluno*

acreditar ou não nesses conhecimentos. O que nada impede do aluno entender a visão de mundo científico sem aceita-la (Aluna 8).

Contudo, este argumento é simples demais, não reconhecendo a complexidade da questão, uma vez que quando certas concepções científicas entram em conflito com teses religiosas é preciso fazer uma escolha entre as duas. Alguns alunos parecem ter adotado uma postura de “independência” radical, sem reconhecer a existência de qualquer conflito entre ciência e religião:

*Devemos querer sim que os alunos mudem suas crenças ao aprender ciências, para isso podemos propor situações problema que levem os alunos a confrontar suas crenças com situações reais e fazer com que eles percebam que suas crenças não são adequadas ou suficientes para explicar ou resolver aquela situação proposta e então o professor apresenta a solução por meio da ciência. Porém existem conceitos para os quais não é possível fazer isto, como por exemplo, a criação do universo, a origem da vida e outros. Para esses acho que o aluno não precisa mudar suas crenças já que esses conceitos não serão aplicados no seu dia-a-dia (Aluna 7).*

*Como futura professora de Ciência creio que diante de um tema tão complexo como a discussão entre Ciência e Religião, não podemos defender nenhum dos lados. Devemos apenas expor o que ambos acreditam para que os alunos conheçam, não podemos impor a Ciência como uma crença ou verdade absoluta. Apenas mostrar o que alguns cientistas vêm estudando e descobrindo ao longo dos anos. Porém, cabe ao aluno decidir em que acreditar. O importante é que ele conheça os argumentos dos dois lados para poder formar sua opinião. O professor deve trabalhar em cima dos conhecimentos prévios do aluno de maneira a tentar modificá-los, pode usar um experimento que mostre que as conclusões que o aluno tinha, não fazem tanto sentido quanto ele acredita. É necessário buscar estratégias que confrontem a crença do aluno com o conhecimento científico que é aceito hoje. Mas, em alguns assuntos como a Origem da Vida e Origem do Universo, não há provas concretas do que realmente aconteceu, por isso, devemos expor as características de cada uma das teorias sem forçar que o aluno acredite cegamente na Ciência, o importante é que ele conheça o que ela vem estudando (Aluna 10).*

Seis alunos escreveram que o professor deve tentar alterar, com respeito e bons argumentos, as concepções dos alunos que sejam consideradas “erradas” ou “inadequadas”, mas que a aceitação cabe ao aluno:

*O professor de ciências deve fornecer argumentos que corroborem a visão científica de mundo, deixando o aluno tirar suas conclusões. Desse modo, defende o método científico como forma de explicar a realidade e não desrespeita as crenças e a fé de seus alunos. Portanto, concordo com a afirmação. O professor tem o papel de fomentar discussões científicas e estimular o senso crítico de seus alunos, porém, não deve forçar uma mudança de valores pessoais. Essa deve ser a postura do professor em qualquer situação, dentro da sala de aula. Mesmo porque, essa mudança só pode ocorrer naturalmente, por iniciativa do próprio sujeito. Mas não acredito que um cientista, por exemplo, possa desenvolver pesquisa sem se desvencilhar de algumas crenças. Nesse caso a visão de mundo científica deverá ser sua realidade (Aluno 3).*

*Concordo com a afirmação [...] pois é uma questão de respeito a pluralidade cultural. Porém acredito que o entendimento dos conceitos fica prejudicado, até por uma questão de motivação, se eu não acredito na ciência eu também não vou me interessar em entende - lá. Cabe ao professor motivá-los e encantá-los com a ciência, é uma*

questão de conquista e não de autoritarismo, as religiões usam belas histórias para conquistar seus seguidores, a ciência também deve ser bela e lúdica, ao invés de maçante e tediosa (Aluna 7).

O aluno tem todo o direito de acreditar num conceito que seja errôneo ou incoerente com o pensamento científico atual até porque muitos alunos têm conceitos alternativos para descrever o que vêem e naturalmente acabam levando-os para a sala de aula. Sendo assim, do ponto de vista de um educador, o professor deve respeitar a visão de mundo do aluno. No entanto, sabendo que a concepção do aluno sobre determinado assunto é errônea ou incoerente com o atual conhecimento, o professor deve buscar meios de fazer com que o aluno reveja seus próprios conceitos ao ser apresentado à concepção “correta”, entre em conflito, compreenda e acabe adotando a visão “correta”. No exemplo dado, o professor poderia sugerir para que o aluno envolvesse com um cobertor um recipiente com água e verificasse se a água ferveria ou se, pelo menos, a temperatura do líquido aumentaria ou diminuiria (Aluno 11).

É essencial lembrar que o docente, enquanto pessoa, detém uma opinião própria com relação ao tema, e que assim e faz quase impossível não explicitá-la, o que pode causar mais controvérsias. O professor, então, pode exigir ou impor a ciência aos alunos, mas pode mostrar bons argumentos, e incentivar conflitos epistemológicos em seus alunos, a fim de fazê-los pensar e repensar suas crenças, e tentar chegar a uma possível acomodação. Apresentado desta forma, a crença religiosa poderia ser confundida com concepções prévias dos alunos, o que se mostra errôneo, uma vez que visão religiosa é algo estabelecido, escrito e que se faz presente em muitas pessoas, e não uma ideia espontânea e individual, e não se sugere que esta visão deva ser mudada, mas sim, que deva haver condições para raciocinar sobre esta e sobre a Ciência, a fim de tomar decisões, ou seja, qual defender (Aluno 12).

Concordo. Acredito que, como professor de ciências, devo ensinar o método científico, a visão de mundo científica. Porém, é evidente que nem todos os alunos irão concordar, uma vez que os mesmos têm diferentes crenças/educação desde a infância. Assim, penso que devo passar o conteúdo científico para os alunos, mas não exigir que aceitem completamente em alguns contextos, como no caso dos assuntos controversos como a origem do universo, agindo de forma imparcial [...]. Acredito que o professor deve apresentar subsídios para que os alunos mudem suas concepções espontâneas e passem a entender as coisas de forma científica. (Aluno 13).

Essa questão teve o objetivo de problematizar possíveis interpretações que evitariam qualquer tipo de conflito em sala de aula ou que conduziriam a um relativismo extremo, apresentando ciência e religião como “igualmente válidas” em qualquer contexto.

O enunciado da questão mencionou superficialmente o “problema da idade do universo” (apresentado na seção 4.4), que estava presente no texto lido pelos alunos e foi abordado superficialmente no seminário do grupo do Big Bang. Uma das atividades planejadas, mas que acabou sendo eliminada quando decidimos dar menos atenção aos conceitos envolvendo o redshift das galáxias, era uma discussão mais detalhada sobre as possíveis soluções dadas por cosmólogos para este problema na década de 1950.

CATEGORIA	Alunos	Total
Consideram que os professores de ciências não precisam exigir que os alunos aceitem completamente a visão de mundo científica, já que estes podem entender os conceitos mesmo sem acreditar neles	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13	10
As concepções científicas podem ser alteradas nas aulas de ciências, mas concepções religiosas não	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 10	8
O professor deve tentar alterar, com respeito e bons argumentos, as concepções dos alunos que sejam consideradas “erradas” ou “inadequadas”, mas a aceitação cabe ao aluno	3, 7, 8, 11, 12, 13	6
Os alunos devem entender e aceitar a visão de mundo científica	4, 6, 11	3
Não se deve mudar as concepções dos alunos sobre a origem da vida e do universo porque não há provas concretas das teorias científicas sobre esse assunto	7, 10	2

**Tabela 31: Os alunos podem entender os conceitos científicos sem acreditar neles?**

Analisando a tabela acima, vemos que boa parte há basicamente dois grupos de alunos: 10 consideram que é mais prudente evitar conflitos entre ciência e religião, enquanto 9 acham que é possível alterar as concepções dos alunos. Nenhum aluno mencionou em sua resposta o “problema da idade do universo” como exemplo de conflito entre teorias cosmológicas e teses religiosas. Por isso, parece-nos importante em atividades futuras dar maior atenção aos exemplos de teorias cosmológicas que entram em conflito com certas teses religiosas.

#### **7.7.4 Conflitos em sala de aula**

A quarta questão também tratava de relações entre ciência e religião, pedindo para os alunos repensarem três afirmações presentes no questionário inicial. Enunciado da questão:

Na escola sempre há conflitos, mesmo que não explícitos, entre visões de mundo diferentes. Podemos identificar uma série de tensões no processo de ensino-aprendizagem: a escola, como instituição, promove a homogeneização através da disciplina, ao estabelecer normas, limites e obrigações, impondo a submissão e a docilidade. Neste contexto, os conflitos não precisam ser vistos como algo necessariamente negativo. Além disso, qualquer ação que busque desencadear algo novo, ou o contrário, que busque manter a ordem estabelecida, pode ser tida como conflituosa. Dessa maneira, o professor sempre representa um papel de autoridade quando se posiciona perante seus alunos na condição de representante hierárquico de uma prática social, responsável por transmitir às novas gerações o legado cultural construído ao longo da história. Da mesma forma, tensões aparecem no papel desempenhado por pais e filhos, sacerdotes e fiéis, em quase todas as relações humanas que envolvem papéis a serem representados. A autoridade delegada ao

professor é base de sua intervenção. Assim pode-se dizer que não há exercício de autoridade sem conflitos.

Pensando no texto acima, discuta as afirmações:

- a) “Em sala de aula, podemos ensinar que ciência e religião podem dialogar entre si, evitando conflitos”.
- b) “Nas aulas de ciências deveríamos seguir a sabedoria popular: não se discute religião, futebol e política”.
- c) “Os conflitos históricos entre ciência e religião devem ser amenizados nas aulas de ciências”.

Esta questão também retoma três afirmações que estavam presentes no questionário, apresentadas na seção 7.6. Quase todos os alunos consideram que discussões sobre ciência e religião não devem ser evitadas nas aulas de ciências, desde que se respeite os alunos.

Alguns exemplos de argumentos:

*Acho que a escola tem exatamente esse papel, o de discutir sobre tudo. Não há necessidade de se chegar a conclusões diante de discussões polêmicas em sala de aula, mas esse espaço de discussão deve ser dado aos alunos, para que este se torne um cidadão mais crítico. Pois é nesse momento que o educando tem a possibilidade de se expressar sobre um tema tão polêmico e ao mesmo tempo ouvir seus companheiros, compartilhando assim outras idéias (Aluno 5).*

*Deve se discutir sim, para que não se crie um tabu, para que os alunos não pensem que este é um assunto intocável e até para dar lhes a oportunidade de comparar as suas crenças com outras e assim aumentar os seus conhecimentos, porém está discussão deve ser mediada com muito cuidado para que todas as opiniões sejam ouvidas e respeitadas (Aluna 7).*

*Deve-se, sempre que necessário, discutir religião, futebol e política. O foco de discussões desta natureza deve ser justamente o esclarecimento por meio do exercício do senso crítico e não a criação de polêmicas e intolerâncias (Aluno 11).*

A postura mais comum (7 alunos) foi de que os conflitos não devem ser nem amenizados nem estimulados:

*[...] caso haja um questionamento sobre as questões religiosas e as contradições; o professor pode apresentar as teorias religiosas e a abordagem de diversos estudiosos com diferentes posicionamentos da relação ciência e religião. Evitando a satirização de qualquer crença. Os conflitos não devem ser amenizados todas as posições em relação ao tema devem ser exploradas e apresentadas, o professor pode até mesmo apresentar sua opinião pessoal sobre o assunto defendendo suas idéias, mas sempre ressaltando que esta é sua opinião pessoal. Isso pode contribuir para que o aluno tenha um pensamento mais crítico e procure embasar suas teorias pessoais com bons argumentos (Aluno 2).*

*Acredito que ciência e religião são conflitantes, pois são de natureza diferentes, a ciência busca explicar a natureza e a religião trata da espiritualidade. Portanto elas são conflitantes e não podem ser comparadas. [Os conflitos] devem ser amenizados porém apresentadas para que os alunos conheçam a história do pensamento religioso e do pensamento científico e assim possam perceber que ambos tiveram e tem suas falhas e que devemos ter um olhar crítico ao analisar ambos (Aluna 7).*

*Em meu ponto de vista, o professor deve mostrar que existem essas duas visões e que elas podem conviver sem maiores problemas, ele pode fazer um ponte com a matéria de História e mostrar quantos conflitos já aconteceram devido à intolerância com a diferença de crenças. Portanto, não vejo problema em promover o debate se esse assunto surgir durante a aula. Além disso, um debate dessa natureza pode melhorar outras competências e habilidades nos alunos. Claro que sempre é preciso que se incentive o respeito à diversidade (inclusive trabalhando na aula de Ciência um dos temas transversais do PCN, que é Pluralidade Cultural) e lembrando aos alunos que o foco da aula é que eles conheçam as teorias científicas, por isso não nos aprofundaremos no assunto religião. Além disso, não é preciso que o professor provoque conflitos entre Ciência e Religião (Aluna 10).*

*Nem amenizados e nem estimulados. Em sala de aula, penso que o que deve ser mostrado são essencialmente fatos, com o mínimo de julgamentos morais. Os alunos devem saber que, além de religião e ciência fornecerem distintas de visões de mundo, estas são criações humanas e, portanto, carregam em si, elementos humanos. Deste modo, muitos atos e ideias científicos e religiosos ao longo da história devem ser vistos como atos e ideias de homens que se diziam cientistas e religiosos, mostrando que as características humanas invariavelmente influenciam tanto o ambiente científico quando o ambiente religioso (Aluno 11).*

*Acredito que deve-se respeitar as diversas opiniões dos alunos, mas não evitar discussões sobre temas polêmicos em sala de aula. É claro que como professor em início de carreira e dependendo da instituição que for trabalhar essas discussões podem ser inviáveis, mas, por outro lado, essas discussões podem ser muito positivas no sentido de auxiliar os alunos a formarem sua própria opinião. No caso do tema religião, por exemplo, seria imparcial, mas sempre utilizando das visões de mundo científicas. Penso que nas aulas de ciência deve-se trabalhar os conflitos históricos entre ciência e religião de forma natural, possibilitando que os alunos possam compreender a existência das diferentes visões de mundo e tire suas próprias conclusões (Aluno 13).*

Alguns alunos consideram produtivos os diálogos entre ciência e religião, tendo elogiado a proposta do diagrama:

*Em sala de aula pode-se sim ensinar que a ciência e religião podem dialogar entre si. Um exemplo para mostrar como isso pode ocorrer, é o diagrama que foi utilizado em sala de aula, mostrando que pode haver diferenças entre as duas, mas também há relações. Acredito que a construção deste diagrama é algo bem didático, pois leva os alunos a refletir sobre algo que é muito pouco comentado: A relação entre a ciência e a religião. O assunto religião só deve ser comentado quando necessário, mas não devemos excluir este assunto das aulas de ciências, por que apesar de ser diferente de ciência, ele está completamente ligado. Como as aulas são de ciências, deve-se discutir ciência, se houver necessidade, curiosidade por parte do aluno, não vejo por que não entrar neste assunto (Aluna 1).*

Nos textos de 2 alunos que, como veremos na próxima seção, são adeptos da independência entre ciência e religião, encontramos a defesa de que as discussões podem ocorrer, mas que os conflitos devem ser evitados. Exemplo:

*Os conflitos entre estes dois pontos devem sim ser amenizados, pois não é interessante a existência de conflitos em qualquer que seja a disciplina. Por mais que seja importante passar aos alunos a linha histórica de como tudo ocorreu, demonstrar a eles estes conflitos históricos seria uma forma de confundir-los mais e talvez os*

*instigando a descrença da ciência. Para que sejam apresentados a isso, os alunos precisam de certo amadurecimento (Aluna 1).*

*O professor de ciências não deve defender conhecimento científico e se opor ao conhecimento religioso, mas sim mostrar que aquela aula é de ciências e não de religião, onde o professor deve apresentar o conhecimento científico com bons argumentos relacionados ao dia-dia do aluno, evitando conflitos entre ciências e religião e se caso esse conflito acontecer o professor deve tentar amenizá-lo e mais uma vez mostrar que a aula é de ciências e não de religião (Aluna 8).*

Dois alunos consideram que nessas discussões o conflito entre ciência e religião é inevitável:

*Acerca da relação entre religião e ciência, em minha opinião, é inevitável o conflito quando são tratadas como alternativas igualmente válidas. Por tanto, devem ser abordadas em contextos diferentes, e nunca colocados no mesmo patamar. Em minha visão, religião e ciência são classificadas segundo características distintas, em classes diferentes, segundo dois grupos de argumentos. Comparar as duas faz tanto sentido quanto comparar um objeto e uma cor. “Quais as diferenças e semelhanças entre uma mesa e a cor azul”(Aluno 3).*

*Acredito que não, ciência e religião são diferentes, sempre haverá conflito mas não são necessariamente negativos, pode levar o aluno a pensar sobre o assunto, a questionar, a transgredir. É interessante fazer um debate sobre religião em sala de aula pois sempre trará algum benefício. As religiões podem enganar as pessoas, por exemplo, uma aluna minha disse que o pastor curou uma pessoa com deficiência física no culto. Bem, poderíamos então levar todos deficientes físicos para que esse pastor possa curá-los, será que ele conseguirá? Ou podemos continuar com as pesquisas em células-tronco que tem dado grandes resultados. Esse lado da religião mostra o quão desumana ela é (Aluno 6).*

O aluno 4 ressaltou uma grande limitação de nossa discussão: não estávamos levando em conta os contextos particulares de cada professor, já que se tratava de um curso de formação inicial em que quase nenhum dos alunos já atuava em sala de aula:

*Olha para mim depende muito do contexto em que cada professor esta inserido, por exemplo, se estiver numa escola religiosa e essa for muito extremista fica difícil trabalhar as teorias científicas. Ou se a escola for um sistema de ensino voltado para o vestibular, daí o tema origem do universo nem é muito trabalhado, assim como método científico, pois não cai no vestibular. Mas de qualquer forma o professor deve sempre respeitar a opinião dos alunos, deve sim apresentar outras teorias (Aluno 4).*

Acreditamos que seria importante que pesquisas futuras analisassem estas questões em outros contextos, inclusive com professores que já atuam no ensino básico. Assim seria possível não realizar apenas discussões abstratas sobre situações hipotéticas, como ocorreu em nosso curso.

Por outro lado, é importante lembrar que o professor é *influenciado*, mas não é completamente *determinado* pelo contexto sócio-cultural em que está inserido. Por isso, ainda que não tenhamos discutido situações em contextos específicos, o que tornaria o problema mais concreto, discussões gerais servem para estimular a reflexão e

instrumentalizar os licenciandos para lidarem com este tipo de questão em sua futura prática. Dessa forma, caberia aos próprios licenciandos a tarefa de adaptar essas ideias gerais ao seu contexto particular. Portanto, consideramos importante que esta discussão esteja presente na formação inicial de professores, como forma de prepará-las para os possíveis problemas que irão enfrentar em sua prática futura.

CATEGORIA	Alunos	Total
As aulas devem apresentar as visões científicas, discutindo religião quando necessário	todos	13
Nem evitar nem estimular conflitos entre ciência e religião	2, 5, 7, 9, 10, 11, 13	7
Evitar conflitos com as crenças dos alunos	1, 8	2
O conflito entre ciência e religião é inevitável	3, 6	2
Depende do contexto em que o professor estiver inserido	4	1

**Tabela 32: Como lidar com conflitos entre ciência e religião em sala de aula?**

Nesta questão notamos que a maioria dos alunos apresentou uma postura moderada, refletindo sobre vantagens e desvantagens de se estimular conflitos entre ciência e religião na sala de aula.

### 7.7.5 Relações entre ciência e religião

Finalmente, a quinta questão buscava sintetizar a discussão pedindo para os alunos definirem sua postura sobre relações entre ciência e religião. Enunciado da questão:

Pensando nas quatro categorias apresentadas sobre relações entre ciência e religião (conflito, integração, diálogo e independência), qual é a postura que você julga mais adequada para ser adotada pelos professores de ciências em sala de aula? Caracterize essa posição **com suas próprias palavras** e cite pelo menos três vantagens e desvantagens da postura que você escolheu, preferencialmente citando e discutindo argumentos utilizados por Hoyle, Lemaître ou pelo Papa Pio XII, discutidos em classe.

A maioria dos alunos disse preferir a postura da independência, sendo o conflito a segunda postura mais escolhida:

CATEGORIA	Alunos	Total
independência	1, 5, 8, 9, 10	5
conflito	3,6,7	3
diálogo/ integração	2,4	2
conflito/ independência	11	1
conflito/diálogo	12	1
independência/diálogo	13	1

**Tabela 33: Escolhas dos alunos sobre as categorias de relações entre ciência e religião, incluindo categorias mistas**

Se contarmos os alunos que escolheram duas categorias duas vezes, teremos:

CATEGORIA	Alunos	Total
Independência	1, 5, 8, 9, 10, 11, 13	7
Conflito	3, 6, 7, 11, 12	5
Diálogo	2, 4, 12, 13	4
Integração	2, 4	2

**Tabela 34: Escolhas dos alunos sobre as categorias de relações entre ciência e religião**

Vamos agora apresentar os principais argumentos utilizados pelos estudantes:

### ***Independência***

Todos os 5 alunos que escolheram exclusivamente a postura da independência (alunos 1, 5, 8, 9 e 10) consideraram positivo o fato de não haver conflitos entre ciência e religião. Dentre estes alunos 4 eram católicos pouco praticantes e uma aluna não tinha religião.

Dentre as outras vantagens, foram mencionadas:

*Não há necessidade na investigação de compatibilidade e não há necessidade de o professor defender somente uma visão (Aluna 1).*

*[...] a discussão sobre quem está certo é irrelevante, pois já disse aquele no qual grande parte de nossa sociedade acredita “Dai, pois, a César o que é de César e a Deus, o que é de Deus”. Se o próprio alvo de adoração admitiu a separação entre o secular e religioso, os seus seguidores (maioria cristão no ocidente) deveriam fazer o mesmo. Ao admitir que os dois assuntos rejam esferas separadas de conhecimento (acordo entre as partes), o professor pode focar-se em seu trabalho, o que garante fluidez no ensino, sem digressões devidas às tentativas de conciliação entre o tópico discutido e religião; evita conflitos entre a direção da escola e os pais. Essa relação*

*entre ciência e religião permite que ela seja utilizada com qualquer das religiões professadas no ocidente atualmente (Aluna 9).*

Entre as desvantagens, esses alunos apontaram:

*Pouca motivação dos que seguem este conceito para tentar encontrar uma relação entre as duas visões; Aqui não se pode utilizar o método do diagrama para apresentar as relações para os alunos; Não é uma postura que se adequa a indivíduos que aceitam visões científicas e religiosas (Aluna 1).*

*Por outro lado, essa visão coloca ciência e religião como se fossem iguais, não proporcionará debates interessantes como eram os de Hoyle, que tentava colocar a religião em cheque com argumentos científicos, e não mostra a ciência explicando fatos religiosos como o Gênesis, tal qual defendia o Papa Pio XII (Aluna 10).*

Quanto às relações com os textos, houve duas citações de Lemaître:

*Lemaître era um adepto a essa postura, pois ele conseguia distinguir ciência de religião, tanto que dedicou sua vida á ciência, mas nunca deixou de ser religioso. Através de sua visão podemos perceber que é possível pertencer aos dois lados e saber conciliar cada uma (Aluna 1).*

*Acredito que em sala de aula deva ser adotada uma postura de independência. Mostrando que Ciência e Religião se complementam, uma explicando o que a outra não pode explicar, assim como defendia Lemaître. Adotando-se essa postura evitam-se os conflitos entre as duas, ambas as visões aparecem como válidas e mostra que há várias maneiras de interpretar o mundo (Aluna 10).*

### **Conflito**

Dos 3 alunos que escolheram exclusivamente a postura do conflito, dois são ateus, enquanto outra aluna é católica. Já o aluno que escolheu a combinação conflito/independência é agnóstico, enquanto o que escolheu a combinação conflito/diálogo é espírita.

Como vantagens da postura de conflito, os alunos adeptos do conflito mencionaram:

*Acredito que ciência e religião ocupam a categoria de conflito, pois são de naturezas diferentes e são incompatíveis no sentido de que suas explicações não podem se complementar, são linhas de pensamento diferentes. [...] Cabe ao professor apresentar com maior ênfase a ciência, já que a religião na maioria das vezes o aluno aprende mesmo antes da alfabetização, e a ciência é novidade (Aluna 7).*

*O fato de mostrar aos alunos que certos fenômenos, outrora entendidos como manifestações sobrenaturais, podem ser explicados cientificamente; tal atividade tem como intuito não gerar mais polêmicas (o que pode acabar ocorrendo) mas sim mostrar (ou, pelo menos tentar) a natureza do conhecimento humano, sempre imerso num mar de incertezas (Aluno 11).*

Um aluno mencionou argumentos retirados do texto de Mahner e Bunge:

*Em minha opinião os professores de ciências não podem ignorar as diferenças e incompatibilidades entre as explicações religiosas e científicas sobre o mundo. São vantagens dessa proposta: A possibilidade de assumir o naturalismo, já que os estudos religiosos pressupõem a existência de seres míticos e sobrenaturais, que não podem ser tratados pelo método científico; A ênfase em características positivas da ciência, como o diálogo entre os cientistas de diferentes áreas do conhecimento, o que não ocorre com diferentes religiões, e o fato do conhecimento científico ser “confiável*

*e durável, mas sujeito a mudanças”, ao contrário da religião que prega verdades absolutas e imutáveis; O fato de que as teorias científicas são baseadas em um método racional, que prega a coerência e a lógica, ao contrário das religiosas que são inquestionáveis apesar da falta de rigor lógico (Aluno 3).*

Outro aluno apresentou argumentos que lembram os textos de Richard Dawkins:

*Qualquer pessoa sensata reconhece o grande prejuízo que a religião causou e ainda causa a humanidade e a ciência. A religião baniu os mais brilhantes da face da Terra (Galileu por exemplo); nada se compara a hipocrisia existente na justiça de Deus as almas perdidas; além disso a religião tem sido sempre uma grande mentirosa, preconceituosa e uma prisão para as pessoas. O ser humano não necessita mais das próteses e dos consolos que ele careceu até aqui para suportar a existência. Nesse sentido, em resposta as pessoas que sempre perguntam “e o que colocar no lugar da religião?”, eu diria que não precisa colocar nada, o mundo já seria melhor sem religião, mas se quiserem colocar a filosofia, é uma boa opção, pois é humanista e cumpre bem o seu papel (Aluno 6).*

As desvantagens da postura de conflito apresentadas foram:

*Como desvantagens posso citar: A dificuldade de lidar com as concepções religiosas do aluno sem desrespeitar a sua fé; O fato de que a ciência é controversa e tendenciosa em relação à religião, o que pode deixar lacunas na argumentação da postura do conflito; O fato da postura do conflito diminuir o espaço para abordagem das religiões como manifestações culturais, dentro da sala de aula, já que a quantidade de links é reduzida (Aluno 3).*

Apenas um aluno adepto do conflito deu exemplos de argumentos utilizados pelos personagens da história da cosmologia:

*Em relação a Lemaître, por exemplo, que após um gradativo amadurecimento, passou a afirmar que “a Bíblia forneceria conhecimento sobre a salvação, por exemplo, ensinando que um dia por semana deve ser dedicado ao descanso, à devoção e à reverência. Mas a Bíblia não teria quase nada a dizer sobre a natureza e rejeitava as interpretações literais das escrituras”. Assim apesar de oscilar entre o diálogo e o conflito, foi coerente nessa colocação, em minha opinião.*

*Hoyle é mais incisivo, e difunde o materialismo e a aversão à visão de mundo religiosa: “Os seres vivos podem ser vistos como não mais que engenhosas máquinas que evoluíram como estranhos produtos em um canto singular do Universo. [...] Me parece que a religião é apenas uma tentativa de encontrar uma fuga de uma situação verdadeiramente ruim em que nos encontramos”*

*Em relação ao discurso do Papa Pio XII, posso dizer de uma maneira exageradamente resumida, que apenas tentava argumentar que os fatos científicos não interferem na visão de mundo religiosa, e quando não era possível fazer essa afirmação, os negava (Aluno 3).*

### **Diálogo e integração**

Nenhum aluno escolheu exclusivamente nem a postura do diálogo, nem a postura da integração. Os 2 alunos escolheram a combinação diálogo/integração como uma boa forma de lidar com eventuais conflitos em sala de aula:

*De fato, é possível apresentar uma visão de integração entre ciência e religião, exemplificando casos como os dos padres que tentaram realizar essa integração, como por exemplo: Lemaître e Santo Agostinho [...] No caso do surgimento das*

*questões religiosas, geralmente elas irão surgir em um panorama de conflito, mas independente do contexto em que elas surgirem o professor deve apresentar uma posição de integração e diálogo, sempre procurando a compatibilidade ou semelhanças entre os posicionamentos evitando a depreciação da crença do aluno, apresentando uma possível coexistência entre eles e uma maior abrangência do conhecimento e cultura envolvidos no tema (Aluno 2).*

*Eu acho que a postura mais adequada seria a do diálogo e integração. Pois como no mundo de hoje a religião pode afetar de certa forma as ciências (posicionamento dos líderes espirituais frente a um resultado da ciência, como clonagem) e de certa forma a ciência também influencia o mundo, com as pesquisas e resultados alcançados (clonagem etc.), então as duas devem encontrar uma maneira de coexistir, por meio do diálogo. Uma vez que uma coisa não exclui a outra (Aluno 4).*

Os alunos que escolheram as combinações conflito/diálogo e independência/ diálogo enfatizaram a possibilidade de tensões construtivas nos debates em sala de aula, sem evitar conflitos:

*Com o professor tomando esta posição, é caracterizada uma relação de conflito porém, a fim de que ciência e religião possam dialogar, isto é, que ambas possam ser aceitas como versões diferentes da mesma história, sem que necessariamente estejam ligadas ou completamente sem relações. Sendo assim, poderiam surgir inúmeros imprevistos recorrentes em conflitos, que iriam desde alunos ofendidos a alunos militantes que não teriam argumentos suficientes e mudariam radicalmente de opinião. Então, desta forma, cabe ao professor enquanto autoridade, entender o limite máximo para um conflito e direcioná-lo para um diálogo (Aluno 12).*

*A postura que eu julgo mais adequada para ser adotada pelos professores de ciências em sala é a da independência, em direção ao diálogo. No diálogo admite-se a integridade e independência relativa entre ciência e religião, mas há ênfase em certas semelhanças. Penso que, com essa postura, o professor poderá estabelecer discussões sobre o tema em sala de aula, que por sua vez poderão trazer a tona conflitos de idéias. Estes são fundamentais para que os alunos possam formar suas opiniões a respeito desse tema tão controverso, contribuindo na formação de uma postura crítica dos seus alunos frente as diferentes visões de mundo. Na postura da independência enfatiza-se as diferenças entre ciência e religião, de forma que ciência e religião são tratadas de forma independentes. Acredito que o professor de ciências, principalmente em início de carreira, deve tender a postura do dialogo, pois ignorar as semelhanças entre ciência e religião é uma forma de se ausentar dos “problemas” que possam acontecer em sala de aula, assumindo que elas não se comunicam e, também, tirar a possibilidade de discussões construtivas para a formação da opinião por parte dos alunos (Aluno 13).*

A análise geral dos argumentos utilizados pelos alunos na escolha de suas categorias nos permitiu constatar que poucos alunos argumentaram baseando-se na leitura dos textos dos personagens da história da cosmologia. As discussões realizadas nas aulas sobre as visões religiosas de Lemaître, Hoyle e o Papa não apareceram em muitos ensaios, que foram em sua grande maioria baseados em argumentos desvinculados da história da cosmologia, mais ligados a experiências pessoais vividas por cada um.

Não esperávamos que eles aceitassem a visão proposta pelos personagens da história da cosmologia, mas seria interessante que sua visão pessoal fosse enriquecida pelo confronto com as ideias polêmicas e a defesa do conflito de Hoyle, da integração pelo Papa Pio XII e pela postura mais moderada de Lemaître.

Comparando os dados obtidos no questionário inicial e no ensaio final, notamos uma esperada correlação entre a postura religiosa e a escolha de certas categorias. Na tabela abaixo separamos os alunos quatro posturas religiosas (apresentadas nas tabelas 6 e 7) e confrontamos cada uma delas com as escolhas de categorias (apresentadas nas tabelas 33 e 34).

Religião/ Postura sobre Deus	Conflito	Independência	Diálogo	Integração
Catolicismo	7	1, 5, 8, 10, 13	13	
Outras/ Força não personficada	12		4, 12	4
Nenhuma/Agnosticismo	11	9, 11	2	2
Ateísmo	3, 6			

**Tabela 35: Correlação entre postura sobre a existência de Deus e escolha das categorias**

Os indivíduos que se decalaram ateus escolheram a postura do conflito. Já os indivíduos católicos, em sua maioria, tiveram preferência pela postura da independência, evitando conflitos. Contudo vale ressaltar novamente que estas categorias não são completamente excludentes, sendo perfeitamente razoável que a maioria dos alunos tenha apresentado características típicas de diferentes categorias.

## 8 Considerações finais

Um dos principais objetivos da educação básica é contribuir para a formação de cidadãos críticos. Quando pensamos no que é ser um crítico as imagens mais comuns estão ligadas à capacidade de ação e reflexão frente aos desafios da sociedade contemporânea, em que a ciência é muito importante. Assim, mais importante do que a memorização de fatos e nomes, tem sido enfatizada a importância de se entender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, que habilitariam os estudantes a tomarem decisões em questões práticas e polêmicas como a criação de alimentos transgênicos, o uso de energia nuclear, as pesquisas com células tronco, a legalização do aborto, e outros temas que possam surgir.

Com o grande aumento da informação disponível a partir da popularização da internet, a educação certamente precisará mudar muito nas próximas décadas. A maior parte das profissões tradicionais, como a de operários e agricultores, foi sendo substituída por máquinas ao longo do século XX. No século XXI, com o desenvolvimento tecnológico cada vez mais intenso, só sobreviverão as profissões humanas que envolvem habilidades que não podem ser substituídas por máquinas ou robôs. Assim, a tarefa dos professores é educar para o imponderável, por que não sabemos como será o trabalho, assim como a vida em geral dos alunos do futuro. Precisamos fornecer critérios estéticos e éticos para os alunos, para que sejam motivados na busca pelo conhecimento.<sup>85</sup>

Dessa forma, mais do que discursar para os alunos fornecendo informações, os professores podem contribuir para a formação de cidadãos críticos discutindo quais critérios podem ser utilizados para decidir se uma informação é confiável, ou sobre como é possível verificar a veracidade do que se lê na internet. Nesse contexto, as discussões sobre a natureza da ciência são muito importantes, como forma tanto de permitir uma compreensão razoável de como são criados os argumentos científicos, mas também de limitar a autoridade excessiva atribuída aos cientistas nas discussões polêmicas envolvendo a ciência. Os cidadãos só serão efetivamente participativos nas decisões sobre questões como financiamento a grandes telescópios espaciais ou pesquisas com células tronco se tiverem uma compreensão razoável de alguns conceitos científicos, como conhecimentos cosmológicos ou o processo de gestação de embriões. Mas também é importante saber algo

---

<sup>85</sup> Este parágrafo foi inspirado pela fala do professor Luis Carlos de Menezes em sua palestra para o TED USP, disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=Lbp0tqgQR-s>.

*sobre a ciência*, sobre o que são hipóteses, como elas podem ser testadas por experimentos. Também é importante saber que sempre é possível que existam diferentes interpretações de dados experimentais e que é comum haver diferentes teorias, como na cosmologia.

Como discutimos no primeiro capítulo, o ensino de cosmologia não pode ser justificado por argumentos utilitaristas como a preparação dos estudantes para exames de vestibulares, para o mercado de trabalho ou até mesmo para a atuação política numa sociedade democrática. A maior parte dos conhecimentos cosmológicos não tem e nunca terá nenhuma aplicação prática. Isso é um problema sério a ser enfrentado por qualquer professor que queira ensinar cosmologia para seus alunos. A maior parte dos argumentos utilizados para justificar o ensino de física não servem nesse caso. Além disso, segundo uma visão propedêutica de ensino, a cosmologia tem inúmeros pré-requisitos conceituais não atendidos pelos estudantes do ensino médio, como conhecimentos sobre a teoria da relatividade geral, a mecânica quântica e o eletromagnetismo, para que se conceitos básicos da cosmologia como expansão do universo, redshift e radiação cósmica de fundo, entre outros, sejam compreendidos.

No segundo capítulo, apresentamos a tensão entre duas visões sobre a ciência e sobre o ensino de ciências. A primeira denominamos tendência “cientificista”, que seria mais próxima epistemologicamente a uma tradição iluminista ou positivista, marcada pela valorização da ciência em detrimento de outras formas de conhecer o mundo. A segunda, denominada tendência “pós moderna”, tem ganhado mais adeptos nos últimos anos, sendo caracterizada por uma visão crítica e negativa sobre a ciência, nos casos extremos chegando a um relativismo epistemológico radical.

No terceiro capítulo, abordamos alguns aspectos controversos sobre a natureza da ciência, como a existência de critérios de demarcação entre a ciência e outras atividades humanas, a existência do método científico como uma forma de justificar a autoridade da ciência; o debate entre realismo e instrumentalismo na epistemologia e suas implicações para o ensino, como sua influência nos debates sobre o construtivismo e a questão da verdade na ciência. Buscamos sintetizar essas reflexões apresentando posturas moderadas entre as tendências “cientificista” e a “pós-moderna” a respeito de aspectos da natureza da ciência, deixando explícito o caráter dialético das questões epistemológicas abordadas.

Evidentemente, com essa síntese não temos a pretensão de apresentar uma concepção “adequada” da natureza da ciência para ser ensinada por professores da educação básica, até porque não existe um consenso entre cientistas, historiadores, filósofos e sociólogos da

ciência sobre muitos dos assuntos que abordamos. Acreditamos que ensinar *sobre a ciência* não pode se reduzir à memorização de listas de tópicos adequados como se fossem slogans. Nossa intenção ao apresentar uma série de tensões importantes nas visões sobre a ciência foi a de buscar tópicos interessantes para gerar discussões, em que pontos de vista diferentes possam ser confrontados.

Algumas dessas questões interessantes sobre a natureza da ciência podem ser discutidas em qualquer aula de filosofia ou de ciências, independentemente do assunto estudado. Porém a cosmologia é um assunto com grande potencialidade por permitir que certas questões epistemológicas sejam inseridas nas aulas de ciências, tendo uma especificidade em relação a outros conteúdos científicos ensinados na educação básica. A cosmologia permite com naturalidade apelar para a imaginação com o intuito de examinar nossas crenças mais profundas, por isso, um de seus papéis no ensino é propiciar aos jovens o contato com a visão científica de mundo, que envolve conhecer um conjunto de descrições e explicações a respeito do universo e, sobretudo, da posição do homem no mesmo.

A partir dos estudos sobre a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário desenvolvido no capítulo 4, identificamos a possibilidade de aliar o encanto motivador da cosmologia com uma questão muito importante na atualidade: as polêmicas relações entre ciência e religião. Se a cosmologia por si só não envolve muitos aspectos diretamente utilizáveis na vida cotidiana, sua interface com questões religiosas nos permitiu discutir problemas muito importantes e práticos, envolvendo os eventuais conflitos entre as visões de mundo de professores e alunos nas salas de aula. Assim buscamos aliar a “ideia de uma física como cultura ampla e como cultura prática, assim como a ideia de uma ciência a serviço da construção de visão de mundo e competências humanas mais gerais” (Menezes 2000, p. 8).

Para contribuir com a introdução de conteúdos de história e filosofia da ciência nos cursos de formação de professores e conseqüentemente na educação básica construímos atividades para discutir a natureza da ciência, fazendo uso de textos sobre relações entre cosmologia e religião escritos por três personagens históricos envolvidos nas controvérsias cosmológicas da década de 1950: o Papa Pio XII, Fred Hoyle e Georges Lemaître. Suas posturas foram classificadas com categorias que selecionamos a partir do estudo de pesquisas sobre ciência e religião no ensino de ciências: *conflito*, *integração*, *diálogo e independência* (Barbour 1990). Estas categorias também foram utilizadas por Helge Kragh

(2004) na análise das concepções religiosas de alguns personagens da história da cosmologia, e foram adaptadas por nós com a criação de um diagrama contendo dois eixos: um sobre semelhanças ou diferenças entre ciência e religião, e outro sobre a necessidade ou não de conflito entre as mesmas (figura 18, capítulo 5).

Estas atividades foram aplicadas e avaliadas durante a disciplina História da Ciência, do curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade de São Paulo, campus São Carlos. Os dados de pesquisa foram coletados utilizando questionários, análise das atividades realizadas durante as aulas, e de textos produzidos pelos alunos. Durante o curso, os licenciandos tiveram contato com diferentes estratégias de ensino para trabalhar a história e filosofia da ciência como seminários curtos, uso de vídeos, simulações de computador, interpretação de tirinhas, encenação de uma peça de teatro e debates sobre temas polêmicos.

Esperamos que as atividades que desenvolvemos possam servir de estímulo para que novas atividades sejam criadas por professores de ciências, aproveitando tanto algumas das discussões apresentadas como partes das atividades que realizamos. Assim, seria possível adaptar algumas delas a novos contextos, levando em conta os objetivos de aprendizagem desejados e os interesses dos alunos.

No questionário inicial notamos que os alunos tinham inicialmente poucos conhecimentos de cosmologia. As apresentações dos seminários dos alunos nos mostraram que boa parte da classe parece ter gostado de estudar sobre esse assunto. Todos se divertiram bastante com a apresentação de teatro e a grande maioria da turma fez todas as atividades propostas. Ainda que não tenha sido nosso objetivo principal, pudemos perceber que os alunos tiveram uma compreensão razoável de alguns dos modelos cosmológicos no século XX. Ao fim das duas primeiras aulas do curso, que tratavam da controvérsia entre as teorias do Big Bang e Estado Estacionário, discutimos brevemente a questão “o universo sempre existiu ou teve um começo no tempo?” que certamente poderia ser debatida em muito mais aulas se não tivéssemos decidido iniciar o debate sobre relações entre ciência e religião nas aulas seguintes. Essa escolha fez com que pouca atenção fosse dada para alguns conceitos de cosmologia, como o redshift e a radiação cósmica de fundo. Isso se refletiu nos ensaios finais de boa parte dos alunos, que não conseguiram justificar adequadamente por que acreditam na teoria do Big Bang. Se a proposta de que eles dessem seminários e propusessem atividades uns para os outros tinha a intenção de gerar autonomia, por outro lado teve a desvantagem de que não foi muito efetivo aprendizado de

conceitos de cosmologia. Também houve pouco espaço para apresentar com mais detalhes os argumentos a favor de teorias alternativas da cosmologia.

Mas como toda intervenção didática tem um tempo limitado, é inevitável que alguns aspectos tenham sido deixados em segundo plano. Nossa decisão de enfatizar discussões sobre a natureza da ciência mostrou outros bons resultados. Praticamente todos os alunos parecem ter aceitado a tese de que não é possível dar uma resposta definitiva para questões cosmológicas, reconhecendo que porque o conhecimento científico não é constituído de verdades absolutas. Encontramos poucas concepções empírico-indutivistas ou absolutistas sobre natureza da ciência, que poderiam ser rotuladas como “inadequadas”. A maior parte dos ensaios mostrou reflexões interessantes sobre a questão das provas na ciência, uma vez que a maior parte dos alunos reconheceu que o Big Bang não está provado, no sentido de verdade absoluta, mas que estaria “provado” por que há evidências a favor da aceitação dessa teoria, mas que não são definitivas.

A comparação entre o “método científico” e o “verdadeiro método”, assim como entre os métodos utilizados por cientistas e por religiosos, através da atividade de interpretação de tirinhas, mostrou-se uma estratégia interessante para guiar reflexões sobre a natureza da ciência, já que uma boa forma de aprender sobre “O que é ciência?” é compará-la com outras atividades humanas, ou seja, com o que “não é ciência”, no nosso caso, a religião.

Como no curso de Licenciatura em Ciências Exatas não há disciplinas sobre filosofia da ciência na grade curricular, os debates envolvendo conceitos epistemológicos acabou se mostrando razoavelmente superficial, muitas vezes com predomínio de argumentos do senso comum. Apesar disso, esta discussão foi bem interessante, já que permitiu a muitos alunos refletir sobre as influências de fatores políticos, econômicos e culturais sobre a atividade científica, possivelmente pela primeira vez em sua formação escolar. Se tivéssemos mais tempo, seria interessante problematizar suas respostas perguntando as razões pelas quais muitos disseram que o “verdadeiro método” é uma distorção que deve ser evitada. A discussão aprofundada de obras de diferentes cientistas e filósofos sobre o método científico<sup>86</sup> teria sido bastante proveitosa.

Além da atividade de interpretação de tirinhas, as outras atividades envolvendo discussões sobre relações entre ciência e religião também se mostraram interessantes como forma de discutir a natureza da ciência. A construção de diagramas de Venn, como forma

---

<sup>86</sup> Como por exemplo, as apresentadas por Videira 2006, Feyerabend 2007 e Omnès 1996, discutidas na seção 3.1

de guiar a reflexão sobre semelhanças e diferenças entre ciência e religião é uma atividade bastante simples, que pode ser adaptada para diversos contextos diferentes, por exemplo, para discutir semelhanças e diferenças entre a astronomia e a cosmologia. Também consideramos muito interessante a sugestão de um dos alunos de criar diagramas diferentes, um sobre a ciência “real”, que acontece na prática, e outro sobre uma ciência “ideal”, ou como a ciência deveria ser. Esta distinção entre propostas descritivas e prescritivas da natureza da ciência mostra limitações presentes em muitas pesquisas que fazem uso de questionários para avaliar concepções de alunos, já que a complexidade de questões como “o que é ciência?” faz com que certos alunos pensem na ciência “real”, e outros em uma ciência mais “ideal”, o que não quer dizer que suas concepções sejam necessariamente diferentes.

No questionário inicial também notamos que as afirmações típicas do criacionismo, como “O homem foi criado por Deus há menos de 10 mil anos” ou “O ser humano é o resultado de milhões de anos de evolução, mas em processo guiado por um ente supremo” tiveram baixo grau de concordância. A grande maioria dos alunos era de família católica, porém poucos eram religiosos praticantes.

Dessa forma, o perfil da turma fez com que a aceitação dos alunos de trechos do texto escrito por Mahner e Bunge (1996) fosse muito diferente da relatada por outras pesquisas que mostraram alunos religiosos bastante incomodados com a postura de conflito entre ciência e religião. Como em nosso curso havia poucos alunos religiosos e quase todos mostraram boa aceitação das teorias científicas, não encontramos quase nenhum dos obstáculos relatados em pesquisas realizadas com alunos religiosos, como as de Sepúlveda e El-Hani (2004) e Loving e Foster (2000).

A análise das respostas dadas ao questionário Likert nos mostrou que houve maior concordância com as afirmações que enfatizavam as diferenças entre ciência e religião, o que era esperado entre alunos de uma licenciatura em ciências. Também notamos que os alunos apresentaram posturas moderadas sobre as relações entre ciência e religião. Tanto as afirmações científicas radicais, quanto as afirmações típicas de defensores do criacionismo tiveram baixo grau de aceitação. A postura predominante era a confiança e valor atribuído ao conhecimento científico aliada à tolerância em relação às crenças religiosas dos alunos nas aulas de ciências.

Ainda que nenhuma postura específica seja defendida, problematizamos as posturas mais radicais quando levadas para o ensino. De fato, os resultados mostraram que poucas

afirmações radicais foram encontradas nas concepções dos estudantes. Encontramos poucos exemplos de propostas científicas, praticamente nenhum adepto do absolutismo epistemológico e nenhuma postura religiosa fundamentalista.

A postura que adotamos nas aulas, sem defendê-la explicitamente, foi algo próximo do que El-Hani e Mortimer chamaram de “ética da coexistência”, em que os diálogos podem ser conduzidos de forma a valorizar o confronto de argumentos na busca de possíveis soluções, num esforço de conviver com as diferenças e promover o entendimento dos conceitos científicos (El-Hani & Mortimer 2007, p. 668). Ao professor foi delegada a autoridade de lidar com os conflitos de interesses em sala de aula. Ele é o representante da sociedade responsável por conduzir estes conflitos de interesses de uma maneira sábia. Por isso, o professor não pode simplesmente fugir do problema, “evitando conflitos” e deixando de abordar as discussões complexas a respeito de visões de mundo. Se estes conflitos controlados não acontecerem nas salas de aula, conflitos piores fatalmente acabam ocorrendo fora delas, entre indivíduos despreparados, que não aprenderam a expressar seus pontos de vista e a ouvir ideias diferentes durante a vida escolar.

Analisando as respostas desta última questão do ensino final, notamos que a postura mais comum foi a ênfase nas diferenças entre ciência e religião, sendo as categorias da independência e do conflito as mais escolhidas entre os estudantes. Esse resultado corrobora as análises realizadas a partir dos questionários Likert, na atividade de interpretação de tirinhas e na construção de diagramas.

O principal objetivo do curso não era chegar a uma resposta definitiva sobre “qual a melhor forma de lidar com relações entre ciência e religião?”. O engajamento deles na discussão foi mais enfatizado do que a busca de uma resposta para as questões levantadas. Os argumentos apresentados nos ensaios finais nos deixaram bastante satisfeitos, já que mostraram que quase todos os alunos tiveram reflexões interessantes, demonstrando ter se interessado pelo assunto e compreendido a questão das relações entre ciência e religião como um problema importante a ser pensado pelos professores de física. Portanto, consideramos importante que esta discussão esteja presente na formação inicial de professores, como forma de prepará-los para os possíveis problemas que irão enfrentar em sua prática futura.

## 9 Bibliografia

ABD-EL-KHALICK, Fouad & LEDERMAN, Normam G. Improving science teachers' conceptions of the nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education* v.22, n.7, p. 665-701, 2000.

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. *¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica*. Disponível em: <http://www.educared.edu.pe/modulo/upload/130077622.pdf>, 2006. Acesso em: outubro/2009

AL-KHALILI (Diretor). *Lost Horizons - The Big Bang* [Filme Cinematográfico], 2008.

ALPHER, Ralph; BETHE, Hans e GAMOW, George. The Origin of Chemical Elements. *Physical Review* v.73, n.7, p. 803-804, 1948.

ALPHER, Ralph e HERMANN, Robert. Remarks on the evolution of the expanding universe, *Physical Review*, 75, 1089-1095, 1949.

ALTERS, Brian. Nature of science: A diversity or uniformity of ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, p. 1105–1108, 1997.

ANDRADE, Clarissa S. *Concepções de alunos do curso de pedagogia da UFRN acerca da Natureza da Ciência: subsídios à formação de professores*. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Sociais Aplicadas Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

ANDRADE, Victória F. e HENRIQUE, Alexandre B. Uma breve história da galáxia. In: *Atas da 61ª Reunião Anual da SBPC*, Manaus, 2009. Disponível em: <[http://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/minicursos/MC\\_VictoriaAndrade.pdf](http://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/minicursos/MC_VictoriaAndrade.pdf)>, acesso em janeiro de 2010.

ARP, Halton. *O Universo Vermelho – Desvios para o vermelho, cosmologia e ciência acadêmica*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001.

ARTHURY, Luiz H. M. *A Cosmologia Moderna à Luz dos Elementos da Epistemologia de Lakatos*. 133f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis, 2010.

ASIMOV, Isaac. *O colapso do universo* [tradução de Donald Garschagen]. Círculo do livro, 1977.

ASSIS, André K.T. e NEVES, Marcos C.D. History of the 2.7K temperature prior to Penzias and Wilson. *Apeiron* v.3, n.2, p. 79-87, 1995.

ASSIS, André. K. T.; NEVES, Marcos C. D. e SOARES, Domingos S. d. L. *A cosmologia de Hubble: De um universo finito em expansão a um universo infinito no espaço e no tempo*. In: M. C. D. Neves e J. A. P.d. Silva (Editores), *Evoluções e Revoluções: O Mundo em Transição*, Editora Massoni e LCV Edições, Maringá, pp. 199-221, 2008.

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

BARCELOS, Marcília. *História, Sociologia, Massa e Energia. Uma reflexão sobre a formação de pesquisadores em física*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2009.

BARROW, John. *A origem do universo* [tradução de Talita M. Rodrigues, original de 1993]. Editora Rocco, Rio de Janeiro, 1995.

BEISBART, Claus e JUNG, Tobias. Privileged, typical or not even that? – Our place in the world according to the Copernican and the Cosmological Principles. *Journal for General Philosophy of Science*, v. 37, p. 225–256, 2006.

BISCH, Sérgio. *Astronomia no 1º grau: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores*. Tese de doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1998.

BLANCHARD, Alain. Lemaîtres contribution to the emergence of the Physical Cosmology. *Historical development of modern cosmology, ASP conference series*, v. 252, 2001.

BONDI, Hermann. *Cosmology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1952.

BONDI, Hermann e GOLD, Thomas. The Steady-State Theory of the Expanding Universe, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* v.198, p. 252–270, 1948.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, SEMTEC 2002.

BRETONES, Paulo S. Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UNICAMP, 1999.

BROCKINGTON, Gulherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? Investigações em Ensino de Ciências (Online) UFRGS - Porto Alegre - RS, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

BRUSH, Stephen G. How cosmology became a science, *Scientific American*, 267, 62-70, 1992.

BURBIDGE, E., Burbidge, G., Fowler, W. and Hoyle, F., Synthesis of elements in stars, *Reviews of Modern Physics*, v.29, p. 547–650, 1957.

CAPRA, F. *O ponto de mutação*. São Paulo: Cultrix, 1982.

CARVALHO, Anna M. P. & VANNUCCHI, Andréa I. History, Philosophy and Science Teaching: Some Answers to “How”? *Science & Education*, v.9, n.5, p. 427 - 448, 2000.

CASTRO, Ruth. S.; CARVALHO, Ana Maria P. História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 225-237, dez. 1992.

CHALMERS, Alan. *O que é a ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHALMERS, Alan. *A Fabricação da Ciência*. São Paulo: Editora da Unesp, 1994.

COBERN, William W. The nature of science and the role of knowledge and belief. *Science & Education*, v.9, p. 219–246, 2000.

COBERN, William e W.; LOVING, C. C. Defining “science” in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, v.85, p. 50-67. 2001.

CORDERO, Alberto. Contemporary Science and Worldview-Making. *Science & Education*, v.18, p. 747-764, 2009.

DAWKINS, Richard. *O gene egoísta*. São Paulo, EDUSP: 1979.

DAWKINS, Richard. *The God delusion*. London: Bantam Press, 2006.

DENNETT, Daniel C. *Darwin’s dangerous idea: evolution and the meanings of life*. Allen Lane, Penguin Press, London, 1995.

DINGLE, Herbert. Aristotelismo moderno. [tradução de Antonio A. Videira, original Modern aristotelianism. *Nature*, 139, p. 784-6, 08 may 1937]. *Scientiae Studia (USP)*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 249-254, 2005.

DINGLE, Herbert. Science and modern cosmology. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 113, n.3, p. 393-407, 1953.

EFLIN, Juli; GLENNAN, Stuart e REISH, George. The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n.1, p. 107-116, 1999.

EL-HANI, Charbel N.; BIZZO, Nelio. Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v.4, p. 1–25, 2002.

EL-HANI, Charbel N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, Cibelle. C. (Org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 3-21, 2006.

EL-HANI, Charbel N.; MORTIMER, Eduardo F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, v.2, p. 657–702, 2007.

EL-HANI, C. N. & SEPÚLVEDA, C. The relationship between science and religion in the education of protestant biology preservice teachers in a Brazilian university. *Cultural Studies of Science Education*. DOI: 10.1007/s11422-009-9212-7, 2010.

FEYERABEND, Paul. *Adeus à Razão*. [tradução de M. G. Segurado]. Lisboa: 70 Ltda, 1971.

FEYERABEND, Paul. K. *Contra o método*. Tradução de Cezar Augusto Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

FISHMAN, Yonatan I. Can Science Test Supernatural Worldviews? *Science & Education*, v.18, 813-837, 2009.

FORATO, Thaís C. M. As profecias bíblicas e a existência de Deus. In: SILVA, Cibelle C. (Org.) *Estudos de história e filosofia das ciências. Subsídios para aplicação no Ensino*. São Paulo, Ed. Livraria da Física, 2006.

FORATO, Thaís C. M. ; Pietrocola, M. ; Martins, R. A. História da Ciência e Religião: uma proposta para discutir a natureza da ciência. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luiz - MA.

FORATO, Thaís C. M. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2009.

FOUCAULT, Michel. “Conferência I”. In: *As verdades e as formas jurídicas*. Rio de Janeiro: NAU, p. 7- 27, 2002.

FOUREZ, Gerard. *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: Editora da UNESP, 1995.

FREIRE JR., Olival. A relevância da filosofia e história das ciências para a formação dos professores de Ciências. In: WALDOMIRO, J. da S. F. (ed.). *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia / UCSal, p. 13-30, 2002.

GAMA, Leandro D. ; HENRIQUE, Alexandre B. Astronomia na sala de aula: por quê?. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, v. 9, p. 7-15, 2010.

GAMA, Leandro. D.; ZANETIC, João. Abordagens epistemológicas no Ensino de Física: A Cosmologia como tema motivador. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, Vitória, 2009.

GAMA, Leandro; ZANETIC, João. Reflexões epistemológicas para o Ensino de Ciências: Questões problematizadoras. In: *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, 2009b.

GAMOW, George. *The Creation of the Universe*. Viking Press, (edição de 1961), 1952.

GAUCH, Hugh G. Science, Worldviews and Education. *Science & Education*, v.18, p. 667-695, 2009.

GIANETTO, Enrico. The Electromagnetic Conception of Nature at the Root of the Special and General Relativity Theories and its Revolutionary Meaning, *Science & Education*, v.18, 765-781, 2009.

GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A. e PRAIA, João. Para uma Imagem Não-deformada do Trabalho Científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GLENNAN, Stuart. Whose Science and Whose Religion? Reflections on the Relations between Scientific and Religious Worldviews, *Science & Education*, v.18, 797-812, 2009.

GODART, Odon e HELLER, Michael. *The expanding universe: Lemaître's unknown manuscript*. Tucson: Pachart Publishing House, 1985.

GOLDFARB, José L. Ciência e religião: qual a idade do universo? *Revista eletrônica Com Ciência*, 2004. Disponível em <<http://www.comciencia.br/200407/reportagens/14.shtml>>,. Acesso em: setembro/ 2009.

GOULD, Stephen Jay. Evolution as Fact and Theory. *Discover* v. 2, n.5, p. 34-37, 1981.

GOULD, Stephen Jay. *Pilares do tempo ciência e religião na plenitude da vida*. Rio de Janeiro, Rocco 2002.

GRECA, Ileana. M.; FREIRE JR, Olival. A “crítica forte” da ciência e implicações para a educação em ciências. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 343-361, 2004.

HANSSON, Lena & REDFORS, Andrea. Swedish upper secondary students' views of the origin and development of the universe. *Research in Science Education*, v.36, p. 355-379, 2006.

HANSSON, Lena e REDFORS, Andrea. Physics and the Possibility of a Religious View of the Universe: Swedish Upper Secondary Students' Views, *Science & Education* 16, 461-478, 2007 a.

HANSSON, Lena e REDFORS, Andrea. Upper secondary students in group discussions about physics and our presuppositions of the world. *Science & Education*, v.16, 1007-10025, 2007 b.

HARRES, João B. S. Uma Revisão de Pesquisas nas Concepções de Professores sobre a Natureza da Ciência e suas Implicações para o Ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, 1999.

HARRISON, Edward. R. *Cosmology. The Science of the Universe*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.

HAWKING, Stephen, *Uma breve história do tempo* [tradução de Maria Helena Torres]. Círculo do Livro, São Paulo, 1988.

HAWKING, Stephen. *O universo numa casca de noz*. [tradução de Ivo Korytowski, original *The universe in a nutshell*, 2001]. Editora Mandarim, São Paulo, 2001.

HELLER, Michael. *Lemaître, Big Bang, and the Quantum Universe*. (Pachart History of Astronomy, 10) Tucson: Pachart Publishing House, 1996.

HENRIQUE, Alexandre B.; ANDRADE Victória F. e SILVA, Cibelle C. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: O Grande Debate. In: *Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física- SNEF*. Vitória, ES, 2009.

HENRIQUE, Alexandre B. e SILVA, Cibelle Celestino. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: o universo teve um começo ou sempre existiu? In: *Atas do VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências- ENPEC*. Florianópolis, SC, 2009.

HENRIQUE, Alexandre B. e SILVA, Cibelle C. Relações entre ciência e religião na formação de professores: estudo de caso acerca de uma controvérsia cosmológica. In: *Atas do XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física –EPEF*. Águas de Lindóia, SP, 2010.

HERRERA, Nury Isabel Jurado. *A dinâmica do universo: Sir Arthur Eddington e as cosmologias relativísticas*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física "Gleb Wataghin", Unicamp. 2002.

HESSEN, J. *Teoria do Conhecimento*, Martins Fontes, São Paulo, 2000. [Original: *Erkenntnistheorie*, Dümmlers, Colônia, 1926].

HÖTTECKE, Dietmar. & SILVA, Cibelle. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge. An analysis of obstacles. *Science & Education*, Volume 20, Issue 3, Page 293, 2011.

HOYLE, Fred. A new model for the Expanding Universe, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v.198, p. 372–382, 1948.

HOYLE, Fred. *The Nature of the universe*. New York, Harper & Row, (edição de 1960), 1950.

HOYLE, Fred; BURBIDGE Geoffrey e NARLIKAR, Jayant. *A different approach to cosmology*. Cambridge University Press, 2001.

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

HUBBLE, Edwin e TOLMAN, Richard. Two methods of investigating the nature of the nebular redshift, *Astrophysical Journal*, 82: 302-337, 1935.

HUBBLE, Edwin. *The Realm of the Nebulae*, Dover, New York (edição de 1958), 1936.

IRZIK, Gürol e NOLA, Robert. Worldviews and their relation to science. *Science & Education*, v.18, p. 729-745, 2009.

IRZIK, Gürol e NOLA, Robert. A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, online first. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/2um526m52g038185/>, 2010.

KANIPE, Jeff. The pillars of cosmology: a short history and assessment. *Astrophysics and Space Science*, v.227, p. 109-118, 1995.

KAWAMURA, Maria. Regina. D.; HOUSOME, Yassuko. A contribuição da Física para um novo Ensino Médio. *A Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 22 27, out. 2003.

KNELLER, G. K. *A ciência como atividade humana* Zahar/EDUSP, Rio de Janeiro/São Paulo, 1980.

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

KRAGH, Helge. The construction of cosmology as a physical science, Fifth Biennial History of Astronomy Workshop, *Notre Dame University*, p. 2, <[www.hd.edu/~histast4/exhibits/papers/kragh.html](http://www.hd.edu/~histast4/exhibits/papers/kragh.html)>, 5–8 July, 2001.

KRAGH, Helge e SMIT, Robert. Who discovered the expanding universe? *Hist. Sci*, xli, p. 141-162, 2003.

KRAGH, Helge. *Matter and Spirit in the Universe: Scientific and Religious Preludes to Modern Cosmology*. London: Imperial College Press, 2004.

KRAGH, Helge. Contemporary History of Cosmology and the Controversy over the Multiverse, *Annals of Science*, v.66, n.4, p. 529 – 551, 2009.

KUHN, Thomas. "The Function of Dogma in Scientific Research". Pp. 347-69 in A. C. Crombie (ed.). *Scientific Change* (Symposium on the History of Science, University of Oxford, 9-15 July 1961). New York and London: Basic Books and Heineman, 1963.

KUHN, Thomas. *A revolução copernicana*. Lisboa: Edições 70, 1990.

LACEY, Hugh. On relations between science and religion. *Science & Education*, v.5, n.2, p. 143-153, 1996.

LANGHI, Rodolfo. *Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores*. 2009. 370 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009.

LARACY, Joseph. The Faith and Reason of Father Georges Lemaître, *Homiletic and Pastoral Review*. p. 50-59, February 2009.

LEDERMAN, Norman G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, n.4, p. 331-359, 1992.

LEMAÎTRE, Georges. The beginning of the world from the point of view of the quantum theory. *Nature*, v. 127, p. 706, 1931.

LÉVY-LEBLOND, Jean. Science's fiction, *Nature*, v.413, p. 573, 2001.

LOVING, Cathleen e FOSTER, Andrea. The Religion-in-the-Science-Classroom Issue: Seeking Graduate Student Conceptual Change, *Science Education*, v.84, p. 445-468, 2000.

MAHNER, Martin e BUNGE, Mario. Is religious education compatible with science education? *Science & Education*, v.5, p. 101-123, 1996.

MAHNER, Martin e BUNGE, Mario. The incompatibility of science and religion sustained: a reply to our critics. *Science & Education*, v.5, p. 189-199, 1996 b.

MARICONDA, Pablo and LACEY, Hugh. A águia e os estorninhos: Galileu e a autonomia da ciência. *Tempo soc.* [online]., vol.13, n.1 [cited 2010-12-15], pp. 49-65, 2001.

MARTINS, André F. P. Algumas contribuições da epistemologia de Gastón Bachelard à pesquisa em ensino de ciências. In: *Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Londrina, 2006.

MARTINS, André F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.24, n.1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, André F. P (Org.) *Física ainda é cultura?* São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

MARTINS, Roberto de A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, v.9, p. 3-5, 1990.

MARTINS, Roberto de A. *O universo: teorias sobre sua origem e evolução*. Ed. Moderna, São Paulo, 1994.

MARTINS, Roberto de A. O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? *Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa*, n.9, p. 5-20, 1999.

MARTINS, Roberto de A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle. C. (Org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 17-30, 2006.

MATTHEWS, Michael R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

MATTHEWS, Michael R. (Ed.) Religion and science education [Special Issue]. *Science & Education*, v.5, p. 91-99, 1996.

MATTHEWS, Michael R. (Ed.) Science, Worldviews and Education: An Introduction [Special Issue]. *Science & Education*, v.18, 2009.

MATTOS, Cristiano. R. . O ABC da Ciência. In: Nilson Marcos Dias Garcia; Ivanilda Higa; Erika Zimmermann; Cibelle Celestino Silva; André Ferrer Pinto Martins. (Org.). *A pesquisa em ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias*. 1 ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2010, v. 1, p. 141-156.

McCOMAS, William F., Almazroa, H. & Clough, M. P. The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education* 7: 511-532, 1998

McCOMAS, William F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, v. 17, n. 2-3, p. 249-63, 2008.

McMULLIN, Ernan. Is Philosophy relevant to cosmology? *American Philosophical Quarterly*, v.18, n.3, p. 177-189, 1981. Artigo reproduzido em LESLIE, John (ed.) *Physical cosmology and philosophy*, New York, MacMillan Publishing Company, 1990.

MENDONÇA, André Luis; ARAÚJO, Priscila e VIDEIRA, Antonio A. P. Primazia da democracia e autonomia da ciência: o pensamento de Feyerabend no contexto dos science studies, *Revista Filosofia Unisinos*, v.11, n.1, 2010.

MENEZES, Luis. C. Uma Física para o novo Ensino Médio. *A Física na Escola*, São Paulo, v. 1, n.1, p. 6 - 8, out. 2000.

MENEZES, Luis C. O aprendizado do trabalho em grupo. *Revista Nova Escola*, edição 22, maio de 2009. disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/planejamento-e-avaliacao/interacoes/aprendizado-trabalho-grupo-451879.shtml>, acesso em agosto de 2009.

MENEZES, Luis C. *A matéria uma aventura do espírito*, São Paulo, Livraria da Física, 2005.

MIDBON, M. A Day Without Yesterday: Georges Lemaitre and the Big Bang, *Commonweal*, p. 18-19, 2000. Disponível em: <<http://www.catholiceducation.org/articles/science/sc0022.html>>, acesso em janeiro de 2010.

MOURA, Breno A. *A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII: subsídios para discutir a natureza da ciência no ensino*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2008.

NARLIKAR, Jayant. Was there a Big Bang? *New Scientist*, v. 91, n.1260, p. 19-21, 1981. Artigo reproduzido em LESLIE, John (ed.) *Physical cosmology and philosophy*, New York, MacMillan Publishing Company, 1990.

NARLIKAR, Jayant; ARP, Halton. Flat spacetime cosmology: a unified framework for extragalactic redshifts. *Astrophysics Journal*, v.405, n.1, p. 51-56, 1993.

NEVES, Marcos C. D. A questão controversa da cosmologia moderna: uma teoria e suas incongruências - parte 1. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17 n.2, p. 189-204, 2000 a.

NEVES, Marcos C. D. A questão controversa da cosmologia moderna: uma teoria e suas incongruências - parte 2. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17 n.2, p. 205-228, 2000 b.

NEVES, Marcos C. D. Do mundo fechado da Astronomia à Cosmologia do Universo fechado do Big Bang: revisitando novos dogmas da ciência astronômica. In: SILVA, Cibelle C. (org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências, Subsídios para a aplicação no Ensino*. São Paulo, Editora Livraria da Física, Pp. 139-166, 2006.

NOLA, Robert. Naked before Reality; Skinless before the Absolute: A Critique of the Inaccessibility of Reality Argument in Constructivism, *Science & Education* v.12, p. 131-166, 2003.

NORTH, John David. *Measure of the universe: a history of modern cosmology*. New York: Dover, (edição de 1991), 1965.

NOVELLO, Mário. *O que é cosmologia?* Editora Jorge Zahar, 2006.

NOVELLO, Mário. *Do Big Bang ao universo eterno*. Editora Jorge Zahar, 2010.

NOVELLO, Mario. *Alarde falso*. Artigo publicado no jornal O Estado de São Paulo, em 20/06/2008. Acesso em setembro de 2010.

OLIVEIRA, Graciela da Silva. *Aceitação/rejeição da Evolução Biológica: atitudes de alunos da Educação Básica*. 162f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009

OLIVEIRA, Jorge H. Noções de cosmologia no ensino médio: o paradigma criacionista do Big Bang e a inibição de teorias rivais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, 2006.

- OMNÈS, Roland. *A filosofia da ciência contemporânea*, UNESP, São Paulo, 1996.
- PAGLIARINI, Cassiano. *Uma análise da história e filosofia das ciências presentes em livros didáticos de física para o Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física de São Carlos, 2007.
- PEDUZZI, Luiz. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, Maurício (org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- PENA, Fábio L. O uso didático da história da ciência após a implantação dos PCNEM: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas publicadas em periódicos nacionais especializados em ensino de física (2000-2006) *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.26, n.1, p. 48-65, 2009.
- PESSOA JR., Osvaldo F. *Conceitos de Física Quântica*. Livraria da Física, São Paulo, 2003.
- PESSOA JR., Osvaldo F. O dogmatismo científico de tradição materialista. In: SILVA, Cibelle C. (org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências, Subsídios para a aplicação no Ensino*. São Paulo, Editora Livraria da Física, pp. 41-57, 2006.
- PESSOA JR., Osvaldo F. A classificação das diferentes posições em filosofia da ciência, *Cognitio-Estudos*, v.6, n.1, p. 54-60, 2009.
- PIETROCOLA, M., Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, 1999.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: modelizando o mundo através da Física. In: PIETROCOLA, Maurício (org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- PINTO, A e ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? *Caderno. Catarinense de Ensino de Física* vol 16, n 1, 7-34, 1999.
- POOLE, Michael. W. For more and better religious education. *Science & Education*, v. 5, p. 165-174, 1996.
- PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel e VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.
- QUEIROZ, Glória. & BARBOSA-LIMA, Maria C. Conhecimento científico, seu ensino e aprendizagem: atualidade do construtivismo. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 3, p. 273-291, 2007.
- REGNER, Ana Carolina K. P.Feyerabend e o pluralismo metodológico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.13, n.3, p. 231-247, 1996.
- REICHENBACH, Hans, *Experience and Prediction*, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1938.
- REIS, José Claudio; GUERRA, Andreia; BRAGA, M. Um Curso de Cosmologia na Primeira Série do Ensino Médio com Enfoque Histórico-filosófico. In: *Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Vitória, 2009.
- REISS, Michael J. Should science educators deal with the science/religion issue? *Studies in Science Education*, v.44:2,p. 157- 186, 2008.
- REISS, Michael J. Imagining the World: The Significance of Religious Worldviews for Science Education, *Science & Education*, v.18, p. 783-796, 2009.
- RIBEIRO, Marcelo B.; VIDEIRA, Antonio A. P.; Cosmologia: uma Ciência Especial? Algumas Considerações sobre as Relações entre a Cosmologia Moderna, Filosofia e Teologia In: *Teologia e Ciência: E. R. Cruz and P. F. C. Andrade (eds)*, São Paulo: Paulinas, in press, 2011.
- ROSENFELD, Rogério. A cosmologia. *Revista Física na Escola*, v. 6, n. 1, 2005.

RUSSELL, Bertrand. *História da filosofia ocidental*. Cia Editora Nacional, São Paulo, volume 3, 2ª edição, 1967.

SAGAN, Carl. *The demon-haunted world: science as a candle in the dark*. New York: Random House, 1985.

SETTLE, Tom. Applying scientific open-mindedness to religion and science education. *Science & Education*, v.5, p. 125–141, 1996.

SEPÚLVEDA, Claudia e EL-HANI, Charbel. N. Quando visões de mundo se encontram: religião e ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em Ciências Biológicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol.9, n.2, 2004.

SEPÚLVEDA, Claudia e EL-HANI, Charbel. N. Apropriação do discurso científico por alunos protestantes de biologia: uma análise à luz da teoria da linguagem de Bakhtin. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol.11, n.1, pp. 29-51, 2006.

SHIPMAN, Harry L.; BRICKHOUSE, Nancy W.; DAGHER, Zoubeida e LETTS, William J. IV. Changes in student views of religion and science in a college astronomy course. *Science Education*, v. 86, p. 526–547, 2002.

SILVA, Cibelle C. e MARTINS, Roberto de A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, Cibelle C. (Org.) *Estudos de História e Filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVEIRA, Fernando Lang. Construção e validação de uma escala de atitude em relação a disciplinas de Física Geral. *Revista Brasileira de Física*, 9:3, 871-878, 1979.

SILVEIRA, F. L. da. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, p. 219-230, 1996.

SNOW, C. P. *As duas culturas e uma segunda leitura*. São Paulo: Edusp, 1995.

THAGARD, Paul R. “Why Astrology is a Pseudoscience”. In *Philosophy of Science Association Volume 1*, edited by P.D. Asquith and I. Hacking, 1978, p. 223-234.1978

TEIXEIRA, Elder Sales; FREIRE JÚNIOR, Olival; EL-HANI, Charbel Niño. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de Física. *Ciência & Educação*, v. 15, p. 529-556, 2009.

TOLENTINO-NETO, L. C. B. de. Os interesses e posturas de jovens alunos frente às ciências: resultados do Projeto ROSE aplicado no Brasil. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo. 172 p.

TURNER, Harlod. Religion: Impedimentor saviour of science? *Science & Education*, v. 5, p. 155–164, 1996.

VANNUCCHI, Andréa I. *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências modalidade Física). Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1996.

VENEZUELA, Osvaldo Dias. *Demarcando Ciências e Pseudociências para alunos do Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2008.

VIDEIRA, Antonio A. P.; RIBEIRO, Marcelo B. Cosmologia e Pluralismo Teórico. *Scientiae Studia* (USP), São Paulo, v. 2, n. 4, p. 519-535, 2004.

VIDEIRA, Antonio A. P. Herbert Dingle e as relações entre ciência e filosofia no alvorecer da cosmologia moderna. *Scientiae Studia* (USP), São Paulo, v. 3, n. 2, p. 243-248, 2005 a.

VIDEIRA, Antonio A. P. Einstein e o Eclipse de 1919. *Física na Escola*, v. 6, n.1 p. 83-87, 2005 b.

VIDEIRA, Antonio A. P. Breves considerações sobre a natureza do método científico. In: SILVA, Cibelle. C. (Org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. p. 24-40, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

VIDEIRA, Antonio A. P. Princípios em Cosmologia. In: Roberto de Andrade Martins, Guillermo Boido, Victor Rodriguez. (Org.). *Física: Estudos Filosóficos e Históricos*. 1 ed. Campinas: AFHIC, p. 1-18, 2006 b.

VILLANI, Alberto. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. *Ciência e educação*, v. 7, n. 2, p. 169-181, 2001.

WAGA, Ioav. A expansão do universo *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 2, p. 163-175, jun. 2000.

WAGA, Ioav. Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n. 1, p. 157-173, mar. 2005.

WHITE, A. D. A history of the warfare with science and theology in christendom. New York: D. Appleton & Co., 1896.

WOOLNOUGH, Brian. On the fruitful compatibility of religious education and science. *Science & Education*, v.5, n.2, p. 175-183, 1996.

WREN-LEWIS, John. On babies and bathwater: a non-ideological alternative to the Mahner/Bunge proposals for relating science and religion in education. *Science & Education*, v. 5, p. 185-188, 1996.

ZANETIC, João. *Física também é cultura*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1989.

ZANETIC, João. *Notas de aula da disciplina FMT405- Evolução dos Conceitos da Física*, ministrada no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, no primeiro semestre de 2009.

ZYLBERTSZTAJN, Arden. Galileu: um cientista e várias versões. *Cad. Cat. Ens. Fís*, 5 (Número Especial), 36-48, 1988.

ZYLBERTSZTAJN, Arden. Resolução de problemas, uma perspectiva kuhiana. In: Atas do VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. SBF/UFSC, Florianópolis, 26-20 outubro, 1998.

## Apêndices

### Apêndice A: Respostas dadas ao questionário inicial

Total de respostas: 20 alunos

#### 1. Idade e sexo

20 a 23	24 a 26	Mais que 26
11	5	3

Masculino	Feminino
12	8

#### 2. Trabalho

Professor	Outros	Não trabalho
7	7	6

#### 3. Experiência como professor

Até 1 ano	2 anos	3 anos
3	2	2

#### 4. Tipo de estabelecimento

Escola pública	Escola particular	Aulas particulares
1	4	2

#### 5. Qual é a religião dos seus pais?

Católica	31
Espírita	6
Evangélica	2
Umbandista	1

#### 6. Qual é a sua religião?

Nenhuma	9
Católica	7
Outras (Ahyuasca, Cientologia, Espiritismo)	3
Ateísmo	1

#### 7. Qual é a sua postura sobre a existência de Deus?

Força não personificada	9
Agnosticismo	3
Deus criou o universo	3
Ateísmo	3
Deus interfere na vida cotidiana	2

Religiosidade dos alunos	-2	-1	0	1	2
8. Sou uma pessoa religiosa ou uma pessoa de fé.	6	0	3	7	4
9. Compareço com frequência a igrejas ou templos religiosos.	11	3	3	2	1
10. Frequento a igreja por influência familiar.	11	2	5	2	0
11. O homem foi criado por Deus há menos de 10 mil anos.	13	1	5	1	0
12. O ser humano é o resultado de milhões de anos de evolução mas em processo guiado por um ente supremo.	8	1	6	3	2
13. A vida surgiu nos oceanos há alguns bilhões de anos, a partir de reações químicas que transformaram compostos inorgânicos em compostos orgânicos, sem influência divina.	2	1	5	6	6
14. O universo surgiu há bilhões de anos, conforme descrito cientificamente pela teoria do Big Bang.	1	0	2	11	6

15. O que você entende por cosmologia?

Estudo da origem do universo 7

Estudo do universo e seus componentes 10

Não sei 3

16. Como aprendeu sobre cosmologia?

Não aprendi 9

Em disciplinas da USP 4

Por conta própria 4

Na escola básica 3

17. O que é universo para você?

O universo é tudo o que existe 17

O universo é tudo o que conhecemos 3

Podem existir vários universos?

Não, só há um universo 11

Sim é possível 5

Não sei 4

18. O universo teve um começo ou sempre existiu?

Teve um começo 14

Sempre existiu 3

Indiferente/ Outros 3

Se houve um começo, como ele surgiu?

Big Bang 8

Deus criou o Big Bang 4

Não sei / Outros 2

## Apêndice B: Respostas do questionário pré-teste sobre ciência e religião

Este questionário é uma medida de atitude do tipo Likert (Silveira 1979), em que os licenciandos preenchem o seu grau de concordância, valendo de -2 até 2. O valor 0 indica “sem opinião”.

Bloco A: Semelhanças e diferenças entre ciência e religião	-2	-1	0	1	2
1. A ciência lida com o mundo objetivo e utiliza a razão e a xperimentação, enquanto que a religião lida com o mundo espiritual, utiliza a fé e a ritualística.	0	0	2	5	10
2. Ciência e religião buscam responder às mesmas perguntas.	1	5	3	5	3
3. A religião é uma forma de auto-engano, uma invenção humana que era forte antigamente, mas que nas sociedades mais avançadas tende a perder força.	2	7	5	2	1
4. Como disse Galileu: “A Bíblia te ensina como ir para o céu a as ciências ensinam como o céu se move”.	3	2	5	3	4
5. Ciência e religião têm em comum a busca pela verdade.	4	4	1	4	4
6. Eu acredito que a Bfblia fornece informações verdadeiras sobre o mundo natural.	7	2	6	2	0
7. Tanto a ciência quanto a religião partem de ideias que não podem ser testadas, como a crença de que existe uma ordem na natureza.	6	3	3	3	2
8. Eu acredito que a ciência fornece informações verdadeiras sobre o mundo natural.	0	1	1	12	3
9. As verdades científicas são sujeitas a mudanças, já as verdades religiosas são absolutas e inquestionáveis.	2	2	1	6	6
10.Nem a ciência nem a religião podem ter certeza sobre nada, por que o conhecimento é relativo	3	2	4	3	5
11.O conhecimento científico é confiável porque é provado objetivamente através de experimentos, conforme o método científico.	1	4	2	9	1
12.As teses religiosas não são confiáveis porque não utilizam o método científico.	4	8	3	1	1
13.Tanto a ciência quanto a religião se baseiam no respeito à autoridade em algum grau.	3	0	5	5	4
14.Quando religiosos tentam verificar cientificamente suas ideias, quase sempre eles já sabem qual é a conclusão e buscam evidências para dar suporte apenas ao que querem defender.	0	1	3	7	6
15.Já os cientistas são objetivos e não são influenciados por suas crenças pessoais e ideologia.	5	4	4	1	3
16.A ciência chega a resultados universais, que independem da cultura local.	2	7	0	4	4
17.Já as religiões são fortemente influenciadas pela cultura de cada povo.	0	1	0	5	11
18.Um dia a ciência conseguirá explicar todas as questões que não explica no presente.	4	2	1	7	3

19.Existe um limite para o conhecimento científico, a partir de certo ponto só a religião pode fornecer boas explicações.	7	4	4	2	0
20.Se um cientista for religioso, não é possível evitar que suas crenças influenciem seu trabalho.	5	4	5	3	0

Bloco B: Conflito e compatibilidade entre ciência e religião	-2	-	0	1	2
21.Nas aulas de ciências deveríamos seguir a sabedoria popular: não se discute religião, futebol e política.	1 1	2	1	2	1
22.Os conflitos históricos entre ciência e religião devem ser amenizados nas aulas de ciências.	7	3	1	5	1
23.A escola deve denunciar os perigos do fanatismo religioso, lembrando os males já cometidos em nome da religião ao longo da história, como a perseguição aos cientistas como Galileu e Giordano Bruno.	0	2	4	2	9
24.Existem certos conflitos inevitáveis entre alguns conceitos religiosos e científicos, como sobre a origem da vida e a idade dos fósseis.	0	0	1	4	1 2
25.O ensino religioso em escolas públicas pode ser financiado pelo Estado por que a religião é uma forma de cultura.	5	3	3	4	2
26.O ensino público deve ser laico, sem dar preferência para nenhum tipo de religião.	0	1	1	2	1 3
27.Ao ensinar assuntos como evolução das espécies e origem do universo, os professores devem também apresentar a explicação religiosa como alternativa igualmente válida.	6	5	2	1	3
28.Nas aulas de ciências é preciso desmistificar os preconceitos e mitos, como a crença de que os primeiros humanos foram Adão e Eva.	7	2	2	4	2
29.Associar ciência a ateísmo só traz prejuízo ao ensino de ciências.	2	1	3	6	5
30.O ensino de ciências deve fortalecer no aluno uma visão de mundo científica e uma atitude crítica diante de afirmações não comprovadas, como a possibilidade de ressurreição.	0	3	3	3	8
31.Os professores de ciências não devem dizer aos seus alunos o que pensar sobre as religiões.	1	5	1	3	7
32.Em sala de aula, podemos ensinar que ciência e religião podem dialogar entre si, evitando conflitos.	2	2	4	3	6
33.Os professores de ciências não precisam exigir que os alunos aceitem completamente a visão de mundo científica, já que estes podem <i>entender</i> os conceitos mesmo sem <i>acreditar</i> neles.	1	0	2	6	8
34.Quanto maior o conhecimento científico de alguém, menor a sua religiosidade.	8	6	2	0	1
35.A ciência e a religião, assim como a as artes, a literatura, a matemática, permitem diferentes formas de ver o mundo, todas igualmente válidas.	1	1	2	7	6

## Apêndice C: Descrição das aulas

O curso consistiu de 5 aulas, com duas horas de duração cada uma. No capítulo 7 apresentamos as perguntas principais de cada aula, assim como os dados coletados durante as atividades. Nesse Apêndice, faremos uma descrição mais detalhada das atividades desenvolvidas.

### C1: Aula 1 - O que é cosmologia

O objetivo principal da primeira aula foi analisar através de questionários as ideias prévias dos estudantes sobre relações entre ciência e religião, assim como discutir o que é cosmologia, tendo em vista que o conhecimento prévio de cosmologia da classe era muito pequeno.

O quadro sintético abaixo mostra o plano de aula elaborado, junto com a estimativa do tempo utilizado para cada etapa:

Aula	Momentos	Tempo
1) Introdução à história da cosmologia	Apresentação do plano de atividades	5 min
	Definições de cosmologia e universo	20 min
	Questionário sobre diferenças e semelhanças entre ciência e religião	25 min
	Planejamento da peça Big Bang Brasil	30 min
	Por que ensinar cosmologia?	15 min
	Tipos de visão de mundo	15 min

Tabela 36: Plano da aula 1, Introdução a história da cosmologia

#### *A definição de cosmologia e as perguntas fundamentais*

Após a apresentação geral da proposta assistimos em classe aos primeiros minutos do documentário “Lost Horizons, The Big Bang” (Al-Khalili, 2008), em que se apresenta uma definição inicial de cosmologia, relacionando-a com os mitos de criação de povos antigos, chegando até os dias atuais em que a teoria do Big Bang se consolidou como a principal teoria científica sobre a origem e evolução do universo.

Com base em slides foi feita uma breve exposição sobre a relação entre a cosmologia e as chamadas “perguntas fundamentais”:

Que tipos de coisas existem no universo?

O universo foi criado por um ser inteligente?

Existe um sentido para a vida ou para o universo?

Por que o universo existe? Por que algo deve existir?

Por que as coisas são como são?

De onde surgiu o universo? Ele vai existir para sempre?

Estas perguntas foram investigadas sob diversas perspectivas, tanto científicas quanto filosóficas e religiosas. Após sua apresentação conduzimos uma breve discussão sobre “O que é cosmologia?”, comentando com a classe alguns dos resultados do primeiro questionário aplicado (descritos na seção 7.2).



**Figura 37: Distinção entre astronomia e cosmologia**

Demos especial atenção à distinção entre astronomia e cosmologia: enquanto a astronomia estuda a constituição de todo o universo, incluindo seus componentes (a Terra, os planetas, as estrelas, galáxias, etc..), a cosmologia é o estudo do universo *como um todo*, de sua origem (ou possível origem) e evolução em larga escala.

Após a aplicação do questionário, na primeira aula, apresentamos os textos propostos para a Aula 2 (que ocorreu aproximadamente um mês depois da Aula 1). Foram apresentados brevemente os personagens da peça *Big Bang Brasil* e foram escolhidos alunos voluntários para representá-los na próxima aula. Os slides entregues aos alunos continham links para páginas da internet onde eles poderiam saber mais sobre a vida de cada um desses cosmólogos.

### ***Por que ensinar cosmologia no ensino médio?***

No encerramento da primeira aula, fizemos uma discussão com a classe sobre por que ensinar cosmologia. Perguntamos se alguém achava que a cosmologia não deveria ser ensinada. Alguns alunos disseram, lucidamente, que não tinham nada contra a cosmologia, mas que já há muita coisa para ser ensinada. A cosmologia poderia até ser interessante para físicos, mas é muito pouco prática, e talvez não fosse apropriada para alunos do ensino médio.

Antes de contra-argumentar, concordamos dizendo que dado o grande número de propostas inovadoras a serem ensinadas nas aulas de ciências, é constante a discussão sobre *o que* deve ser ensinado e *por que* deve ser ensinado. Além disso, a cosmologia de fato não ajuda o indivíduo a se preparar para o mercado de trabalho (a menos que alguém queira tornar-se um cosmólogo), nem é essencial para se passar no vestibular. Também tem pouca, ou nenhuma aplicação prática utilitarista na vida cotidiana. Porém, boa parte do conteúdo de física também se enquadra nessa descrição. Poderíamos usar os mesmos argumentos em relação ao ensino de relatividade, ou física quântica, por exemplo. Contudo, há um número crescente de propostas que pretendem inserir a física moderna nas aulas do ensino médio.

Um dos principais argumentos utilizados nas discussões envolvendo o currículo da escola básica é a necessidade de se “formar cidadãos críticos e participativos numa sociedade democrática”. Seria esse argumento aplicável ao ensino de cosmologia? Essa questão gerou posturas diferentes entre os alunos.

Ainda que a maioria não tenha se pronunciado, houve respostas negativas e afirmativas à questão proposta. Foi especialmente interessante a proposta de uma aluna que defendeu que o ensino de cosmologia não poderia formar cidadãos críticos porque é muito difícil mudar a visão de mundo das pessoas (dando exemplos de pessoas que não acreditam no Big Bang porque consideram que ele é incompatível com a crença em Deus). Vemos que a definição de “cidadão crítico” pode ser bastante flexível, muitas vezes sendo interpretada como alguém que concorda com as teses consideradas cientificamente corretas.

Terminamos a aula apresentando alguns dos argumentos presentes nos PCN+ sobre o ensino de cosmologia (discutidos no capítulo 1), dizendo que no texto proposto para a próxima aula haveria uma sistematização de possíveis respostas às questões “O que é cosmologia?”.

## C2: Aula 2 - Controvérsias na cosmologia

**Objetivo:** Apresentar superficialmente alguns dos principais personagens envolvidos na história da cosmologia no século XX (Einstein, Friedmann, Lemaître, Hubble, Gamow e Hoyle) e a controvérsia entre a teoria do Big Bang e a do Estado Estacionário.

Aula	Momentos	Tempo
2) A controvérsia entre Big Bang e Estado Estacionário	Introdução e apresentação BBB	40 min
	A) Universo estático	20 min
	B) Universo em expansão	20 min
	C) Big Bang	20 min

**Tabela 37: Plano da aula 2, A controvérsia entre Big Bang e Estado Estacionário**

Para a segunda aula foram propostas três atividades:

1. A construção de uma linha do tempo baseada na leitura do texto proposto para a aula;
2. A apresentação da peça *Big Bang Brasil*;
3. A apresentação de seminários dos alunos, que se dividiram em quatro grupos.

A) Universo Estático, B) Universo em expansão, C) Big Bang e D) Estado Estacionário.

A princípio, planejamos que os quatro seminários seriam dados em um só dia, mas como os seminários acabaram durando mais do que o previsto, o grupo do Estado Estacionário apresentou na aula seguinte.

### **Atividade: linha do tempo**

Essa atividade foi realizada pelos alunos fora da sala de aula. Seu objetivo era fornecer uma visão geral dos principais eventos históricos e personagens envolvidos na controvérsia entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário, além de funcionar como um guia de leitura para o texto proposto sobre a história da cosmologia.

Nessa atividade pedimos que os alunos completassem um arquivo do Word que já tinha uma linha do tempo com alguns dos principais episódios da história da cosmologia no século XX. No Apêndice D apresentamos o “gabarito” da atividade, que teve muito mais a intenção de motivar a leitura do texto e apresentar questões consideradas mais relevantes, do que avaliar a atividade realizada pelos alunos.

### ***Encenação da peça Big Bang Brasil***

Um grupo de alunos voluntários iniciou a atividade lendo o texto “Big Bang Brasil” (disponível no anexo A) para toda a turma, sendo que cada aluno interpretou as falas de apenas um dos personagens. O texto trata de uma conversa entre um apresentador de um programa de TV e os participantes são cosmólogos: Einstein, Friedmann, Lemaître, Gamow, Hoyle, Penzias e Smoot. Decidimos apresentar primeiro esse texto, e só depois o estudo histórico apresentado no capítulo 4 (uma versão resumida foi entregue aos alunos) porque este último dialoga com a peça “Big Bang Brasil”, problematizando algumas das visões ingênuas sobre a natureza da ciência apresentadas pelos personagens.

A apresentação da peça foi dividida em duas partes, porque na segunda parte ocorre o desfecho da controvérsia. Decidimos antes discutir os modelos apresentados, a partir dos seminários elaborados pelos alunos.

### ***Seminários: o universo estático e o universo em expansão***

A dinâmica dos seminários propostos na segunda aula foi inspirada pela proposta da disciplina “Os Fundamentos da Física e a Física Contemporânea como Conteúdos Instrucionais”, ministrada pelo prof. Luis Carlos de Menezes no primeiro semestre de 2009, para o Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP. O objetivo principal dessa proposta é desenvolver a autonomia dos alunos :

Para promover a autonomia, não bastam materiais didáticos e um professor protagonista. É preciso propor à classe atividades coletivas mais estruturadas do que as aulas expositivas, pois todos devem estar motivados e conscientes do sentido delas [...] Além de se perguntar "de que forma a atividade em grupo melhora o ensino da minha disciplina?", é necessário formular outra: "De que forma minha disciplina pode promover nos grupos a aprendizagem cooperativa?" (Menezes 2009).

Nessa proposta os alunos são divididos em grupos, que organizam a discussão em aula a partir do texto base, que deveria ser lido por todos os alunos (o texto “Controvérsias na cosmologia”, apresentado no capítulo 7 ). Ao final do seminário, cada grupo propõe questões para a classe, que foram respondidas pelos alunos em casa, sendo entregues na aula seguinte.

Nas semanas que antecederam os seminários, foram marcados encontros com os alunos fora do horário de aula para serem resolvidas eventuais dúvidas sobre a leitura do texto. Os alunos entregaram os slides com antecedência e receberam sugestões sobre sua apresentação, assim como sobre as propostas de atividade.

Em geral os alunos apresentaram poucas dúvidas sobre o texto até a aula. Poucos tiveram dificuldades para realizar as atividades propostas que eram em sua maioria

questões cuja resposta estava presente no texto. Também notamos, como é comum em seminários propostos para grupos grandes, que alguns seminários eram uma sucessão de falas independentes, sem que os alunos tivessem muito tempo para articular os assuntos entre si. Numa nova intervenção, percebemos que seria interessante a construção de seminários com maior espaço, na própria aula, para os licenciandos prepararem em grupo suas apresentações.

Ao fim dos seminários, fizemos certas provocações, em particular pedindo para os alunos analisarem criticamente certos trechos do texto “Big Bang Brasil”. É importante lembrar que o texto Big Bang Brasil foi escrito com fins lúdicos, sem levar em conta o rigor histórico. Algumas de suas passagens podem induzir visões equivocadas sobre a natureza da ciência: Einstein não fez suas “continhas porque não tinha nada pra fazer” e Friedmann e Lemaître não discutiram com Einstein sobre a constante cosmológica, porque eles também a utilizaram em seus modelos, apesar de terem mostrado a possibilidade de universos em expansão.

Uma questão interessante, que partiu do interesse do grupo do universo estático, foi a discussão sobre a dificuldade de certos cientistas, como Einstein, em aceitar a ideia de que o universo está em expansão. Eles provavelmente foram influenciados pela leitura de Thomas Kuhn, já que utilizaram o conceito de “paradigma” em sua apresentação. Vale notar que nem no texto, nem nas aulas da disciplina houve referências explícitas a teorias epistemológicas, essa questão partiu do interesse dos próprios alunos, constituindo uma agradável surpresa.

O grupo que ficou responsável pelo tema Big Bang acabou ficando com mais alunos do que os outros grupos, por isso ele foi separado em dois novos grupos. Um deles ficou responsável pelos aspectos mais conceituais, relacionados à história da cosmologia, apresentando seu seminário na aula 2. Já o outro grupo ficou responsável pelos aspectos mais relacionados ao ensino de cosmologia, apresentado na aula 3.

No fim do seminário, os alunos, decidiram, espontaneamente, apresentar questões “sobre as ciências” que poderiam ser aprendidas com esse episódio. Como um dos alunos do grupo tinha experiência em pesquisas em ensino de ciências, é provável que eles tenham sido influenciados pela leitura prévia de outros trabalhos que buscavam discutir a natureza da ciência.

Segue um trecho do texto apresentado pelos alunos nos slides:

*Por meio dos textos observa-se como ocorre a evolução de uma teoria, no caso a teoria do Big Bang:*

*Os cientistas que apóiam que o universo esteja em expansão (Friedmann, Lemaître);*

*Grande cientistas também erram (Einstein, Hoyle);*

*A teoria encontra obstáculos, exemplo: “problema da idade do universo”;*

*Surgem outras teorias e cientistas para contradizer a especulação atual, exemplo: Hoyle e a teoria do Estado Estacionário;*

*Novos estudos são realizados a fim de se elucidar o fenômeno (Smoot);*

*É possível observar a evolução não-linear de uma linha de pensamento, além do posicionamento da sociedade científica da época segundo seus argumentos e observações.*

Essas citações mostram que logo no começo das aulas alguns estudantes já entenderam qual era o objetivo da atividade. Antes que isso fosse proposto, eles já se puseram a discutir aspectos da natureza da ciência que poderiam ser ilustrados a partir do estudo desse episódio.

### **C3: Aula 3 - O desfecho da controvérsia**

Essa aula era uma continuação da Aula 2. Terminamos as apresentações de seminários, a encenação da peça Big Bang Brasil e introduzimos a questão sobre as provas na ciência, que voltaria a ser abordada na atividade final.

Aula	Momentos	Tempo
3) O desfecho da controvérsia	Seminários Big Bang e Estado Estacionário	60 min
	Parte final apresentação BBB	15 min
	O desfecho da controvérsia	15 min
	O Big Bang está provado?	5min

**Tabela 38: Plano da aula 3, O desfecho da controvérsia**

#### ***Seminários: Big Bang e Estado Estacionário***

O primeiro grupo a se apresentar tratou da questão das “Analogias para entender o Big Bang”. Fizeram uma abordagem baseada na leitura do texto, discutindo o conceito de explosão. No dicionário Michaelis<sup>87</sup>:

explosão ex.plo.são sf (lat explosione) 1 Expansão violenta ou arrebentação, acompanhada de estrondo, causada por repentina libertação de energia por uma reação

---

<sup>87</sup> Acesso online: <http://michaelis.uol.com.br/>

química muito rápida, por uma reação nuclear ou pelo escape de gases ou vapores sob grande pressão.

Sendo assim o grupo defendeu que não é necessariamente errado ver o Big Bang como uma explosão, pois consistiria em uma expansão súbita com grande liberação de energia.

Como proposta de atividade para a classe, o grupo apresentou a questão:

*1) Descreva com suas palavras o Big Bang ressaltando as semelhanças e diferenças com o conceito de explosão.*

Essa proposta gerou discussões interessantes, como mostra esta resposta de um dos alunos:

*Uma explosão é a liberação violenta de energia por um processo súbito. Como a formação do Universo teria ocorrido com a violenta liberação de uma quantidade anormalmente grande de energia de modo súbito, o nome "grande explosão" pode ser associado a esse processo.*

O aluno se posicionou criticamente diante do texto, questionando a afirmação de que seria inadequado ver o Big Bang como uma explosão. Consideramos essa postura bastante saudável, buscando aceitar sua proposta, ainda que reafirmando a necessidade de se discutir explicitamente no ensino os limites de analogias didáticas para ensinar cosmologia. É possível fazer a analogia com uma explosão, desde que se deixe claro que não se trata de uma explosão no sentido usual da palavra.

Na aula não foi possível aprofundar a questão das analogias para entender o Big Bang. Houve apenas uma discussão breve, em que foi entregue ao grupo que apresentava o seminário um balão inflável. Perguntamos o que eles fariam com esse balão para ensinar a teoria do Big Bang em sala de aula, e os alunos deram algumas sugestões gerais.

### ***A radiação cósmica de fundo***

Pela limitação de tempo, a radiação cósmica de fundo e os eventos que levaram ao desfecho da controvérsia entre a teoria do Big Bang e Estado Estacionário foram apresentados muito brevemente. Apresentamos o texto da seção 4.7 como sugestão de leitura opcional para os alunos. Na aula, foi realizada a apresentação da parte final da peça Big Bang Brasil, cuja primeira parte já tinha sido apresentada na aula 2.

### **C4: Aula 4 - Ciência e religião**

Nas duas últimas aulas realizamos discussões sobre relações entre ciência e religião no ensino de ciências, apresentando argumentos dados por três personagens históricos relacionados às controvérsias cosmológicas das décadas de 1940 a 1960: Lemaître, Hoyle e o Papa Pio XII.

Aula	Momentos	Tempo
4) Ciência e religião	Revisão 1º semestre	15 min
	Lemaître: padre cosmólogo	15 min
	O método científico	40 min
	Atividade: Diagrama de Venn e postura de conflito	30 min

**Tabela 39: Plano da aula 4, Ciência e religião**

O texto sugerido para leitura era versão estendida do trabalho “Relações entre ciência e religião na formação de professores: um estudo de caso acerca de uma controvérsia cosmológica”, apresentado no *XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Águas de Lindóia – 2010*. Neste trabalho argumentamos sobre a importância de se discutir relações entre ciência e religião nas aulas de física, utilizando episódios da história da cosmologia como tema motivador.

Apresentamos alguns posicionamentos típicos de autores que escreveram sobre relações entre ciência e religião, exemplificando-as com os discursos de três personagens envolvidos nesta controvérsia cosmológica da década de 1950. No início da aula fizemos uma breve discussão com os alunos sobre o conteúdo do texto, dando mais atenção ao caso de Lemaître, já que os textos de Hoyle e do Papa Pio XII ficaram para a aula 5. Antes de iniciar as discussões fizemos uma ressalva importante: nosso episódio histórico envolveu apenas personagens inseridos na tradição científica e religiosa ocidental. Não aprofundamos os debates sobre a questão da universalidade da ciência, ou sobre relações entre ciência e outros tipos de religião (budismo, taoísmo, hinduísmo, etc.).

Em seguida os alunos se juntaram em grupos de até 4 integrantes, e compararam suas respostas dadas na atividade de interpretação das tirinhas, descrita na seção 7.4. No fim da aula, um representante de cada grupo relatou a discussão para a classe. De maneira geral, essa discussão foi feita com base nas opiniões e ideias espontâneas dos estudantes sobre o assunto. Houve pouca influência da leitura do texto proposto sobre os argumentos utilizados.

A principal questão debatida foi: deveria o professor defender uma determinada postura sobre relações entre ciência e religião? Ele deve influenciar as concepções de seus estudantes? Um aluno, que disse ser ateu, afirmou que como professor de ciências, ainda

que ele não defendesse explicitamente sua postura em sala de aula, certamente ficaria feliz se, implicitamente, convertesse seus alunos ao ateísmo.

Outros alunos não concordaram com essa proposta, exigindo que o professor deva ser sempre neutro, evitando influenciar o que seus alunos pensam sobre religião. Como vimos, essa preocupação esteve presente nos ensaios finais escritos pelos alunos.

#### **C5: Aula 5 - Debate sobre a postura do professor nas aulas ciências**

Aula	Momentos	Tempo
5) Exemplos na HC	4 categorias	20 min
	Hoyle: materialismo	20min
	Pio XII e a intervenção de Lemaître	20min
	Atividade: postura no ensino	40 min

**Tabela 40: Plano da aula 5, Exemplos da história da cosmologia**

Nessa aula começamos retomando a atividade de construção de diagramas de Venn com diferenças e semelhanças entre ciência e religião, conforme descrito na seção 7.5. Após a apresentação de uma síntese dos diagramas construídos pela classe, criamos um novo diagrama com mais elementos na região da intersecção do diagrama.

Após essa atividade apresentamos slides sobre os textos de Hoyle e do Papa Pio XII sobre relações entre ciência e religião, e novamente realizamos um debate entre os alunos sobre a questão 5 do ensaio final (apresentada na seção 7.7.5). Os alunos discutiram em pequenos grupos, inicialmente, para que depois um relator apresentasse as ideias principais do grupo para a classe toda.

Alguns alunos tiveram dificuldades para entender as diferenças entre certas categorias, o que nos mostrou que os conceitos filosóficos apresentados não foram de fácil compreensão. Tiveram dúvidas principalmente em relação à distinção entre naturalismo ontológico e metodológico, e por isso foi realizada uma explicação na lousa para tirar dúvidas sobre estes termos.

Por outro lado outros alunos apresentaram falas bastante articuladas, mostrando que haviam estudado os textos com afinco, já tendo condições de argumentar na própria aula qual era sua posição no debate. Outros ainda que não tenham utilizado elementos dos textos, apresentaram argumentos interessantes baseados em suas experiências prévias. Após essa aula os alunos tiveram duas semanas para escrever a redação final.

## Apêndice D: Gabarito da atividade “Linha do tempo”

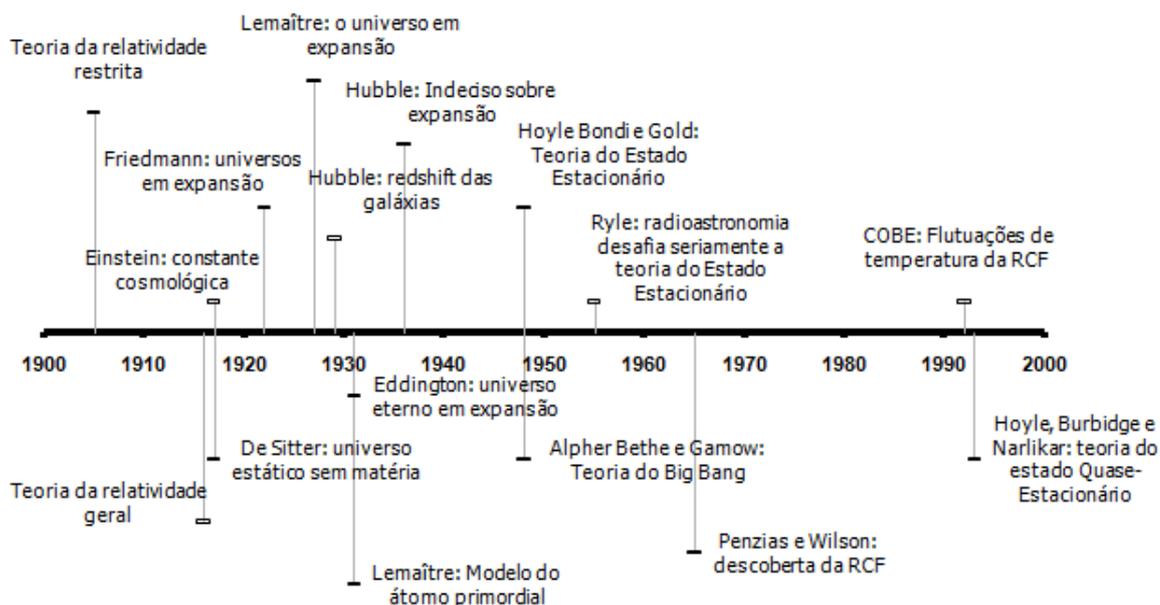


Figura 38: Linha do tempo da cosmologia no século XX

Uma prática muito comum nas aulas que utilizam a história da ciência como estratégia didática é a proposta de que os alunos apenas memorizem nomes e datas. A atividade da linha do tempo pode incentivar essa prática, por isso é importante deixar claro que o que importa não é lembrar de todos os fatos (já que isso pode ser facilmente consultado na internet), mas sim entrar em contato com o assunto e situar temporalmente os principais eventos envolvidos na história que seria aprofundada posteriormente.

2) Durante a construção da linha do tempo procure entender o que cada autor responderia para as seguintes questões:

1. O universo muda com o tempo?
2. O universo teve um começo ou sempre existiu?
3. É finito ou infinito?

Para isso preencha a seguinte tabela:

O universo...	... teve um começo?	... é infinito?	...está em expansão?
Newton	Talvez <sup>2</sup>	Sim	Não
Einstein	Talvez <sup>2</sup>	Não	Não
De Sitter	Talvez <sup>2</sup>	Não	Não
Friedmann	Talvez <sup>2</sup>	Talvez <sup>1</sup>	Talvez
Eddington	Não	Talvez <sup>1</sup>	Sim
Lemaître	Sim	Talvez <sup>1</sup>	Sim
Hubble	Talvez <sup>2</sup>	Talvez <sup>1</sup>	Talvez
Gamow	Sim	Talvez <sup>1</sup>	Sim
Hoyle	Não	Sim	Sim

<sup>1</sup>Em todos os universos em expansão o universo pode ou não ser infinito, dependendo da densidade do universo.

<sup>2</sup>A questão do começo do universo envolve diretamente a postura dos cosmólogos sobre a existência de Deus. Apenas os adeptos do Big Bang (Lemaître e Gamow) defenderam explicitamente que houve um começo no tempo, e Hoyle e Eddington atacaram essa noção.

Comentários:

Newton: universo infinito, estático e homogêneo.

Einstein: universo finito e estático.

De Sitter: universo estático sem matéria.

Friedman: As obras de Friedmann são muito mais matemáticas do que físicas. Ele estava interessado em explorar as soluções das equações de Einstein, mas não em interpretá-las fisicamente. Sendo assim, ele falava em idade do universo (o que indicaria que o universo teve um começo), universos em expansão e contração, mas não considerava que nenhum desses modelos necessariamente se aplicava ao universo real.

Hubble: No texto “Controvérsias da cosmologia” não aprofundamos as informações sobre a postura de Hubble, mas no texto Big Bang Brasil o autor mostrou que ele também tinha uma postura cautelosa, como a de Friedmann.

Hubble - Eu não. Eu só fiz as medidas. Não gosto de me intrometer nessas discussões cosmológicas.

Gradativamente, durante a década de 1930, a ideia de um universo em expansão foi se tornando mais difundida na comunidade científica. Posteriormente, Hubble se mostrou mais cauteloso em relação à interpretação dos resultados de seus trabalhos de 1929. Em uma carta a De Sitter em 1931, escreveu que ele e seu colaborador Milton Humason sentiam "que a interpretação (dos redshift das galáxias) deve ser deixada para você e os

outros poucos que são suficientemente competentes para discutir esta questão com autoridade" (Hubble 1931 citado em Kragh & Smith 2003, p. 152).<sup>88</sup>

Eddington: universo eterno, em expansão. "Filosoficamente, a noção de um começo da ordem atual da natureza é repugnante para mim" ver p. 17, modelo de Lemaître-Eddington. Conforme o comentário 1, em todos os universos em expansão o universo pode ou não ser infinito.

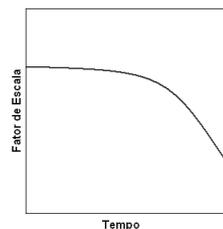
Lemaître e Gamow: contribuíram para a criação da teoria do Big Bang: universo teve um começo, está em expansão e pode ou não ser infinito.

Hoyle: universo estacionário (que não é estático, ver a explicação sobre a diferença na p. 28 do texto "Controvérsias da cosmologia": sempre existiu e está em expansão.

3) A partir das explicações sobre as representações gráficas de modelos cosmológicos (p. 11-12 do texto Controvérsias na cosmologia), desenhe gráficos do fator de escala em função do tempo para os quatro tipos de universo citados abaixo:

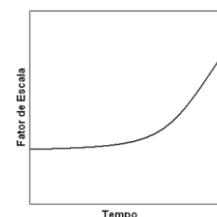
A) Em colapso

O fator de escala deve diminuir com o tempo.



B) Em expansão

O fator de escala deve aumentar com o tempo



C) Estacionário

O universo estacionário é em expansão, logo R aumenta com o tempo. A constante de Hubble é dada por :

$$H = \frac{1}{R} \frac{dR}{dt}$$

---

<sup>88</sup> Para saber mais sobre as interpretações de Hubble sobre o redshift ver:

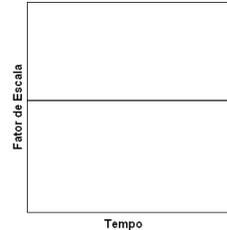
ASSIS, André. K. T.; NEVES, Marcos C. D. e SOARES, Domingos S. d. L. [A cosmologia de Hubble: De um universo finito em expansão a um universo infinito no espaço e no tempo.](#) In: M. C. D. Neves e J. A. P. d. Silva (Editores), *Evoluções e Revoluções: O Mundo em Transição*, Editora Massoni e LCV Edições, Maringá, pp. 199-221, 2008.

No Estado Estacionário a constante de Hubble é realmente uma constante. Assim podemos deduzir que:

$R(t) = R_0 e^{-Ht}$ , ou seja, o gráfico é uma exponencial. Para uma descrição quantitativa desses modelos ver Harrison 1981.

D) Estático

O fator de escala é constante.



4) Finalmente separe os cosmólogos em grupos, escolhidos pelas semelhanças entre suas respostas.

Estas são apenas algumas possibilidades de grupos:

Universo com um começo no tempo: Lemaître, Gamow.

Universo eterno: Eddington e Hoyle, Friedmann (oscilante).

Universo infinito: Newton, Hoyle

Universo finito: Einstein, De Sitter

Universo em expansão: Friedmann, Eddington, Lemaître, Hubble, Gamow, Hoyle

Universo estático Newton, Einstein, De Sitter

## Anexo : texto “Big Bang Brasil”<sup>89</sup>

### *Primeira parte: universo estático ou em expansão?*

Bial - Olá, pessoal! Está começando mais uma edição do nosso BBB! É o Big Bang...

Torcida no estúdio - Brasiiiiil...

Bial - Vamos lá, então, que o programa está quente, muito quente hoje. Quente e denso. A casa andou fervendo nos últimos dias. Mas, antes de mais nada, vamos ver como estão os nossos "brothers"... pode espiar, pode espiar à vontade! E aí, alemão, como é que está aí? Muita emoção?

Einstein - Pois é, Bial, a coisa aqui está quente mesmo.

Bial - Mas o que aconteceu para te deixar assim?

Einstein - Bem, tudo começou em 1915, quando eu desenvolvi minha teoria da relatividade geral. Ela revelou uma coisa muito incômoda, que deixou todo mundo meio perturbado aqui...

Bial - Vish, alemão, o que você aprontou aí?

Einstein - Você sabe, na relatividade geral eu costurei espaço, tempo, matéria, energia e gravidade, tudo no mesmo pacote. Aí, sabe como é, sem muita coisa para fazer aqui dentro da casa, decidi iniciar uma continha. Coisa simples, para flexionar os músculos cerebrais - eu adoro malhar, sabe?

Bial - Noooossa... que conta foi essa, seu Einstein?

Einstein - Bem, decidi aplicar as equações da relatividade geral ao universo inteiro como se eu fosse calcular o que acontece com o cosmo todo se ele for representado pela minha teoria. E aí aconteceu uma coisa bem desconfortável.

Bial - Eita, esse alemão, viu...

Einstein - Pois é, o que minhas contas mostraram é que o universo não podia estar parado - ele devia estar ou se contraindo, ou se expandindo.

Bial - Que absurdo, alemão!

Einstein - Concordo. Tanto que decidi mudar a teoria no ano seguinte para impedir isso, incluindo uma letra lambda nas equações, de modo a fazer com que o universo ficasse paradinho, do jeito que devia...

Friedmann - Mas alemão, as suas contas estavam certas! A equação original era a mais bonita, você deveria ter acreditado no que ela sugeria... eu mesmo conferi os cálculos.

Bial - Nossa, que polêmica, hein? Para resolver, vamos chamar agora um brother zen, o nosso monge... George Lemaître! E aí, George?

Lemaître - Fala, Bial!

Bial - Tudo bom aí?

Lemaître - Mais ou menos, Bial.

Bial - Por quê?

Lemaître - É o alemão, Bial. Ele andou me colocando contra todo mundo. Diz que as minhas ideias são absurdas. E olha que elas nasceram da própria teoria dele!

Bial - Ih, alemão, o que aconteceu?

Einstein - O nosso querido padre belga devia ficar mais no confessionário, isso sim. Depois de fazer cálculos com base na minha relatividade, em vez de adotar a versão

---

<sup>89</sup> Adaptado a partir de NOGUEIRA, S. *Ceticismo, Ciência & Tecnologia*, 2007, publicado por André. Disponível em: <<http://ceticismo.wordpress.com/2007/10/24/big-bang-brasil/>>. Acesso em: 25 Maio 2011.

com o lambda, ele apostou na versão original da teoria e agora defende a ideia de que o universo inteiro nasceu de algo como um "átomo primordial", que explodiu e deu origem a tudo que vemos. Uma bobagem.

Lemaître - Alemão, pára com isso. Você me magoa quando diz que minhas conclusões não têm valor.

Bial - Vish, que bagunça. Fecha o som da casa!

Agora vamos ver uma coisa que aconteceu em 1931, com um dos nossos brothers mais queridos, Edwin Hubble.

Hubble - Ih, olha isso aqui! Veja só, eu estava analisando a luz dessas galáxias e parece que todas elas estão se afastando de nós. Que estranho.

Bial - E agora, o que pode ser isso? Vamos dar uma espiadinha!

Einstein, Lemaître, Friedmann e Hubble discutem.

Bial - E aí, quem é que vai se explicar? Hubble?

Hubble - Eu não. Eu só fiz as medidas. Não gosto de me intrometer nessas discussões cosmológicas.

Bial - Monge?

Lemaître - É óbvio, Bial! Se as galáxias parecem estar todas se afastando de nós, é claro que elas já estiveram muito mais próximas antes.

Einstein - Tá, eu tenho de admitir que essas espiadas do Hubble parecem apontar para o fato de que o universo já foi no passado muito mais compacto, e não dá para negar que ele está hoje em expansão.

Bial - Ih, alemão, então aquele negócio de lambda era tudo bobagem?

Einstein - Pois é, Bial. O maior erro da minha carreira.

### ***Segunda parte: Big Bang contra Estado Estacionário***

Bial - Olháí... confissões no BBB! Mas que bom, parece que tudo se acomodou, com os brothers todos aceitando que o universo nasceu de um ponto muito pequeno e denso...

Hoyle - Todos não, Bial! Esse negócio de Big Bang é tudo bobagem!

Bial - Ué, mas e as espiadinhas do Hubble?

Hoyle - Elas mostram que o universo é dinâmico, mas eu acho um absurdo dizer que ele "nasceu" num ponto do tempo, a partir de um "átomo primordial", como sugere o monge. Isso é coisa de religioso mesmo.

Lemaître - Ei, peraí, peraí. Você sabe muito bem que eu não misturo a minha fé com a cosmologia -- minhas conclusões sobre o átomo primordial derivam da teoria do alemão!

Bial - Esse é o nosso Fred Hoyle, sempre polêmico!

Hoyle - Polêmico não, Bial. É que esse papo de Big Bang não convence mesmo. Mas eu tenho a resposta. Desenvolvi em 1948 uma ótima teoria, chamada de teoria do Estado Estacionário. Ela sugere que o universo na verdade sempre foi assim. As galáxias se afastam mesmo umas das outras, mas matéria surge do nada entre elas para criar novas galáxias, e o universo continua nesse esquema, eterno e sempre parecido.

Gamow - Tsc, tsc, tsc...

Bial - Ih, parece que o George Gamow não concorda. O que foi, George, para você ficar ressabiado assim?

Gamow - Bial, a teoria do Hoyle não está com nada. Ela não explica como surgiram os atuais átomos do universo. Já o meu modelo do Big Bang explica como

apareceram os átomos de hidrogênio e hélio, exatamente nas proporções que existem hoje no cosmo!

Hoyle - Nem vem, seu Gamow, nem vem. Você sabe muito bem que essa explicação não serve de nada, pois não explica como surgiram os outros átomos, além do hidrogênio e do hélio. O que explica isso na verdade é a minha teoria sobre a formação de núcleos atômicos no interior das estrelas! É de lá que nasceram os elementos químicos mais pesados que o hidrogênio e o hélio!

Bial - Ih, que confusão, que confusão! Fecha o som da casa! O Big Bang Brasil está pegando fogo! Vamos deixar os brothers lá se matando, porque daqui a pouco tem o paredão! Gamow e Hoyle vão se enfrentar! Qual teoria vence? A teoria padrão do Big Bang, desenvolvida por Gamow, ou a do Estado Estacionário, por Hoyle? Vamos dar uma espiadinha?

### *Terceira parte: o desfecho da controvérsia*

Einstein, Friedmann, Lemaître, Gamow e Hoyle estão discutindo, quando Robert Dicke decide entrar na conversa.

**Dicke** - Já sei! Tem uma coisa que pode confirmar se o universo "nasceu" de um ponto muito denso e quente, como diz a teoria do Big Bang de Gamow, ou se ele vive num Estado Estacionário, como diz o Hoyle. Se ele tiver "nascido" do Big Bang, ele deve ter uma radiação vinda de todas as direções -- uma espécie de eco dessa fase altamente compacta do universo.

**Gamow** - Grande novidade! Eu já tinha previsto isso em 1948, e você apresenta essa ideia como se fosse nova. Tsc, tsc, tsc...

**Dicke** - Ei, nem sabia que você já tinha dito isso, George.

**Gamow** - Pois é, se alguém puder detectar essa radiação de fundo...

Comentar a carta de Gamow a Dicke, tentando convencer a todos de que ele já havia previsto a radiação, além das diferentes previsões de outras teorias alternativas.

**Bial** - E aí, Dicke, você vai dar uma espiadinha nessa radiação?

**Dicke** - Vou, Bial. Já estou desenvolvendo um aparelho para detectá-la, se ela existir mesmo...

**Penzias** - Póparar, póparar! Olha aqui o que eu detectei na antena em que trabalho lá nos Laboratórios Bell!

**Dicke** - Ih, fomos furados, rapazes.

**Bial** - Que moraaaal... Arno Penzias diz ter encontrado a radiação cósmica de fundo, uma relíquia de uma época apenas 300 mil anos após o Big Bang.

**Penzias** - Eu e o meu amigo Wilson detectamos esse negócio meio sem querer, mas agora não temos dúvidas: é a radiação do Big Bang.

**Gamow** - CQD, amigo Hoyle, CQD.

**Hoyle** - Absurdo. Esse Big Bang é absurdo. As coisas podem parecer boas para a sua teoriuzinha agora, mas veja só: eu acabo de desenvolver a minha sensacional teoria do estado quase estacionário, que responde até pela radiação cósmica de fundo!

**Bial** - Ih, Hoyle, você não está forçando a barra, não?

**Gamow** - É, Bial, o cara não desiste.

**Hoyle** - Não adianta. A radiação me pegou de surpresa, mas existe um problema que ninguém está mencionando. A radiação aparece exatamente com a mesma intensidade em todas as direções do universo. Isso indica que o universo foi muito homogêneo no passado e, se isso é resultado de um Big Bang, o universo hoje jamais teria as galáxias que têm, pois era homogêneo demais para evoluir para o mundo de hoje, que é cheio de vazios, com algumas poucas regiões concentradas de matéria.

**Gamow** - Calma, Hoyle. As variações na radiação cósmica vão aparecer. Falta apenas desenvolver os instrumentos para detectar essas flutuações diminutas.

**Bial** - Fecha o som da casa! Quem será que tem razão, Gamow ou Hoyle? Vamos dar um espiadinha...

Einstein, Friedmann, Lemaître, Gamow, Hoyle e Dicke estão discutindo, quando George Smoot decidiu entrar na conversa.

**Smoot** - Então, eu desenvolvi um projeto aqui que pode resolver a parada...

Todos se viram para Smoot.

**Smoot** - Um satélite. Um satélite para detectar com alta precisão potenciais variações na radiação cósmica de fundo.

**Gamow** - Parece ótima ideia. Só no espaço para evitar a interferência gerada pela atmosfera nessas observações delicadas.

**Bial** - Mas e aí, Smoot, vai rolar?

**Smoot** - Olha, faz tempo que tenho o projeto, mas a explosão do ônibus espacial Challenger, em 1986, está adiando tudo. Tivemos de cortar o tamanho do Cobe...

**Bial** - O que é Cobe?

**Smoot** - É o nome do satélite.

**Bial** - Ahh... vamos continuar espiando.

**Smoot** - Mas agora ele está pronto. Vamos lançar e, em 1992, devemos fechar um mapa detalhado da radiação cósmica de fundo.

**Bial** - Fecha o som da casa! E agora? Estamos chegando ao emocionante final! Quem vai continuar na casa, Gamow ou Hoyle? Vamos ver as torcidas aqui no nosso estúdio!

**Torcida do Gamow** - ÊÊÊÊÊÊÊÊÊÊ! Big Bang! Big Bang! Big Bang!

**Torcida do Hoyle** - Êêêê.

**Bial** - Vamos dar uma espiadinha. E aí, Gamow, está pronto para ver sua família?

**Gamow** - Nossa, vamos lá!

Batimentos cardíacos de Gamow vão a mil, enquanto ele olha para a tela.

**Gamow** - Olha lá, todo mundo veio! Mamãe Gamow, tio Gamow, vovô Gamow, vovó Gamow!

**Bial** - E aí, Hoyle, preparado?

**Hoyle** - Eu sei que está todo mundo contra mim, Bial, mas vamos lá.

**Bial** - Olha aí a sua torcida, Hoyle!

Batimentos cardíacos de Hoyle vão a mil.

**Hoyle** - Puxa, mamãe Hoyle, tio Hoyle, vovô Hoyle, vovó Hoyle!

**Bial** - Chegou o grande momento, hein? Estão preparados?

**Gamow** - Sim, Bial.

**Hoyle** - Manda ver, Bial.

**Bial** - E atenção. O George Smoot acaba de enviar aos estúdios da Globo o resultado da medição da radiação cósmica de fundo de 1992. Foi uma disputa acirrada, viu? Mas, com uma diferença de uma parte em cem mil, o Cobe encontrou variações que suportam o... Big Bang!

**Gamow** - Ah, eu sabia, eu sabia, eu sabia!

Hoyle fica com cara de fossa. Einstein, Friedmann, Lemaître, Gamow, Dicke e Smoot vão abraçar Gamow. Hoyle deixa a casa e vai para o palco com Bial.

**Bial** - E aí, Hoyle, tudo bem?

**Hoyle** - É a vida, né, Bial?

**Bial** - Pois é. Mas veja aqui a sua torcida, que veio te receber.

**Hoyle** - Ih, Bial, pode ficar sossegado. Eles acham que sabem de tudo. Hoje é difícil negar que o universo como o conhecemos surgiu num ponto denso e quente e expandiu a partir dali -- essa ideia que eu apelidei de Big Bang lá atrás. Mas ainda tem muita água para correr por baixo da ponte da cosmologia. E mal sabem eles que estão apenas procurando cordas para se enforcar.

**Bial** - É isso aí. Muito já aprendemos sobre a natureza e o surgimento do universo, mas ainda há muito mais pela frente. Pode continuar espiando...