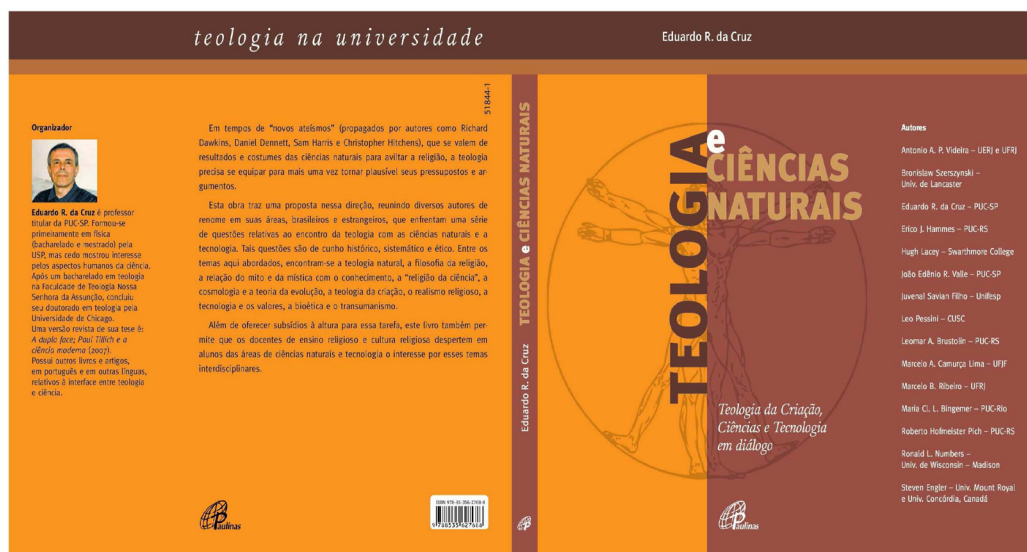


Cosmologia: uma Ciência Especial?

Algumas Considerações sobre as Relações entre a Cosmologia Moderna, Filosofia e Teologia¹

Marcelo Byrro Ribeiro² e Antonio Augusto Passos Videira^{3,4}

Em "Teologia e Ciências Naturais", Eduardo R. Cruz (org.): ISBN 978-85-356-2768-8
(São Paulo: Paulinas), capítulo VII, páginas 162-197, (2011)



¹ Este trabalho incorpora idéias e formulações apresentadas em artigos interiores. Cf. Ribeiro & Videira (1999) e Ribeiro & Videira (2002).

² Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. <http://www.if.ufrj.br/~mbr>

³ Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

⁴ Agradeço o apoio financeiro do CNPq através de uma bolsa de produtividade.

Sumário

Agradecimentos	..... 5
Apresentação da coleção	..... 7
Introdução	..... 11
PARTE I FUNDAMENTOS HISTÓRICO-SISTEMÁTICOS	
I. Religião como forma de conhecimento: mito e razão	
EDÊNIO R. VALLE	..... 25
II. Deus: segredo escondido em sua criação	
MARIA CLARA BINGEMER	..... 63
III. Teologia natural: debates na filosofia moderna	
ROBERTO HOFMEISTER PICH	..... 76
IV. Filosofia da religião: a experiência religiosa como desafio paradoxal à filosofia e as ciências	
JUVENAL SAVIAN FILHO	..... 102
PARTE II A CIÊNCIA MODERNA: SEU FAZER E SEU CONHECIMENTO	
V. A interação da atividade científica, visões de mundo e perspectivas de valores	
HUGH LACEY	..... 127
VI. "Religiosidades científicas" hoje: entre o secular e o religioso	
MARCELO CAMURCA	..... 148
VII. Cosmologia, uma ciência especial? Algumas considerações sobre as relações entre cosmologia moderna, filosofia e teologia	
MARCELO BYRRO RIBEIRO E ANTONIO AUGUSTO PASSOS VIDEIRA	..... 162

VIII. Mitos e verdades em ciência e religião: uma perspectiva histórica	
RONALD NUMBERS	..... 198
IX. Teologia e evolução: uma hermenêutica da aliança	
ERICO JOÃO HAMMES	..... 210
X. O criacionismo	
STEVEN ENGLER	..... 231
PARTE III TEMAS DE ATUALIDADE: TECNOLOGIA, ÉTICA, ECOLOGIA	
XI. Bioética e o futuro pós-humano: ideologia ou utopia, ameaça ou esperança?	
LEO PESSINI	..... 259
XII. Teologia, ciência e natureza: uma relação ecológica	
LEOMAR BRUSTOLIN	..... 278
XIII. Repensando o secular: ciência, tecnologia e religião hoje	
BRONISLAW SZERSZYNSKI	..... 291
EXCURSO: HÁ ALGUÉM LÁ FORA?	
XIV. Teologia e realismo: afinal, qual é o objeto do falar religioso?	
EDUARDO R. DA CRUZ	..... 305
Posfácio: Desafios para o futuro	
EDUARDO R. DA CRUZ	..... 324
Glossário	..... 329
Livros sobre teologia e ciência em português	..... 334
Autores	..... 336

1. Introdução

Durante aproximadamente quatro séculos, ou seja, desde os tempos de Copérnico até o início do século XX, a ciência moderna rotulou como não-científicas as questões que indagavam pela origem de tudo, pela história e pelo desenvolvimento dos objetos e estruturas celestes⁵. Por não possuir as ferramentas necessárias para lidar com essas questões, ou seja, leis e teorias científicas acopladas aos essenciais dados astronômicos, a ciência moderna assustava-se, criticando negativamente a facilidade com que filósofos e teólogos propunham respostas para esse tipo de pergunta, respostas essas proclamadas em tom peremptório e quase sempre enunciadas pelos seus proponentes como sendo definitivas. Coerentemente com o seu objetivo de distinguir-se radicalmente seja da filosofia, seja da teologia--afinal, era preciso conquistar a sua autonomia, quando não a sua independência com relação às suas antigas "parentas"--a ciência moderna não se preocupou

⁵ Algumas leituras úteis sobre a história da Cosmologia são as seguintes: Hetherington (1993), Kerszberg (1989), Kragh (1996), Kragh (2007), Merleau-Ponty (1965), North (1994), Videira (2009a).

com as questões cosmológicas. A bem da verdade, ela sentia-se incompetente e incapaz para investigá-las.

Apesar de todos os seus feitos e conquistas acerca do comportamento dos fenômenos naturais, alguns deles tão impressionantes que poderiam fazer com que os cientistas se deixassem levar, como que inebriados, pelos seus sucessos, a ciência moderna *como um todo* optou por uma atitude mais prudente. Essa opção pode ser explicada por dois motivos. Primeiro, faltavam a ela os conceitos científicos e as equações físicas para poder trabalhar as idéias de todo e origem segundo os seus próprios critérios. Segundo, quando ela é analisada a partir de um viés epistemológico, ao menos para aqueles que consideravam importante compreendê-la à luz da filosofia, o resultado dessa análise não conseguiu, e isso é válido até os dias de hoje, tornar-se consensual.

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 explicação⁶.

Talvez uma das poucas lições perenes que podemos colher do desenvolvimento da cosmologia nos últimos 100 anos, é que esta é inseparável da especulação e da ousadia. Esta declaração pode parecer algo deslocada, o que procuraremos refutar indiretamente com este artigo, mas pode-se afirmar que o estudo da cosmologia é para aqueles que não têm medo de errar. O importante é ousar, afirmar e, sempre que necessário, reconhecer o erro cometido. Em cosmologia, ciência com particularidades muito próprias, uma das melhores maneiras de se aprender é com os erros⁷. No entanto, nem sempre é evidente em cosmologia como determinar com exatidão a natureza do erro cometido. As diferentes e

⁶ Cf. Videira (2005c).

⁷ Para uma análise detida de algumas das particularidades da cosmologia enquanto ciência, sugerimos Videira (2001) e Videira (2006b).

sempre presentes dimensões teórica, observacional e epistemológica, em suas eternas capacidades de se influenciarem, tornam muitas vezes difícil que compreendamos onde e como os erros foram cometidos.

Dessa forma, como dito acima, durante muito tempo a ciência moderna não se sentiu suficientemente madura para se aventurar na busca de respostas para aquele conjunto de questões, as quais têm atormentado seres racionais desde que existem sobre a superfície da Terra. Uma vez mais: de onde viemos? Para onde vamos? Qual é a origem de tudo aquilo que nos cerca? Qual é a nossa origem? Qual será o nosso fim? A maturidade da ciência, nunca alcançada facilmente, inclui teorias *sólidas*, experimentos *reprodutíveis* e observações *confiáveis*⁸. No domínio da cosmologia, esses resultados foram obtidos somente no século XX. A rigor, o mais correto seria afirmar que essa maturidade *ainda* está sendo conquistada. Apesar de termos avançado bastante em nosso caminho em busca das respostas cosmológicas, certos assuntos ainda permanecem em aberto como, por exemplo, aquela que parece ser a mais importante questão dentre todas que podemos formular em cosmologia: como foi o início de tudo? Contudo, nós podemos, nos dias de hoje, imputar essa(s) questão(ões) à ciência sem medo de sermos qualificados de anti-científicos ou mesmo de inimigos da razão! É certo, pois, que algo foi conquistado.

Como é usual no domínio do conhecimento humano, um avanço alcançado significa que alguma coisa passou a estar *relativamente* imune à possibilidade da dúvida, não para toda eternidade, a qual *definitivamente* não existe para a ciência, mas para certo conjunto de objetos naturais. Em outras palavras, mesmo não podendo assegurar que as respostas dadas pela ciência permanecerão as mesmas para sempre visto que o futuro da ciência é, *em larga escala*, imprevisível, quando consideramos alguns dos fenômenos e processos existentes na natureza, é lícito sentirmos segurança. Assim, uma das mais significativas conquistas da cosmologia do século XX diz respeito ao fato de que *o Universo evolui*, ou seja, que ele tem uma *história*. Todos sabemos que a idéia de evolução ganhou foros de cientificidade em um domínio estranho à cosmologia e em uma época em que ela ainda não integrava o domínio das disciplinas científicas estritas. Elaborada por Darwin e Wallace na segunda metade do século XIX, a idéia de evolução penetrou na cosmologia após esta ter se tornado

⁸ Cf. Videira (2004).

uma realidade. Mesmo já integrando diferentes áreas do saber humano, como a biologia, a história e a antropologia, para receber a sua *interpretação* em termos cosmológicos a idéia de evolução teve que superar resistências iniciais, algumas destas formuladas por um dos principais responsáveis pela transformação da cosmologia em ciência: Albert Einstein (1879-1955). Contrariando as equações da sua então recentemente proposta *Teoria da Relatividade Geral* (TRG), apresentada formalmente ao público acadêmico no final do ano de 1915, mas publicada em 1916, Einstein, seguindo as suas idéias científicas daquele momento, introduziu um termo ad hoc, a constante cosmológica Λ , de modo a obter como solução um universo estático⁹. Anos mais tarde, e tendo se convencido, a partir dos trabalhos daqueles poucos que se aventuraram em buscar e propor soluções para as suas equações do campo gravitacional, Einstein abandonou a solução do universo estático, afirmando que aquele havia sido o maior erro científico que cometera em toda a sua carreira¹⁰.

Não há como negar a evidência de que as questões da cosmologia não lhe pertencem inteiramente ou unicamente. Não somos nós que o afirmamos, outros já o fizeram anteriormente, mas a relevância das perguntas cosmológicas é tão assombrosa que outros cientistas, acompanhados de personagens nem sempre desejadas e bem-vindas (referimo-nos aos filósofos e teólogos), podem, e sem precisar justificar essa pretensão, desejar respondê-las. Outra evidência que se impõe é que o diálogo certamente fica mais rico e interessante quando é reconhecida a importância de ouvirmos aqueles que não "habitam" um mesmo domínio científico-epistemológico. Se, de fato, a ciência moderna sente-se suficientemente segura e madura para, com as suas próprias pernas, aventurar-se nesse sedutor domínio da cosmologia, por que haveria ela, então, sentir receio de dialogar com a religião e a teologia? A maturidade e a confiança, muitas vezes afirmadas de forma arrogante, deveriam se traduzir em vontade e coragem de conversar com outrem.

Ao longo de sua história, a ciência moderna repetiu, por diversas vezes, que as respostas que propõem são parciais, simplificadas e substituíveis. Para muitos, dentre os quais nos incluímos, essas características das respostas, ou seja, das teorias científicas, significam que

⁹ Cf. Kerszberg (1989).

¹⁰ Cf. Pais (1982) e Paty (1993).

estas são representações da natureza. Ao afirmarmos que as teorias científicas são representações, defendemos, entre outras idéias, que a ciência não pode conhecer as essências ou, o que é o mesmo, porque o mundo é tal como ele é realmente. Se não podemos conhecer o mundo tal como ele é realmente, não seria ambíguo e contraditório procurar uma resposta para a questão do início do Universo? Além disso, como compreender a definição de cosmologia como sendo o estudo do Universo, sendo que esse objeto, o Universo, pode ser definido como se segue? “O Universo é a totalidade daquilo que o homem pode observar, daquilo que ele não pode observar, e mesmo daquilo que ele jamais poderá observar”. Quais são as interpretações, ou talvez fosse mais acertado dizer, quais são as definições, que os cosmólogos dão para termos e conceitos como totalidade, início, criação, evolução, entre outros? Essas são questões que ainda constituem tópicos para a discussão entre os cosmólogos¹¹.

Mesmo podendo haver disputa sobre se seria adequado tentar definir o vocabulário da cosmologia, parece que, após o surgimento da TRG, essa tarefa impõe-se. Ela é inescapável. Uma das mais impressionantes conquistas da TRG é que, com ela, o Universo tornou-se uma estrutura submetida principalmente à ação da força gravitacional. Se a TRG faz sentido, e são muitas as suas confirmações experimentais, ela nos obriga a considerar seriamente que podemos responder, ainda que provisória e parcialmente, às questões que estão neste trabalho. Se é natural ao ser humano indagar pela sua origem e pelo seu futuro, por que, então, evitar, ainda mais quando já dispomos de uma base segura, essa nossa inclinação? Não seria anti-natural e, portanto, de antemão condenada ao fracasso, toda tentativa de fugir àquelas questões que, vindo do nosso próprio interior, talvez constituam a nossa especificidade enquanto espécie biológica? Finalmente, em que ocasião seremos mais humanos do que naquela em que nos perguntamos pela nossa origem e pelo nosso destino?

Nesse trabalho, procuraremos apresentar a cosmologia sobre seus ângulos científico e epistemológico. Iniciaremos com uma discussão sobre as relações entre ciência e religião de forma a apresentarmos nossa perspectiva epistemológica, a qual, adiantamos, é a de que teorias científicas são representações da natureza. A partir daí faremos um “mapa” da cosmologia moderna, apresentando seus principais resultados e conclusões à luz de nossa

¹¹ Cf. Ellis (1999).

perspectiva epistemológica. Finalmente, discutiremos a questão da ciência e fé à luz do problema da criação do universo.

2. Ciência e Religião

Poucos são os temas que mais dão margens ao surgimento de polêmicas, aparentemente infundáveis e inúteis, do que aquele que aborda as relações entre ciência e religião. Desde o momento em que a ciência moderna começou a surgir, em meados do século XVI, com os trabalhos em astronomia do cônego polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), que as relações entre as duas nunca mais foram as mesmas. Um dos pontos culminantes das disputas entre a religião, aqui representada pela Igreja Católica, e a ciência, representada pelo projeto de física-matemática, ocorreu com a condenação em 1633 do astrônomo, matemático e filósofo natural Galileu Galilei (1564-1642). Normalmente atribuída à incapacidade da Igreja Católica em aceitar as novidades introduzidas pela astronomia copernicana (esta colocava o sol no centro do universo, e suas conseqüências para a descrição dos movimentos dos corpos na vizinhança da superfície terrestre e mesmo para além dessa região), a condenação de Galileu foi, durante muito tempo, considerado como um ato de profundo obscurantismo, além de injusto, cometido pela Igreja de Roma (vide cap. 8 deste livro). Em boa parte a fama de Galileu – considerado por muitos como sendo, sem exagero, um dos maiores ícones da Civilização Ocidental Moderna, justamente devido ao fato de ter sido perseguido pelos teólogos e padres –, é fruto dessa condenação, a qual não foi desejada por ele mesmo. A condenação é por muitos compreendida como um atentado à liberdade de pensamento. No entanto, nem sempre é observado que Galileu nunca procurou desobedecer às regras do catolicismo. Ao contrário, uma vez que era católico praticante, Galileu tentou encontrar um equilíbrio entre a ciência e a religião, sem que houvesse perdas para ambas¹². Uma carta, hoje famosa, escrita em 1615 à Duquesa Cristina de Lorena, nos apresenta como ele procurou mostrar que as verdades da fé não são

¹² Cf. Festa (2007).

incompatíveis com as verdades da razão¹³. Seu lema era: a fé ensina como ir para o céu; a ciência como vai o céu¹⁴. Talvez tenha sido o fato de nunca ter procurado desobedecer à Igreja Católica que levou Galileu a aceitar, ao menos para o mundo externo, a pena de prisão domiciliar perpétua¹⁵.

Um dos principais responsáveis por essa interpretação da condenação de Galileu foi o Iluminismo francês, movimento político-intelectual muito forte e presente em toda a Europa durante a segunda metade do século XVIII. Para personagens como Voltaire (1694-1778), Diderot (1713-1794) e d'Alembert (1717-1783), entre outros, Galileu deveria ser considerado como um dos principais fundadores da ciência e do pensamento modernos. Sua luta em defesa da astronomia copernicana e da sua própria física relativística é emblemática do poder da razão e da criatividade humanas. O ser humano é capaz de descobrir as verdades do mundo externo sem precisar recorrer a Deus. Bastava-lhe, para isso, usar adequadamente sua razão e confiar naquilo que lhe era apresentado pelos seus sentidos ordinários. Em outras palavras, o ser humano era autônomo na busca pela verdade acerca da natureza. Essa autonomia resultava da conjunção da razão com a observação. Mas, havia outro ponto, igualmente importante e bastante sensível nas relações entre a teologia e a ciência: como fundamentar a certeza de que o homem conhecia verdadeiramente a natureza? Para os defensores das idéias filosófico-científicas da Modernidade e posteriores ao século XVII, a fundamentação epistemológica da ciência deveria passar por outros caminhos, diferentes daquele trilhado, por exemplo, por Descartes. O principal erro cometido pelo filósofo francês, segundo o verbete que lhe foi dedicado na *Encyclopédie*, foi o de ser temente a Deus. Descartes, nas *Meditações Metafísicas*, ao procurar provar que o conhecimento humano é verdadeiro, lançou mão da existência de Deus¹⁶. Sem esta, acreditava ele, não seria possível conhecer verdadeiramente a realidade externa. No século das Luzes, o recurso a Deus passou a ser condenado.

¹³ Cf. Galilei (1983).

¹⁴ Esta frase é muita vezes atribuída a ele, mas na verdade foi proferida anos antes pelo Cardeal Barônio

¹⁵ Cf. Videira (2009b).

¹⁶ Cf. Videira (2000).

Os efeitos do Iluminismo francês no plano intelectual foram avassaladores. A partir daquela época, passou-se a considerar como sendo sinônimas as palavras teologia (ou religião) e atraso. Na sua primeira fase, Auguste Comte (1798-1857), filósofo francês e fundador do movimento positivista, desprezou completamente a religião, que deveria ser compreendida como efeito de uma época atrasada e a ser obrigatoriamente superada¹⁷. A época em que Comte desenvolveu seu pensamento filosófico, a primeira metade do século XIX, coincidiu com a expansão da crença na ciência e nos produtos tecnológicos que decorriam de seu uso. Já por aquele tempo, a vida humana era bastante influenciada pela ciência e pela técnica. De certo modo, a expansão do conhecimento científico está associada à laicização do pensamento e da ética humanos. Para alguns, como é o caso de J. W. Draper (1811-1882), também em meados do século XIX, e partidário da tese de que haveria um conflito permanente entre ciência e teologia, dever-se-ia extinguir todo e qualquer resquício da religião nas atividades intelectuais humanas.

Apesar de alguns cientistas de renome, como Max Planck (1858-1947) e Albert Einstein, terem posteriormente externado opiniões favoráveis à religião--Einstein chegou a afirmar que o sentimento que anima o cientista é o mesmo que existe no religioso--, a primeira metade do século XX testemunhou um recuo da capacidade da religião de fornecer conhecimento. No entanto, no último quartel da segunda metade do século passado, ocorreu um fenômeno curioso e mesmo inesperado: os cientistas, principalmente os físicos, começaram de novo a falar em Deus. Alguns deles, como o físico inglês Stephen W. Hawking (1942-), crêem mesmo que os desenvolvimentos da ciência, em particular da cosmologia quântica, tornarão possível que os cientistas conheçam a mente de Deus¹⁸. Normalmente, essas afirmações são feitas de modo rápido, o que não acontecia no século XVII, sem que sejam apresentadas devidamente as razões para acreditarmos que a ciência, e não mais a religião, poderá conhecer os planos que Deus usou para criar a natureza.

Mas, ao mesmo tempo em que surgiam afirmações como a de Hawking, que logo ganharam repercussão mundial, influenciando nos rumos das idéias e dos debates que se seguiram,

¹⁷ Isto não o impediu de desenvolver uma “religião positivista”.

¹⁸ Cf. Hawking (1988).

começaram a aparecer algumas obras, escritas por filósofos, teólogos e mesmo por cientistas, que analisam as relações entre a ciência e a religião de um modo um pouco mais cauteloso. Com isso, queremos dizer que, nesses trabalhos, não existe a preocupação de verificar-se se a ciência pode, ou não, descobrir os planos traçados por Deus. Não existe igualmente a preocupação de se criticar a religião em nome da ciência ou vice-versa. Tomando como ponto de partida, resultados científicos e filosóficos, entre os quais sobressai-se a tese de que as teorias científicas são representações, os partidários da retomada da análise das relações entre ciência e filosofia afirmam que é preciso deixar para trás os tempos de beligerância.

Algumas dessas análises e discussões, como a realizada por William Stoeger (1943-), têm o objetivo de encontrar espaço para cada uma das partes envolvidas¹⁹. Segundo Stoeger, não existe razão *a priori* para acreditarmos que a ciência ocupou todos os espaços disponíveis para a vida humana. A ciência não deve ser compreendida como um substituto para a religião ou para a filosofia. Por outro lado, a filosofia e a religião devem prestar atenção àquilo que ocorre na ciência; caso contrário, suas análises poderão não ter valor.

Como dito anteriormente, uma tese epistemológica que encontra considerável respaldo na comunidade científica, e na dos filósofos, afirma que as teorias científicas nada mais são do que representações, ou descrições da Natureza. Se uma teoria científica descreve, ou representa a Natureza, não podemos então confundir a representação com o objeto representado, pois eles são entidades diferentes. Se os confundirmos estaríamos fazendo o mesmo que, por exemplo, identificarmos o desenho de uma maçã com a fruta, o que é, obviamente, um erro. O que uma teoria científica procurar capturar são os aspectos mais básicos, ou importantes, de um fenômeno, da mesma forma que um desenho de uma maçã procura descrever a fruta da melhor forma possível, representando sua cor, sua forma e, conforme a qualidade do desenho, sua textura, etc. Portanto, da mesma forma que o desenho da maçã tem uma relação com a própria maçã, e representa algumas características reais da fruta, as teorias científicas representam fenômenos e processos que realmente ocorrem na Natureza. Em outras palavras, as teorias científicas representam o real, e são,

¹⁹ Cf. Stoeger (2002).

portanto, realistas²⁰. Compreendida em sentido estrito, essa tese quer dizer que as teorias científicas não podem conhecer as essências dos fenômenos naturais. Em outros termos, conhecer as causas últimas, outra denominação usual para essências, é impossível. Além disso, da mesma forma que um desenhista escolhe como, e com que estilo, irá desenhar as características que ele vê como mais marcantes em uma maçã, essa tese admite implicitamente que os aspectos considerados básicos de uma teoria ou modelo científicos são definidos por *escolha*.

Se nossas teorias científicas são descrições da Natureza, uma consequência importante dessa tese é a de que é necessário aceitar que nossas teorias e modelos possuem limitações intrínsecas e inevitáveis. Por mais elaborada e detalhada que sejam, nossas teorias ou modelos jamais serão capazes de representar todas as características da Natureza, da mesma forma que o desenho de uma maçã jamais poderá capturar todos os aspectos da fruta. Por exemplo, como um desenho é feito em uma folha plana de papel, ele não pode ser "virado" para podermos olhar do outro lado do desenho da fruta. Além disso, um desenho é feito a partir de um ponto de vista, de uma perspectiva, da fruta, a qual pode mudar se, por exemplo, ao virarmos a maçã descobriremos um bicho-de-fruta no lado oposto, o qual não estava representado no desenho original. O outro lado da fruta pode ser representado, mas por *outro* desenho. Em suma, uma teoria científica, assim como um desenho, não pode representar todas as características da Natureza e é, portanto, limitada e incompleta. Então, existirão sempre novos aspectos a serem incluídos nas teorias, os quais podem não somente complementar os aspectos já representados, refinando-os, como também podem inclusive modificar radicalmente a imagem que temos da Natureza. Isto da mesma forma que um desenho muito detalhado baseado em um olhar atento, mas limitado de, digamos, uma parte da casca da maçã, pode revelar, no próprio desenho, características da fruta as quais, até aquele momento, eram insuspeitas, como por exemplo, variações na cor e textura da casca da fruta.

A tese de que as teorias científicas são representações da Natureza permite extrair outra consequência importante: um mesmo fenômeno natural pode ser representado por mais de

²⁰ Para uma discussão do Realismo, ver Tb. Cap. 14 deste livro.

uma teoria ou modelo. Em outras palavras, há um *pluralismo teórico*. Seguindo nossa analogia com a maçã, como pode haver várias maneiras de desenhar esta fruta, em um estilo, digamos, impressionista, ou um estilo que mais se assemelhe a uma fotografia, a Natureza pode ser representada de mais de uma maneira. Nenhum desses dois estilos é absoluto, no sentido de ser O verdadeiro, sendo ambos representações fidedignas e, em geral, complementares, da maçã real, nunca esgotando, porém, a verdadeira essência da maçã. Desta forma, essa "verdadeira" essência é, em sua totalidade, incognoscível. Sendo assim, a tarefa do processo científico é a de ser uma eterna busca por melhores, mais adequadas, representações da Natureza, sem jamais ser capaz de esgotá-las.

Como é usual acontecer no domínio da filosofia, a tese em questão não é nova, tendo sido apresentada e defendida em outras ocasiões. Filósofos e cientistas, ou melhor, filósofos-cientistas como d'Alembert²¹, Kant, Hertz e Boltzmann²² foram seus partidários. No entanto, é triste notar que esta rica tradição sofreu uma descontinuidade durante o século XX. Talvez isso tenha ocorrido por um descuido ocasionado por certa negligência do papel da filosofia como elemento mediador, tese a qual Stoeger defende firmemente, em particular sobre o papel da teologia no mundo moderno e a sua necessidade de conviver, sem negar, com os avanços trazidos pela ciência. Talvez agora seja o momento oportuno de resgatar essa tradição e divulgá-la amplamente, de forma que se inicie um efetivo e frutífero diálogo entre as diversas formas de conhecimento.

Dentre os nomes que mencionamos acima--todos eles merecedores de serem considerados individualmente--, gostaríamos de chamar a atenção para o de Ludwig Boltzmann (1844-1906), pois, em suas mãos, a idéia de que as teorias científicas são representações possui uma implicação pouco usual: ela pode combater o dogmatismo, na medida em que, como dito acima, favorece uma postura pluralista²³. Ou seja, os mesmos fenômenos naturais podem ser descritos e explicados de maneiras diferentes. Diante de uma situação na qual torna-se impossível escolher uma teoria a partir de critérios estritamente científicos, devem os cientistas apelar para outros, situados além dos domínios da ciência. Ao final de sua

²¹ Cf. Paty (2005).

²² Cf. Videira (2006a).

²³ Cf. Ribeiro & Videira (1998).

vida, Boltzmann chegou mesmo a afirmar que a escolha por uma teoria científica poderia ser também determinada por critérios pessoais.

3. Cosmologia: a Física do Universo

O que é cosmologia como uma disciplina científica? Como podemos, através das leis físicas conhecidas estudar o Universo? Que conclusões podemos retirar deste estudo? Como podemos saber se este estudo e as conclusões obtidas fazem sentido e têm confirmação experimental ou astronômica? Estas são perguntas típicas formuladas pela cosmologia moderna e cujas respostas nos ajudam a definir o próprio objeto da cosmologia, isto é, a parte da Natureza que a cosmologia procura estudar e explicar.

Podemos afirmar que 1917 foi o ano do nascimento da *cosmologia moderna*, pois foi quando Einstein publicou um artigo no qual as suas recém propostas equações do campo gravitacional eram usadas para estudar a física do Universo. Os resultados contidos neste artigo são hoje conhecidos como o *modelo cosmológico de Einstein* e as equações do campo gravitacional utilizadas neste modelo foram as mesmas que deram origem à TRG. Nesse trabalho, o físico alemão assumiu que *o Universo pode ser tratado como um objeto único*, uma entidade física única, e que o estudo do *Universo como um todo* é possível de ser feito por meio das leis da física. Além disso, Einstein estabeleceu o problema, apresentando as duas perguntas básicas que norteiam a pesquisa em cosmologia até os dias de hoje. Assim, *o objetivo da cosmologia moderna é o de obter a estrutura geométrica e a distribuição de matéria do universo*. Como veremos abaixo, as respostas dadas por Einstein a essas duas perguntas em seu artigo de 1917 foram inteiramente insatisfatórias e hoje são consideradas ultrapassadas. No entanto, embora as respostas atuais sejam bastante diferentes, as perguntas ainda são essencialmente as mesmas que as formuladas originalmente por Einstein.

Além de formular as perguntas básicas, Einstein fez outra contribuição fundamental à cosmologia, pois somente foi possível a Einstein iniciar, e a seus sucessores continuar, este estudo porque foram formuladas, implícita ou explicitamente, várias hipóteses

fundamentais as quais permitem, e até certo ponto definem, o escopo da cosmologia. Na história da cosmologia moderna, a existência destas hipóteses foi frequentemente objeto de grande controvérsia e debate, na medida em que algumas têm um caráter mais filosófico do que físico, com uma difícil comprovação observacional²⁴. No entanto, tais hipóteses são absolutamente essenciais, e sem elas não é possível sequer o início do estudo sobre a física do Universo. Vamos discutir a seguir essas hipóteses fundamentais da cosmologia.

3. As Hipóteses Cosmológicas

A *primeira* hipótese básica em cosmologia assume que as leis físicas localmente verificáveis, isto é, verificáveis dentro dos limites do Sistema Solar, são igualmente válidas em regiões muito mais distantes, ou seja, em regiões onde a sua validade não foi verificada ou onde não podemos testá-las com os meios tecnológicos atuais. Assim, pode-se dizer que a cosmologia científica moderna consiste no estudo de todos os objetos e grupos de objetos físicos, incluindo o mais remoto, nos quais as nossas leis físicas têm significado e podem ser aplicadas de maneira consistente e bem sucedida. A justificativa desta hipótese deve ser observacional, ou seja, a astronomia e astrofísica devem nos fornecer dados que possam justificar esta premissa. Como veremos, dados observacionais obtidos por meio da cuidadosa, paciente e sistemática observação dos céus feita por gerações de pesquisadores por meio de telescópios e, mais recentemente, satélites artificiais, nos permitem validar esta hipótese em termos gerais, mas não de forma completamente satisfatória e adequada.

A *segunda* premissa básica em cosmologia é a de que os objetos cosmológicos interagem gravitacionalmente. Isto é consequência da constatação de que das quatro forças fundamentais conhecidas pela física, a saber, as forças gravitacional, eletromagnética e nucleares forte e fraca, somente a gravidade e a força eletromagnética têm longo alcance, mas considerando a evidência empírica de que os objetos celestes são eletricamente neutros, a gravidade é, portanto, a interação física mais importante entre os objetos cosmológicos. A teoria gravitacional mais utilizada é a TRG, que é uma generalização da teoria da relatividade especial proposta por Einstein em 1905. Dito isto, não é coincidência o fato de que a cosmologia efetivamente nasce como disciplina científica somente *após* o

²⁴ Cf. Dingle (2005) e Videira (2005a).

aparecimento da TRG, a qual permitiu Einstein pensar o Universo em termos físicos e usar grandezas físicas típicas como energia e densidade para descrever o Universo.

A *terceira* hipótese cosmológica não se restringe apenas a uma única. Na verdade, ela abarca um conjunto de *pressuposições físico-matemáticas*, que na prática tem o objetivo de simplificar matematicamente o problema a ser resolvido, embora raramente isso seja claramente exposto. Assim, ao invés de algumas delas serem simplesmente colocadas como sendo uma escolha simplificadora, alguns autores recorrem a justificativas baseadas em argumentos de razoabilidade, onde esta última tem freqüentemente um caráter subjetivo e expressa opiniões filosóficas subjacentes. Por isso algumas destas pressuposições são motivo freqüente de controvérsia, pois não há uma validação observacional direta, mas, na melhor das hipóteses, indireta. No entanto, elas são essenciais, pois sem elas não seria possível obter soluções das equações do campo gravitacional fornecidas pela teoria gravitacional subjacente. Isso ocorre porque as equações da TRG são bastante complexas e de difícil solução, necessitando, portanto, de serem simplificadas matematicamente.

A primeira destas pressuposições matemáticas, e de longe a mais controversa no sentido discutido acima, consiste na adoção de algum tipo de *princípio de simetria*, necessário na prática para simplificar matematicamente as equações, princípios os quais são freqüentemente justificados *a posteriori* como “razoáveis” transcrições matemáticas do *princípio Copernicano*, o qual afirma que não existem observadores privilegiados no Universo. Aqui a palavra simetria deve ser entendida no sentido matemático. Por exemplo: uma bola possui simetria esférica porque ela pode girar ao longo de qualquer dos três eixos espaciais sem que nós notemos mudanças em seu formato. Da mesma maneira, um tubo que gira ao redor de seu eixo principal tem simetria cilíndrica neste eixo.

A mais popular destas transcrições matemáticas do princípio Copernicano é o *princípio cosmológico*, o qual, na prática, consiste em uma justificativa da *escolha* da geometria do universo como sendo a de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, mais conhecida pelas suas iniciais FLRW.²⁵ Em outras palavras, o princípio cosmológico consiste basicamente

²⁵ Alexander A. Friedmann (1888-1925) foi o matemático russo que primeiro propôs, em 1922 e 1924, soluções das equações da TRG nas quais o Universo não era considerado estático, como Einstein fez em seu modelo original, mas em expansão. Estas *soluções de Friedmann* mostraram que não era necessário utilizar

na *escolha* de uma determinada geometria, a qual pressupõe todos os pontos como sendo matematicamente equivalentes. A geometria FLRW implica em: a) simetria esférica ao redor de infinitos pontos; b) que a matéria constituinte do universo é distribuída homogênea e isotropicamente ao redor de todos os pontos dessa geometria²⁶. Deve-se enfatizar que o princípio cosmológico é *apenas uma* entre as várias possíveis transcrições matemáticas do princípio Copernicano e que, portanto, esses dois princípios não devem ser confundidos, como freqüentemente ocorre. Todas as cosmologias virtualmente assumem algum tipo de simetria e a maioria procura seguir o princípio Copernicano, mas somente os modelos FLRW seguem o princípio cosmológico. Por exemplo, a cosmologia do *estado estacionário*, muito em voga nos anos 1950 e 1960, se baseia no *princípio cosmológico perfeito* que interpreta o princípio Copernicano de maneira distinta, transcrevendo matematicamente as suas simetrias para uma geometria diferente que a FLRW. A razão para a proeminência atual do princípio cosmológico decorre do fato de que os modelos FLRW são os que mais se aproximam dos dados obtidos astronomicamente, o que faz com que eles sejam os modelos mais estudados e aceitos atualmente.

A segunda destas pressuposições é de natureza mais física e assume que o Universo pode ser modelado como um fluido, com as galáxias sendo seus elementos constituidores, isto é, elas são as “moléculas” desse fluido. A partir desta hipótese, pode-se, portanto, descrever

um termo cosmológico Λ na TRG para se poder estudar o Universo, como Einstein fez em seu artigo de 1917. Curiosamente, Einstein reagiu de forma tão desfavorável à sugestão de Friedmann de que o Universo poderia se expandir que publicou um artigo afirmando que se tratava de uma solução espúria pois conteria cálculos incorretos. No entanto, mais surpreendentemente ainda, foi o próprio Einstein quem cometeu erros de cálculo em sua análise do trabalho de Friedmann, tendo se retratado por escrito alguns meses depois. Friedmann, no entanto, não chegou a saber que seu trabalho se tornaria um dos pilares da cosmologia moderna, pois morreu de febre tifóide, logo após a publicação de seu segundo artigo sobre cosmologia, em um surto epidêmico ocorrido na caótica situação vivida pela Rússia após a revolução de 1917 e subsequente guerra civil. O mesmo tipo de solução contendo expansão foi independentemente proposta pelo físico, matemático e padre belga Georges E. Lemaître (1894-1966) em 1927 e 1929. Ao contrário de Friedmann, Lemaître não se restringiu apenas em obter uma solução matemática, mas analisou suas implicações físicas e chegou à conclusão de que poderia ter existido um *átomo primordial* a partir do qual o Universo teria se expandido. Finalmente, em 1935 o matemático norte-americano Howard P. Robertson (1903-1961) e o matemático inglês Arthur G. Walker (1909-2001) demonstraram independentemente que as soluções de Friedmann e Lemaître eram as mais gerais compatíveis com as idéias de homogeneidade e isotropia.

²⁶ Por *isotropia* entende-se a inexistência de alguma direção privilegiada. Ou seja, para qualquer direção que venhamos a observar veremos uma distribuição de pontos equivalente às outras direções. A simetria esférica é isotrópica, pois para qualquer eixo que, por exemplo, uma bola gire o formato visto é idêntico. Já a simetria cilíndrica é *anisotrópica*, pois o formato visto a partir do eixo principal ao longo do cilindro é diferente do formato visto por um eixo que “corte” o cilindro ao meio. Por *homogeneidade* entende-se uma distribuição cuja densidade não varie de ponto a ponto, ou seja, é constante.

esse *fluido cosmológico* por meio de grandezas físicas típicas como densidade, pressão e temperatura. Em casos mais complexos, considera-se um fluido com efeitos de viscosidade ou fluxo de calor entre as moléculas constituidoras deste fluido, isto é, entre as galáxias.

Os modelos FLRW seguem o princípio cosmológico e a aproximação de fluido. Como existe um grande corpo de evidências astronômicas associadas, eles são certamente os modelos mais conhecidos em cosmologia a ponto de serem chamados genericamente de *modelo cosmológico padrão*. A cosmologia padrão é hoje em dia tão bem sucedida teórica e observacionalmente que é inclusive comum se confundir cosmologia com o modelo padrão, o que, como vimos acima, é injustificável. A TRG, os mais variados princípios de simetria e a aproximação de fluido nos permitem obter um número muito maior de modelos cosmológicos diferentes da geometria FLRW, onde esta última passa a ser conhecida como sendo um caso particular. Todavia, os modelos padrão dão, de certa forma, o “tom” em cosmologia moderna, no sentido de que seus resultados são os mais bem estudados e aceitos. Em geral, outras cosmologias usam os modelos FLRW como referência. A seguir discutiremos os principais resultados da cosmologia padrão e suas evidências observacionais.

3.2 Características dos Modelos FLRW

Como vimos acima, os modelos FLRW implicam em isotropia e homogeneidade da distribuição de matéria no universo. Como eles assumem a aproximação de fluido, segue-se daí que as galáxias estão distribuídas de maneira homogênea e isotrópica. Enquanto que, como veremos abaixo, há muitas evidências para a isotropia da distribuição da matéria, a sua homogeneidade é mais incerta, pois o que o modelo prevê é que, em cada momento, o espaço tridimensional seja uniforme e tal previsão é de difícil validação empírica.

Outra característica do modelo padrão é a de que o Universo encontra-se em expansão, ou seja, é *dinâmico* e seu conteúdo material muda com o tempo. Em outras palavras, o modelo evolui. A dinâmica do universo pode ser determinada por três sub-modelos:

1. *sub-modelo aberto*: o universo encontra-se em expansão eterna;

2. *sub-modelo plano*: o universo também se expande eternamente, mas somente com a energia mínima necessária para tal, enquanto que no caso acima a energia para manter a expansão eterna é acima da mínima;
3. *sub-modelo fechado*: a expansão do universo vai decrescendo até que ele atinge um máximo. A partir daí o universo inicia uma contração.

O que distingue os três casos acima é a quantidade de matéria existente no universo. É a partir destes três sub-modelos que se define o conceito de *massa crítica*, acima da qual o universo vai finalmente paralisar sua expansão e iniciar um processo de contração, e abaixo da qual o universo se expande eternamente. O caso intermediário, denominado de universo plano, define a massa crítica: se o universo tiver massa inferior ao do modelo plano, então é aberto. Se for superior, é fechado. Uma vigorosa área de pesquisa em cosmologia tem sido a tentativa de determinar qual dos três tipos mais se aproxima ao universo observado. Até o fim da década de 1990 os dados tendiam a favorecer o modelo aberto, embora argumentos teóricos sustentassem que o universo deveria ser plano. A chamada *cosmologia inflacionária* sustenta que o universo deve ser plano. Tal modelo se baseia em argumentos provenientes da física de partículas elementares e prevê que em um passado remoto o processo de expansão teria sido extremamente rápido, porém ocorrido em um período muito pequeno de tempo, ou seja, teria havido uma rápida “inflação” do universo, de onde o termo se originou. Uma das escolas atuais em cosmologia sustenta que modelos do tipo inflacionário (há vários sub-modelos dependendo do tipo específico de equações com que se iniciam os cálculos, todos porém contendo uma expansão rápida em um período remoto) são a melhor maneira de se estudar a física do universo. Se assumirmos, por argumentos teóricos, que o universo é plano e, ao mesmo tempo, observamos matéria compatível somente com o modelo aberto, uma maneira de resolver esta contradição é supormos que existe matéria invisível, que não emite luz. Em outras palavras, neste cenário existiria *matéria escura*. Proponentes de modelos inflacionários argumentam que mais de 90% da matéria do Universo seria escura.

Recentemente, mais precisamente na última década do século XX, observações astronômicas precisas de explosões estelares que ocorrem em galáxias distantes, conhecidas como supernovas Ia, levaram à conclusão de que o universo pode estar se *acelerando*, ou

seja, a matéria estaria se afastando mais rapidamente entre si do que o previsto no sub-modelo aberto. Para que isso ocorra foi necessário se hipotetizar a existência de uma força de expansão proveniente de algum tipo de matéria não detectável diretamente e de natureza desconhecida. Essa matéria interagiria gravitacionalmente, gerando uma energia de aceleração proveniente desse material ainda não detectado. Tal energia foi batizada de *energia escura*. Uma vigorosa pesquisa teórica e observacional, envolvendo vários telescópios espalhados pelo mundo e o lançamento de satélites artificiais dedicados, se iniciou na primeira década do século XXI com o objetivo de procurar rastrear a natureza e composição dessa possível energia escura.

Uma conclusão imediata que emerge da constatação da existência da expansão é que o universo deve ter estado “concentrado” no passado, tendo, por motivos não esclarecidos, se iniciado um processo de expansão em determinada época. Este é o átomo primordial sugerido por Lemaître. Deve-se enfatizar que o átomo primordial não necessariamente implica em um ponto ou uma “origem”, pois o universo poderia ter estado em estado estático, sem contração ou expansão, até que algum evento tenha dado início a uma expansão. No entanto, cálculos posteriores mostraram que os três sub-modelos FLRW, apresentados acima, implicam que esta concentração de matéria teria ocorrido em um tempo finito do passado, onde toda a matéria do universo estaria neste ponto, o qual teria densidade e temperaturas infinitas. Desta constatação matemática nasce o conceito do *big bang*, que é interpretado por muitos como sendo a *criação do Universo*.²⁷ No caso dos modelos fechados, se em algum momento o universo parar a expansão e iniciar um processo de contração, então quando o universo estiver todo contraído de volta a um ponto haveria então uma “grande implosão”, ou *big crunch*.

É importante observar que o *big bang* e o *big crunch* são noções *matemáticas*. O modelo teórico prevê estes estados como sendo casos limites, isto é, se o processo de evolução do Universo continuasse, e isto sob o implacável ponto de vista da lógica. Porém, a teoria não é capaz de dizer nada sobre o que eles significam ou como e porque eles podem ter aparecido. A própria física não pode ser feita *no big bang*, pois não se conhece nenhum

²⁷ Apesar de o termo “big bang” ter por “grande explosão” o seu equivalente em português, a expressão em inglês tornou-se hoje tão notória e auto-explicativa que nos parece apropriado manter o termo original.

sistema físico que tenha densidade e pressão infinitos. Associar ao big bang uma idéia de “criação” é, na verdade, uma interpretação que tem bases, ou raízes, filosóficas. Não se “faz” física no *big bang*, mas *após* o big bang, mesmo que em um instante de tempo extremamente pequeno. Deve-se, no entanto, observar que teorias baseadas na física quântica aplicadas à cosmologia, a chamada *cosmologia quântica*, tentam superar essas limitações. No entanto, até o momento esta abordagem não produziu resultados satisfatórios.

3.3 Evidências Observacionais do Modelo Cosmológico Padrão

Como discutido acima, a primeira grande conclusão do modelo padrão estabelece que *o Universo está em expansão*. Certos cálculos feitos a partir da geometria FLRW permitem obter uma relação entre a distância e a frequência da luz emitida pelas galáxias, a qual pode ser transformada em velocidade. Isso nos leva à famosa relação entre velocidade de recessão e distância, comprovada empiricamente pelos trabalhos do astrônomo norte-americano Edwin P. Hubble (1889-1953) ao final da década de 1920. A descoberta da expansão do universo liquidou de vez com a credibilidade do modelo estático proposto por Einstein em 1917, o primeiro modelo cosmológico, que tem hoje apenas valor histórico e didático.

A segunda conclusão importante refere-se à *evolução do Universo*. A própria expansão sugere essa conclusão. No entanto, expansão não necessariamente implica em evolução, pois o modelo cosmológico *tipo* estado estacionário, mencionado acima, também prevê expansão. Nesse modelo, porém, o universo não evolui. Foi a observação de galáxias distantes que emitem na frequência do rádio que mostrou que quanto mais distante a fonte, maior a sua densidade, um resultado consistente com a cosmologia padrão, mas não com o modelo do estado estacionário.

Os dados também nos mostram que *o Universo é isotrópico*. Isotropia significa igualdade em todas as direções, ou seja, não existe diferença observacional ou teórica entre duas direções. A contagem de galáxias em diferentes regiões do céu nos mostra empiricamente

que não existe nenhuma direção privilegiada e o fato de existir uma radiação de fundo na frequência das microondas, associada aos estágios iniciais do universo, a qual é detectada isotropicamente, fornece uma segunda evidência para a isotropia do universo.

Dois grupos de evidências astronômicas também indicam que *o Universo passou por uma fase densa e quente*. A primeira evidência é a própria radiação de fundo mencionada acima, a qual tem como sua melhor explicação a sua origem cosmológica (outras tentativas falharam até o momento) e indica que esta teve uma temperatura mais alta no passado e, portanto, o universo foi mais quente. De acordo com o modelo FLRW, temperaturas mais altas estão vinculadas a maiores densidades, devido ao efeito reverso da expansão, isto é, no passado, o universo estaria mais concentrado. A segunda fonte de evidência é a composição química da Terra, dos meteoritos, do sistema solar, das estrelas distantes e, com menos precisão, das galáxias. Esta composição é bem explicada pela existência de fusões nucleares em uma bola de fogo primordial, as quais produzem genericamente as abundâncias químicas observadas. Assim, a composição química observada seria resultado do processamento nuclear da matéria em uma época densa e quente. Por meio desse resultado pode-se estabelecer a *história térmica do universo* onde os resultados provenientes da física de partículas elementares permitem descrever as diversas fases de expansão e resfriamento. Estas provêm o cenário que permite a ocorrência de vários tipos de interações físicas entre as partículas elementares e a luz levando a formação dos elementos leves, como hidrogênio e hélio, e finalização da forte interação entre luz e matéria, o chamado *desacoplamento*.

Há, finalmente, alguma evidência de que *o Universo é homogêneo*. Deve-se dizer, contudo, que atualmente não existe uma unanimidade entre os cosmólogos a respeito desse ponto. Uma corrente de pesquisadores argumenta que as evidências empíricas apontam para o contrário, isto é, que *o Universo teria uma distribuição não-homogênea da matéria*. Alguns físicos vão ainda mais longe e afirmam que além de ser não-homogênea, a distribuição seria *fractal*. A fonte desta controvérsia encontra-se na dificuldade em se analisar os dados astronômicos. É muito mais fácil e menos ambíguo discutir a isotropia, que implica em um estudo de projeções, do que homogeneidade, já que seria necessário conhecer em detalhes a distribuição da matéria nas regiões remotas do Universo. O problema é que, quanto mais

distante nós observamos, mais incertos são os dados obtidos e, como veremos a seguir, o que observamos e como interpretamos os dados obtidos observacionalmente depende da teoria utilizada. Levando-se em consideração as objeções mencionadas, uma parte da comunidade argumenta que, como a geometria FLRW já implica matematicamente em homogeneidade, não podemos usar esta própria geometria para verificar a homogeneidade, pois neste caso estamos argumentando de forma circular.

Mesmo assim, e como todas as evidências acima apontam no sentido de validar a geometria FLRW e esta implica em homogeneidade, é comum acreditar-se que isso constitui suficiente evidência *teórica* em favor da homogeneidade. Sem dúvida nenhuma, há argumentos convincentes neste sentido, e a própria relação descoberta por Hubble entre a distância e a luz emitida pelas galáxias, a *lei de Hubble*, somente parece ser verdadeira, caso a matéria seja homogeneamente distribuída. No entanto, a descoberta da aceleração do universo fez diminuir a força dos argumentos em favor da homogeneidade, visto que modelos não-homogêneos podem explicar os dados obtidos pela observação de supernovas sem recorrer à hipótese da aceleração. Isso fez reacender o interesse por modelos inomogêneos, gerando um vigoroso surto de investigação desses modelos, processo esse ainda em andamento. A conclusão mais segura que podemos hoje em dia formular é que o tema da homogeneidade encontra-se em debate e não há consenso entre os diferentes pontos de vista.

4. Fundamentos Conceituais da Cosmologia

Afirmamos que a *cosmologia moderna* nasceu em 1917, pois nesse ano Einstein empregou as recentemente propostas equações do campo gravitacional para estudar a física do Universo. Nesse trabalho (Einstein 1917), o físico alemão assumiu que o Universo poderia ser tratado como um objeto único. Assim, em um período de aproximadamente dois anos, Einstein não só estabeleceu através de idéias e métodos geométricos uma nova teoria física para o tratamento de fenômenos gravitacionais, a TRG, como também estabeleceu as bases de uma nova disciplina científica: a *cosmologia*. Unicidade e totalidade passam a integrar o vocabulário da física.

Este artigo significou um marco histórico, pois foi a primeira vez onde a idéia de *totalidade*, presente até aquele momento apenas nas cosmologias mitológicas e filosóficas, ganhou uma consistente e coerente interpretação físico-matemática. A partir do trabalho de Einstein em 1917, o Universo transformou-se em um objeto físico, passível de ser descrito e estudado por meio de grandezas físicas típicas como energia, pressão, densidade, temperatura, entre outras, e conceitos e métodos matemáticos e geométricos, como equações diferenciais, tensores e curvatura.

A cosmologia moderna nasce somente após o aparecimento da TRG. Isto ocorreu não porque antes de Einstein não tivesse havido tentativas de tornar a cosmologia uma disciplina científica, mas porque das quatro forças fundamentais conhecidas pela física, a saber, as forças gravitacional, eletromagnética e nucleares forte e fraca, somente a gravidade e a força eletromagnética têm longo alcance, como visto acima. Da mesma forma, vimos que os objetos celestes são, até onde podemos observar astronomicamente, eletricamente neutros, e assim a gravidade é a única interação física assumida preponderante entre os objetos astronômicos fundamentais: as galáxias. No entanto, para se pensar o universo físico, o qual, por definição, é infinito, como sendo regido basicamente por interações gravitacionais, a teoria da gravitação universal, proposta por Isaac Newton (1642-1727) cerca de 250 anos antes de Einstein, não é suficiente, pois ela é notoriamente problemática ao lidar com sistemas infinitos, o que não ocorre com a TRG. Assim, é o aparecimento desta última que finalmente permite que a interpretação física de idéias como “Universo” e “totalidade” sejam colocadas em bases físicas seguras, na medida em que, pela própria natureza geométrica global das equações de campo de Einstein, a cosmologia torna-se intrínseca à própria geometria que compõe a TRG.

4.1 Universo e Totalidade

Vimos na seção anterior que a cosmologia moderna entende o conceito de totalidade como sendo o Universo, isto é, como o conjunto de todos os objetos que nos cercam e se influenciam mutuamente. Esse conjunto é *como* uma entidade física única, a qual pode ser descrita através de conceitos e métodos da geometria diferencial, cujos fundamentos foram estabelecidos por Georg F. B. Riemann (1826-1866), e variáveis físicas típicas, tais como

densidade, energia e pressão. Essas últimas têm seu comportamento regido pelas soluções das equações diferenciais do campo gravitacional oriundas, em sua maioria da TRG. A conceituação desse universo físico se desdobra, portanto, em dois pilares conceituais fundamentais, os quais, ao mesmo tempo em que o definem, o descrevem e também o sustentam. O primeiro é o *empírico/observacional*, isto é, aquilo que relaciona o universo físico com a natureza. O segundo é o *representativo*, onde se encontram a matemática e as teorias físicas subjacentes. Mais especificamente, podemos dizer que o universo físico da cosmologia moderna apoia-se sobre as seguintes bases:

- Aquilo que podemos observar astronomicamente nos céus e relacionar experimentalmente com a física conhecida e descrita nos laboratórios terrestres. Por exemplo, quando captamos e estudamos por meio de instrumentos especiais a luz das galáxias distantes podemos concluir se existe ou não algum elemento conhecido na Terra, como o cálcio ou o lítio, apenas comparando as propriedades da luz emitidas por estes mesmos elementos em laboratórios terrestres;
- Aquilo que podemos concluir quando usamos as teorias físicas conhecidas, em particular a TRG, e a sua subjacente expressão em linguagem e conceitos matemáticos. Por exemplo, ao usarmos a *geometria Riemanniana*, a qual define e descreve matematicamente o conceito de curvatura, junto à hipótese relativística de que o espaço e o tempo são indissociáveis, obtemos uma descrição geométrica do espaço-tempo como tendo quatro dimensões (uma temporal e três espaciais) onde podemos falar de uma curvatura neste mesmo espaço-tempo. É esta curvatura quadri-dimensional que define gravidade na TRG.

Estes dois aspectos acima são fundamentais, intrínsecos e indissociáveis na cosmologia moderna. A geometria Riemanniana contribui com a sua capacidade de formular e descrever precisamente conceitos como o de espaço infinito, porém limitado,²⁸ e a TRG relaciona os conceitos matemáticos da geometria Riemanniana com a física, isto é, com cálculos e resultados que podem ser medidos em experiências laboratoriais ou observações

²⁸ Uma maneira simples de entender esta idéia é a de pensarmos em uma formiga caminhando sobre a superfície de uma laranja. O “espaço” em que a formiga pode caminhar, a superfície da laranja, é infinito pois ela pode andar eternamente dando voltas sobre esta superfície, mas ao mesmo tempo limitado pois a formiga não pode sair da superfície da laranja.

astronômicas. É importante mencionar que o sucesso da TRG foi não somente o de dar um caráter físico a idéias que até então eram consideradas pura matemática, como prever efeitos que foram posteriormente observados, como o avanço do periélio do planeta Mercúrio e a curvatura da luz das estrelas nas proximidades do sol. É esta formulação da física em bases geométricas (a assim chamada *geometrização da física*, iniciada em 1908 pelo matemático alemão Hermann Minkowski (1864-1909), e que exprime a relatividade especial de Einstein em bases geométricas e efetivamente abre caminho para a TRG), que permitiu a Einstein poder, nove anos depois, superar os problemas encontrados por seus antecessores, os quais tentaram construir uma cosmologia baseada na física de Newton, e aplicar a TRG ao Universo, concebendo assim o primeiro modelo da *cosmologia relativística*.

Com relação à parte observacional, o Universo natural mais amplo possível deve ser incluído no universo físico, e por mais amplo possível deve-se entender o mais *distante* possível. Deve-se notar aqui que o termo “distância” deve ser entendido no seu sentido relativístico, ou seja, distância espacial e “distância” temporal. Isso significa que tanto os objetos situados longe de nós quanto os do nosso passado remoto fazem parte da totalidade cosmológica.

Daquilo que expusemos acima podemos concluir que não é possível haver uma distinção clara entre os conceitos físicos e os correspondentes *modelos de universo*. Os conceitos físicos, particularmente os providos pela TRG, são necessários para se conceber e entender o universo físico. As teorias físicas tornam-se então irremediavelmente mescladas com as suas correspondentes aplicações, o que implica que no caso da cosmologia aquilo que entendemos por *universo observável* não pode existir independente de uma construção teórica. Anteriormente afirmamos que antes do aparecimento da TRG não havia cosmologia, isto é, não havia uma disciplina científica que discutia *a física do Universo*. Embora o Universo exista independentemente de nós, só se tornou possível sondá-lo e estudá-lo por meio de um aparato teórico, isto é, por meio da interpretação teórica. Assim, em cosmologia, como em toda e qualquer ciência, é a teoria que determina o que é observacional, ou mesmo o que é observável. Ao mesmo tempo, a *cosmologia observacional* sugere que partes da teoria necessitam de atualização e revisão. Portanto, em

cosmologia, teoria e observação interagem em mão dupla, uma modificando, concebendo e limitando a outra. O conceito de horizonte, que será discutido a seguir, mostra de forma enfática como em cosmologia se faz presente esta vinculação de definição e limitação entre teoria e observação.

4.2 Horizontes e Universo Observável

Um dos postulados básicos da TRG afirma que a velocidade da luz é constante. Todos os observadores, parados ou se movendo em velocidade constante, que estiverem realizando experimentos físicos para medir a velocidade da luz, obterão o mesmo resultado. Este postulado foi enunciado por Einstein em 1905 quando ele publicou os primeiros resultados das suas pesquisas teóricas que deram origem à sua teoria da relatividade especial. Essa teoria é amplamente verificada experimentalmente, não restando dúvidas na comunidade científica acerca da sua validade. A velocidade da luz, embora muito alta, não é infinita. Assim, a transmissão de um sinal deve ocorrer em um tempo finito, para todos os observadores, pois todos medem o mesmo valor para esta velocidade.

Este postulado tem outra consequência importante. Suponhamos que uma estrela distante, por exemplo, na outra extremidade de nossa Galáxia, exploda em forma de uma supernova. Como a velocidade da luz é finita e a distância envolvida é imensa, a luz proveniente desta explosão demorará algum tempo para nos atingir. Este tempo dependerá da distância e pode ser equivalente a centenas de anos. Isto significa que por centenas de anos nós aqui na Terra não teremos nenhuma *informação*, a qual é “carregada” pela luz, acerca deste evento explosivo. Em outras palavras, algo terá ocorrido do outro lado de nossa Galáxia o qual demorará o tempo, talvez centenas de anos, que a luz percorre até nós para podermos tomar conhecimento da existência deste fenômeno. No jargão técnico da relatividade, diz-se que no momento (local) da explosão esta estrela estava fora de nosso *horizonte*.

Os horizontes são uma consequência da finitude da velocidade da luz, e implicam que nós não temos conhecimento imediato de tudo o que ocorre no Universo. Só saberemos da existência de determinados fenômenos em nosso futuro. Esta é uma limitação *teórica* intrínseca à relatividade. Se, no entanto, a cosmologia concebe o Universo

como um todo, a totalidade, e ao mesmo tempo concebe a existência de horizontes, é inescapável a conclusão de que, ao abordar regiões infinitamente distantes de nós, a cosmologia nos obriga a concluir que só saberemos algo sobre estas regiões em nosso futuro, já que atualmente elas estão fora de nosso horizonte. Este conceito, levado ao seu limite, diz que, se uma determinada região do universo enviar um sinal que demore, digamos, um tempo superior ao da existência de nosso Sistema Solar, isto é, se o sinal só chegar a Terra quando o Sol e seus planetas não mais existirem, teremos então que aceitar a idéia de que podem existir regiões do universo suficientemente distantes sobre as quais nós *nunca* obteremos qualquer informação, pelo menos aquelas que viajam à velocidade da luz.²⁹ Os horizontes implicam, portanto, em regiões que somente tornar-se-ão conhecidas futuramente, ou mesmo em regiões que permanecerão para sempre incognoscíveis. Sendo assim, o que chamamos de universo observável é apenas uma *parte* da totalidade universal. Em outras palavras, somente aquela região do Universo cuja luz *hoje* nos alcança ou nos alcançou no passado.

4.3 Singularidades e o Big Bang

Como vimos acima, o conceito de horizonte é intrínseco à cosmologia e, portanto, a teoria indica algumas de suas próprias limitações. No entanto, os horizontes não são os únicos conceitos onde, pode-se assim dizer, a teoria se auto-limita. As singularidades, isto é, regiões do espaço-tempo onde as grandezas físicas deixam de ser definíveis, também são limitações da teoria. Exemplos de singularidades são os objetos conhecidos como *buracos negros* e o próprio *big bang*. Ambos aparecem como resultados de aplicações específicas da TRG. Sendo assim, a seguinte questão se coloca: será possível evitar as singularidades da

²⁹ Desde o aparecimento da teoria da relatividade que se especula sobre a possível existência de partículas que viajariam a velocidades maiores que a da luz, os *táquions*. No entanto, até hoje não há qualquer evidência experimental que traga suporte à existência destas partículas. Mas, mesmo que elas existam, isso não eliminaria os horizontes, pois tais partículas não carregariam informação. Mais recentemente, indícios teóricos sugerem que a TRG não impede que objetos materiais viagem, sob certas condições, com velocidades super-luminais, ou seja, maiores do que a velocidade da luz. Tal é a situação das chamadas geometrias com *dobra espacial* (tradução livre do termo original *warp drive*), termo este emprestado da literatura de ficção científica. Para a surpresa de muitos, a TRG não parece impedir a possibilidade de que possa ser criada uma distorção espaço-temporal artificial, ou seja, uma dobra espacial, localizada em região limitada do espaço-tempo e que se move nele com velocidade super-luminal. Para isso, no entanto, parece ser necessária a existência de matéria a que os físicos chamam de “exótica”, isto é, com massa negativa. A teoria quântica de campos advinda da física de partículas elementares sugere que densidade de matéria negativa pode existir no chamado *efeito Casimir*. Se tal matéria de fato existe é algo ainda inteiramente incerto.

TRG através de alguma hipótese teórica, manipulação matemática, ou outra hipótese qualquer? Ou serão as singularidades intrínsecas à relatividade, não podendo ser eliminadas? Nesse segundo caso então as singularidades serão intrínsecas à cosmologia.

Procurando responder a esta questão, Stephen W. Hawking (1942-) e Roger Penrose (1931-) obtiveram um conjunto de teoremas, conhecidos como *teoremas de singularidades de Hawking-Penrose*, os quais demonstram que as singularidades *não* podem ser removidas das teorias gravitacionais geométricas. Portanto, dentro da física que conhecemos, não há como evitar que modelos cosmológicos tenham um *big bang* e/ou um *big crunch*. À luz destes teoremas, não nos resta outra opção senão aceitar as singularidades e procurar interpretá-las no contexto das aplicações teóricas da TRG.

Por exemplo, os buracos negros são considerados um estágio evolutivo de estrelas supermassivas, onde sua massa é tão grande que a atração gravitacional faz com que toda a estrela colapse sobre si mesma e se concentre em um ponto, o centro da estrela. Esse ponto é uma singularidade na medida em que o volume é zero e, portanto, a densidade deste objeto torna-se infinita. O mais bizarro é que a TRG quando aplicada a estes objetos prevê que esta singularidade ficará envolvida por um horizonte. Por isso qualquer coisa, matéria ou luz, que caia em um buraco negro irá desaparecer. A matéria que um buraco negro pode conter torna-se infinita e, por estar envolvido por um horizonte, o buraco negro não nos fornece nenhuma informação acerca do que ocorre no seu interior. Desenvolvimentos mais recentes apontam para a possibilidade de que possam existir singularidades fora de horizontes, ou seja, essas singularidades seriam *nuas*. A conjectura de *censura cósmica*, formulada por Roger Penrose, afirma que singularidades nuas que não o big bang não seriam possíveis. O assunto ainda encontra-se em debate.

No caso do *big bang*, ele é uma singularidade que aparece no limite de se olhar ao reverso o processo de expansão do universo. Sua interpretação, porém, é controversa. Se usarmos a teoria clássica, isto é, aquela na qual não é necessário levar em consideração os efeitos quânticos (que aparecem à escala atômica e sub-atômica), nada podemos afirmar acerca da física do big bang, mas apenas na física *após* o big bang. Mas, como o universo diminui quando nos aproximamos do big bang, é possível supor que, em tamanhos extremamente

pequenos, considerações quânticas sejam relevantes. De fato, o uso da física quântica foi capaz de levar as considerações físicas a tempos extremamente próximos ao big bang, mas nunca *no* big bang. Existem, no entanto, físicos que supõem que a física quântica é a única capaz de discutir o que é de fato o big bang. Mas, até o momento, isto é muito mais um desejo do que uma realidade, pois a *cosmologia quântica*, nome dado a essa possível teoria, ainda encontra-se restrita à física após o *big bang*. Alguns físicos são da opinião que a cosmologia quântica é o caminho a ser seguido para se tentar uma unificação entre as duas grandes teorias físicas do século XX: a física quântica e a TRG. Tal unificação viria por meio da formulação de uma nova teoria, chamada de *gravitação quântica*, e o primeiro passo seria com a elucidação da física do big bang, a ser feita pela cosmologia quântica. No entanto, tais teorias não foram ainda formuladas e existem físicos que afirmam que uma gravitação quântica nunca poderá ser formulada pois, argumenta-se, a física quântica e a relatividade seriam intrinsecamente incompatíveis.

A controversa interpretação do big bang decorre das diferentes perspectivas epistemológicas adotadas pelos pesquisadores devido a duas possíveis maneiras de entendermos o que são teorias físicas. Se teorias físicas *correspondem diretamente* à natureza, temos, então, uma identificação entre teoria e objeto. Neste caso se estamos seguros de que há uma expansão e que vários dados relacionados são consistentes com esta idéia, então o big bang *deve* corresponder a algum efeito físico. Resta, portanto, desenvolver a física necessária para finalmente podermos entendê-lo. Se, por outro lado, assumirmos que teorias físicas são *representações* da natureza, então o big bang é o local onde a física conhecida encontra os seus limites de validade, isto é, ela é intrinsecamente incapaz de discutir o big bang. Nada então podemos afirmar, a não ser que a nossa teoria não é conclusiva. Em outras palavras, concluiríamos que nada podemos concluir. Veremos a seguir que não é possível discutir a natureza do big bang sem assumir uma ou outra posição epistemológica. Acreditamos que a melhor maneira de entendermos teorias físicas é supondo-as serem representações.

5. Epistemologia e Cosmologia

Nessa seção, fundamentaremos a nossa opção epistemológica apresentada anteriormente. Uma das principais idéias discutidas no início desse capítulo diz respeito à maturidade da ciência. Defendemos a tese de que essa maturidade pode ser avaliada pelo fato de que a ciência só se sente em condições de fazer afirmações em certos domínios de validade. Em outras palavras, as leis e as teorias científicas referem-se, quando analisadas uma a uma, a setores específicos do real, sendo, portanto, *representações dos fenômenos naturais*. Não de todos, mas somente daqueles que interessam à física, ciência sobre a qual nos sentimos em condições de discutir.

A tese de que as teorias científicas são representações é antiga, remontando aos tempos da Grécia Clássica. No entanto, estaremos aqui circunscritos ao período da ciência moderna, isto é, analisaremos apenas o período que se inicia com a chamada Revolução Copernicana. Mesmo assim, não é nosso interesse, e nem poderia sê-lo, estudar detalhadamente toda essa época. Dentre as muitas possibilidades disponíveis nesse período, decidimo-nos restringir a quatro nomes: Galileu Galilei, Ludwig Boltzmann, Albert Einstein e William Stoeger. Esses quatro cientistas-filósofos nos são importantes porque eles, além de discutirem as idéias que compõem o escopo do presente artigo, o fizeram de uma maneira tal que torna possível a realização de nosso principal objetivo, a saber: contribuir para o diálogo entre ciência e teologia, tomando a filosofia como *o elemento de ligação* entre as duas. Nós queremos enfatizar que a filosofia é a responsável pela existência do diálogo. É da própria natureza da filosofia o estabelecimento deste tipo de diálogo. Basta relembrar o exemplo de Sócrates, Platão e do próprio Galileu para tornar claro aquilo que estamos afirmando; todos eles empregaram a forma do diálogo para exporem as suas idéias e convicções. Foi por meio do diálogo que eles seduziram os seus oponentes, tornando-os adeptos de suas teorias.

Mais especificamente, à filosofia cabe ainda outra função: mostrar inequivocamente que as teorias científicas são representações do real. No escopo delimitado pela ciência moderna, não há espaço para uma concepção de realismo como o aristotélico, isto é, essencialista. As essências, aquilo que faz com que o mundo seja o que ele é, não podem ser conhecidas por meio dos procedimentos característicos da ciência moderna. No entanto, nem por isso, a

ciência moderna se afirma como incapaz de conhecer o real. A ciência moderna nunca abrirá mão de sua pretensão em conhecer o real. Ela é realista: o real (ou natureza ou mundo externo) existe independentemente do sujeito cognoscente. Além dessa existência, independe também da inteligibilidade do mundo. Essas duas teses constituem o núcleo central do “credo” realista.

5.1 Galileu Galilei

Um texto Galileano muito claro sobre a opção realista do físico italiano é a famosa carta que ele redigiu em 1615 para a Grã Duquesa da Toscana, Cristina de Lorena (1589-1637), já citada acima. Vejamos quais foram as palavras que Galileu escolheu para transmitir essas idéias. Com relação à existência independente do real, temos, por exemplo, o seguinte trecho, que se encontra logo no início da carta:

Como bem sabe Vossa Alteza Sereníssima, *descobri* há poucos anos muitas particularidades no céu, que tinham permanecido invisíveis até esta época. Seja por sua novidade, seja por algumas conseqüências que delas decorrem, e que contrariam algumas proposições acerca da Natureza comumente aceitas pelas escolas dos filósofos, essas descobertas excitam contra mim um bom número de seus professores; *quase como se eu, com minha própria mão, tivesse colocado tais coisas no céu*, para transtornar a Natureza e as ciências. (Galileu, p. 98, grifos nossos)

No trecho acima, Galileu defende-se da acusação de ter inventado as novas descobertas astronômicas. Ele não as inventou e nem as construiu. A sua mão e o seu intelecto eram insuficientes para tanto. Para o pensador italiano, Deus era o criador do universo. Sobre esse ponto específico, não pode permanecer dúvida alguma. Galileu sempre foi um católico respeitoso da importância da Igreja e nunca pretendeu colocar em xeque a sua autoridade no que diz respeito a assuntos religiosos.

Na carta em questão, Galileu, e esta é uma das razões que o transformaram em um dos chamados pais da ciência moderna, defende a necessidade de estabelecermos limites entre as investigações dos teólogos e aquela outra realizada pelos astrônomos e filósofos naturais (como eram denominados os cientistas em seu tempo). Ele vai mais além, afirmando a

necessidade de se estabelecer uma inversão na ordem do estudo da natureza. Até a sua época, a religião e a teologia detinham uma primazia (ou preferência) com relação à astronomia e à filosofia natural--as suas conclusões tinham que ser levadas em consideração quando o tema era a natureza. Agora, a partir das descobertas que ele, Galileu, realizou, é claro que, confirmando muitas das verdades do sistema copernicano, não deveria haver a possibilidade de que “... nas discussões de problemas concernentes à Natureza, não se deveria começar com a autoridade de passagens das Escrituras, mas com as experiências sensíveis e com as demonstrações necessárias.”? (op. cit., p. 103)

Galileu continua em sua *profissão de fé* realista e em prol da autonomia entre as diferentes áreas do conhecimento. Assim, um pouco mais abaixo encontramos a seguinte declaração:

... sendo a Natureza inexorável e imutável e jamais ultrapassando os limites das leis a ela impostas, como aquela que em nada se preocupa se suas recônditas razões e modos de operar estão ou não estão ao alcance da capacidade dos homens; parece, quanto aos efeitos naturais, que aquilo que deles a experiência sensível nos coloca diante dos olhos, ou as demonstrações necessárias [as conclusões obtidas através do raciocínio matemático] nos fazem concluir, não deve de modo nenhum ser colocado em dúvida, menos ainda condenado, através de passagens da Escritura que tivessem aparência distinta nas palavras.”
(op. cit., p. 103, grifos nossos)

Ao afirmar que a natureza, ou real, é imutável e inexorável, conclui Galileu que nós, os seres humanos, não temos como modificá-la no âmbito de suas essências e muito menos criá-la. O comportamento da natureza é sempre o mesmo. Empregando um termo contemporâneo: o comportamento da natureza é regular. E é precisamente essa regularidade que funda sua inteligibilidade, permitindo ao homem conhecê-la verdadeiramente. A independência da natureza é reforçada quando Galileu diz que ela não se preocupa se somos, ou não, capazes de compreendê-la. Será por nossa própria conta e risco que conseguiremos, ou não, conhecê-la. Mas, para que isso possa se tornar uma realidade, temos que modificar a nossa atitude cognoscente; precisamos ser ativos e reconhecer que somos responsáveis, em parte, pelo conhecimento que alcançamos da natureza. É necessário, pois, aliar experimentação à matemática.

A posição de Galileu a respeito da necessidade de distinguir filosofia natural e teologia é admiravelmente sintetizada por ele no trecho em que lemos as seguintes palavras: “... a intenção do Espírito Santo é ensinar-nos como se vai para o céu e não como vai o céu” (como já visto, emprestadas do Cardeal Barônio).

Após Galileu, tornou-se “evidente” que a ciência e a religião trilhavam caminhos diferentes e mesmo opostos e antagônicos. É freqüente encontrarmos referências à rivalidade entre as duas; rivalidade que, em alguns momentos, foi compreendida como uma verdadeira guerra.

5.2 Ludwig Boltzmann

Atemorizado de que as teses energeticistas pudessem ganhar força suficiente entre os cientistas a ponto de excluir o atomismo do cenário científico, Boltzmann escreve, em 1896, um artigo reafirmando a sua crença, já conhecida por todos, de que o atomismo é inevitável nas ciências naturais³⁰. Esse trabalho de Boltzmann foi explicitamente escrito para refutar algumas das principais idéias de Ostwald, que era o seu mais importante adversário energeticista. Além disso, esse mesmo texto significava a continuação de um debate público acontecido um ano antes por ocasião da reunião anual dos cientistas naturais alemães. Uma das principais razões que motivaram Boltzmann a defender o atomismo era o seu temor de que a consagração do energeticismo, ou seja, o seu acolhimento por grande parte dos cientistas, acarretasse necessariamente a marginalização do atomismo. Caso isso acontecesse, Boltzmann acreditava que um clima dogmático inevitavelmente instalar-se-ia na ciência, o que, sem sombra de dúvida, implicaria na extinção de toda e qualquer possibilidade de progresso científico. Isto porque, tal como no mundo natural, no mundo das teorias científicas, caberia à competição entre teorias desempenhar o papel fomentador do progresso (evolução). É a tentativa de mostrar que uma representação é melhor, ou mais adequada, do que outra que faz com que o cientista a aperfeiçoe.

A principal tese epistemológica adotada por Boltzmann afirmava que *toda teoria científica é uma representação da natureza*.³¹ No nosso caso, ela é importante porque, para Boltzmann, significava que as teorias científicas são desprovidas de conteúdo ontológico,

³⁰ Cf. Videira (1997).

³¹ Cf. Videira (2005b).

aqui compreendido em sentido forte. Em outras palavras, aquilo que constitui real e verdadeiramente a natureza é, e permanece para sempre, incognoscível para os cientistas. Além disso, Boltzmann defendia a idéia de que as representações são livres criações dos cientistas, o que o colocava em um campo oposto ao de, por exemplo, Ernst Mach (1838-1916), que acreditava que seria possível formular descrições diretas daquilo que é percebido com o uso dos órgãos sensoriais. Ao afirmar que as teorias científicas são criações livres dos cientistas, Boltzmann enfatiza que é impossível o trabalho científico sem o recurso a conceitos teóricos, os quais devem a sua origem ao fato de que é impossível a elaboração de toda e qualquer teoria científica a partir da mera observação dos fatos naturais. Por exemplo, o conceito de atração gravitacional, na física de Newton, resulta da liberdade que os cientistas possuem para representar a natureza, pois pela mera observação da queda dos corpos não é possível elaborar um conceito como este.

Tal como era afirmado pelo próprio Boltzmann essa tese não era nova. Antes dele, Immanuel Kant (1724-1804) e James Clerk Maxwell (1831-1879) haviam afirmado o mesmo. Alguns contemporâneos de Boltzmann, tais com Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) e Hermann von Helmholtz (1821-1894), também compartilhavam, em termos bastante próximos, dessa mesma idéia.

A principal conclusão a ser retirada dessa tese é de que não pode haver, no plano da ciência, nenhuma teoria que seja eternamente verdadeira. *A verdade científica é provisória*. Sendo assim, ela pode ser “alcançada” de diversas maneiras, ou seja, através de teorias diferentes. Melhor dizendo, Boltzmann acreditava que um mesmo conjunto de fenômenos naturais poderia ser explicado a partir da adoção de perspectivas não só distintas, mas até mesmo excludentes. A escolha de uma teoria dependeria de vários fatores, inclusive de preferência epistemológica. Essa tese é comumente denominada de *pluralismo teórico*.

No contexto da cosmologia moderna, trata-se, então, de, em primeiro lugar, procurar distinguir aquilo que verdadeiramente constitui a natureza de nossas teorias, isto é, de nossas representações. Assim, adotamos a seguinte diferença para os termos ‘Universo’ e ‘universo’. O primeiro termo, com ‘U’ maiúsculo, refere-se ao aspecto da natureza a partir do qual a nossa interação gera uma base empírica sobre a qual os diferentes modelos

(teóricos) são construídos, enquanto que o segundo, com ‘u’ minúsculo, refere-se ao modelo propriamente dito. Por meio dessa distinção, podemos afirmar que, tendo as teses de Boltzmann em mente, os diferentes modelos teóricos mencionados acima são então *modelos de universo*, isto é, *modelos cosmológicos*, ou simplesmente *cosmologias*. Conseqüentemente, o pluralismo teórico simplesmente nos diz que existem diversas cosmologias, onde cada uma adota uma representação do Universo, sendo que a verdadeira natureza desse último é incognoscível. Quando falamos de universo, estaremos sempre fazendo-o no contexto de uma determinada teoria ou modelo que, por definição, não terá nenhum conteúdo ontológico definitivo e excludente. Em outras palavras, como existem diversas cosmologias, temos diversas representações do Universo, ou seja, diversos universos.

As diversas cosmologias devem estar em competição entre si, e como nenhuma pode ser confundida com o Universo, nenhuma cosmologia é derradeira, mas apenas provisoriamente a melhor. É a nossa interação (observacional, experimental) com o Universo que fornece a base empírica, sobre a qual as cosmologias são criadas. Sendo essa nossa interação essencialmente sensorial e tecnológica, a própria evolução tecnológica modifica essa base empírica relacionada ao Universo, gerando, por conseguinte, as condições para a transformação, parcial ou completa, dos modelos cosmológicos. Da mesma forma, a própria diversidade tecnológica disponível produz diferentes interações e, conseqüentemente, diferentes bases empíricas, que leva a diferentes representações do Universo. É por isso que o simples lançamento de satélites artificiais como o COBE ou o WMAP, destinados a mapear a radiação fóssil cósmica de fundo proveniente da fase inicial quente do Universo, podem ter efeitos dramáticos em cosmologia.

Do exposto acima, podemos concluir que o melhor antídoto contra o dogmatismo em qualquer ramo científico encontra-se na mudança de atitude que deve ser adotada pelos pesquisadores, mudança esta que se dá através da adoção do pluralismo teórico como estrutura epistemológica da pesquisa científica. Por meio desta tese é possível evitar a crença enraizada e injustificada em idéias cuja razão de ser reduz-se a crenças pessoais. Essas últimas são, conforme Boltzmann, necessárias, e talvez imprescindíveis, na elaboração das diferentes representações da natureza, pois essa elaboração é conseqüência

da livre criação dos cientistas. Porém, por definição, as crenças pessoais estarão restritas aos modelos teóricos e, na melhor das hipóteses, elas poderão apenas gerar melhores (ou piores) representações da natureza, jamais podendo ser confundidas com a “verdadeira” Natureza, já que sua verdadeira essência é, por definição, incognoscível.

Uma vez que nenhuma teoria científica pode atingir os níveis dos porquês e dos constituintes últimos dos fenômenos naturais, segue-se que nenhuma teoria científica pode afirmar conhecer verdades imutáveis. Empregando a nossa própria terminologia, quanto maior o número de teorias à disposição dos cientistas, maiores são as chances de se obterem melhores representações dos fenômenos naturais.

O conhecimento científico é melhor caracterizado por uma busca incessante e sem fim por melhores, mas nunca definitivas, representações dos fenômenos naturais. A substituição de uma teoria científica por outra, característica principal da ciência moderna, obra permanentemente em aberto, só pode acontecer caso assegure-se que nenhuma teoria científica pode alcançar o estágio de definitivamente verdadeira. Em outras palavras, uma teoria científica pode ser melhor do que outra e nada mais do que isso.

No caso específico da cosmologia, cremos que seria fundamental que os cosmólogos reconhecessem explicitamente que suas teorias e modelos sobre o Universo nada mais são do que representações. Essa situação significa que os objetos do discurso desses mesmos modelos e teorias constituem, na verdade, universos. Essa distinção é muito importante pois é ela que assegura à cosmologia a certeza de que as suas representações não são definitivas. Finalmente, é reconhecendo que o Universo é diferente de universo que pode a cosmologia escapar das mazelas do dogmatismo, beneficiando-se do pluralismo teórico.

5.3 Albert Einstein

Einstein não é, em nossa opinião, importante apenas porque, com a sua TRG, tornou possível, em termos científicos, a investigação de temas e questões cosmológicas. Físico de primeiríssima qualidade, ele foi igualmente um pensador sutil e perspicaz. Após uma aproximação com o Positivismo de Ernst Mach em sua primeira fase científica, Einstein, e

devido ao seu trabalho com a elaboração da TRG, não apenas abandonou o pensamento Machiano mas o renegou publicamente:

“Em geral, os físicos da época [séculos XVIII e XIX] acreditavam de bom grado que os conceitos e as leis fundamentais da física não constituem, no sentido lógico, criações espontâneas do espírito humano, mas antes que se pode deduzi-los por abstração, portanto por um recurso da lógica. Na verdade, somente a teoria da relatividade geral [TRG] reconheceu claramente o erro dessa concepção.” (Einstein 1981, p. 149)

Einstein recusava-se submeter a razão inteiramente aos ditames da observação, pois, segundo ele, os princípios, que constituem o arcabouço das teorias científicas, não são alcançados por meio da observação dos fenômenos naturais. Antes pelo contrário. Não existe método pronto e acabado para se chegar à formulação dos princípios: “Porque não existe método que se possa aprender ou sistematicamente aplicar para alcançar um objetivo.” (op. cit., p. 142) Segundo o criador da TRG, não é a razão isoladamente ou a experiência também em separado da primeira que determinam as verdades a respeito da natureza. Galileu é, para Einstein, com justiça o pai da física moderna porque se bateu em favor da união da experiência com a lógica ou raciocínio dedutivo. Mesmo tendo que prestar o devido respeito à experiência, pois afinal “o pensamento lógico, por si mesmo, não pode oferecer nenhum conhecimento tirado do mundo da experiência”, o homem, em particular o físico teórico, pode “formar, de qualquer maneira, mas segundo a sua própria lógica, uma *imagem* simples e clara do mundo.” (op. cit., p. 147 e p. 138, grifo nosso)

5.4 William Stoeger

Em nossos dias, uma figura merecedora de todo o interesse é o físico, cosmólogo e teólogo jesuíta William R. Stoeger. Para nós, Stoeger, mesmo talvez sem o pretender explicitamente, pode ser compreendido como um *herdeiro* de Galileu, Boltzmann e Einstein, na medida em que as suas preocupações e, acima de tudo, as suas posições são semelhantes em relação à distinção dos domínios de conhecimento da ciência e da teologia. As posições e reflexões de Stoeger sobre o tema que estamos ora desenvolvendo são equilibradas e fecundas, já que ele respeita as particularidades de cada uma das partes

envolvidas, e sem esse respeito nada poderá ser alcançado em relação a uma justa apreciação do que cabe à ciência e à filosofia.

Stoeger parte da constatação que, sendo uma teoria científica uma representação da natureza, a ciência não pode afirmar como esta é de fato (ou realmente). Ao repetir teses já conhecidas por Galileu, Boltzmann e Einstein, mesmo sem citá-los explicitamente, o cientista e teólogo norte-americano procura dar outro alcance a essa tese, na medida em que ela possibilita a compreensão de que a ciência não conseguirá explicar jamais, ou simplesmente descrever, os fenômenos vinculados à espiritualidade. Esta última “atua” em um domínio diferente da ciência.

“O interesse da espiritualidade é muito diferente [daquele da ciência] – é conhecer e responder pessoal e comunalmente a Deus da maneira mais plena possível.” (Stoeger 2002, p. 90)

O fato de os domínios da teologia (o espiritual) e da ciência (o natural) serem diferentes é igualmente objeto das preocupações de Stoeger. Aliás, não constitui exagero afirmar que o estabelecimento dessa distinção é a sua primeira preocupação e, o que é uma hipótese nossa, ele crê que essa é a principal contribuição que ele dá para o estabelecimento de um diálogo entre ciência e teologia. Assim, o primeiro tópico discutido por Stoeger é o seguinte:

“... vou examinar as leis da natureza – em especial sua posição ontológica – que acredito ser uma questão fundamental que precisa ser solucionada para haver progresso autêntico rumo à integração e para uma rearticulação fecunda da ação divina contra o plano de fundo de nossa descrição científica da natureza e seus.” (op. cit, p. 21)

Estabelecido que os objetos das ciências naturais não podem ser confundidos com os da religião--qualquer tentativa atentaria contra o autêntico espírito da ciência moderna--, Stoeger preocupa-se em esclarecer qual é o domínio de atuação da espiritualidade:

“Estritamente falando, o conhecimento que se origina da espiritualidade não é tão especializado quanto o que se origina das ciências e é muito mais diretamente pessoal e

social em sua origem, em sua relevância e em seu entrosamento (conseqüências). A espiritualidade diz respeito à nossa experiência e nossa resposta a esses elementos que funcionam como absolutos em nossas vidas conscientes, ou revelam o absoluto e dão sentido e orientação fundamentais à maneira como vivemos, como indivíduos e como comunidades.” (op. cit., p. 88)

Apesar de estabelecer diferenças irreduzíveis entre a ciência, a teologia e a religião, Stoeger adverte que essas duas últimas não podem dar as costas aos desenvolvimentos e aos resultados obtidos pela primeira. Como já havia sido afirmado por Galileu no início do século XVII, o religioso e cosmólogo norte-americano estabelece o mesmo tipo de vínculo entre essas disciplinas:

“... a maneira como interpretamos a Escritura, a filosofia e a teologia hoje indiretamente depende bastante dos avanços em muitas outras disciplinas, até mesmo nas ciências naturais e humanas.” (op. cit., p. 86)

A frase que se segue imediatamente é bastante esclarecedora das propostas de Stoeger, e, sob este aspecto, ele se aproxima bastante de Boltzmann. Ao contrário do que se pode pensar, o poder da ciência decorre do fato de que as suas afirmações só são verdadeiras se elas estiverem relacionadas com os seus domínios de validade. Essa limitação, que é intrínseca à ciência e a toda e qualquer outra forma de conhecimento humano, mostra que, para poder integrar todas as áreas em que pode exercer alguma influência, é missão, ou tarefa, do ser humano estabelecer um diálogo entre elas. A base para o diálogo, o que evita que ele seja um diálogo de surdos, está no fato de que, em toda e qualquer época, todas as áreas do conhecimento humano se influenciam, já que participam de uma visão de mundo comum:

“Os limites de uma área específica – e o enfoque e as bases evidentes a ela apropriados – só são descobertos por meio da interação com outras áreas. Todas as áreas de conhecimento compartilham pelo menos um campo cultural comum e se influenciam mutuamente de diversas.” (op. cit., p. 86)

A filosofia deve ser compreendida como o principal instrumento para possibilitar e fortalecer o diálogo entre ciência e teologia. Aliás, na determinação dessa função para a filosofia, Stoeger aproxima-se de uma corrente atual de pensamento a qual assume explicitamente que não é possível conhecer o que quer que seja sem a participação da razão humana. Mas não apenas da razão humana: valores, conhecimentos prévios, experiências pessoais e privadas, todos esses fatores integram o arsenal de instrumentos à disposição do homem para elaborar e validar o conhecimento:

“É ilusão acreditar que essas representações incrivelmente ricas dos fenômenos são isomorfismos não construídos que meramente *descobrimos* no mundo real. Ao contrário, são *construídos* – meticulosamente – e não há indícios de que sejam isomórficos com estruturas no mundo como este é em si.” (op. cit., p. 36)

Voltemos, todavia, ao papel a ser cumprido pela filosofia na intermediação entre a ciência e a teologia. Como já o afirmamos anteriormente, a filosofia é, aos olhos de Stoeger, a responsável por este mesmo diálogo, o qual poderá ser difícil já que, por serem relativamente próximas, ainda que independentes e complementares, apresentam afirmações que se sobrepõem. O conflito resultante, espera-se, será criativo, o que significa o desdobramento de novos modos de interação e cooperação entre a ciência e a teologia.

Outra tarefa relevante da filosofia, a qual, inclusive, possibilitará que se avalie a sua “eficiência”, é a de respeitar a complementaridade entre a ciência e a religião, mais especificamente a cosmologia e a teologia. Elas são complementares porque ambas nos fornecem diferentes perspectivas da mesma realidade experimentada. A filosofia pode realizar esse papel porque:

“Nesse diálogo – e de fato em qualquer reflexão sobre o que ou a cosmologia ou a teologia está fazendo ou é capaz de fazer – a filosofia será um intermediário crucial, tanto ao nível da análise da linguagem comum como ao nível da epistemologia e metafísica. Isto decorre de que aqueles que estão envolvidos na pesquisa em cosmologia e aqueles envolvidos em teologia assumem importantes, embora normalmente inarticuladas, premissas acerca da realidade e nosso conhecimento dela, e ambos usam uma linguagem que reflete essas premissas mais profundas que são assumidas. Todos nós temos uma filosofia implícita.

Para que o diálogo entre as duas comunidades seja frutífero, ele precisa abordar bem freqüentemente a compatibilidade e aceitabilidade dessas premissas mais básicas do ponto de vista de ambas as disciplinas. Elas precisam ser submetidas a uma crítica permanente.” (Stoeger 1989, p. 2, tradução nossa).

Resumindo, a totalidade do universo só se tornará compreensível caso o ser humano mostre-se capaz de reunificar, *religando-as*, as suas duas dimensões mais fundamentais e conhecidas: a intelectual e a espiritual.

6. Conclusão

Como vimos ao longo do presente capítulo, assumir que “discutir a origem física do Universo é o mesmo que investigar a sua criação” consiste em um uso indevido das teses e dos conceitos do modelo padrão da cosmologia moderna. À medida que “se aproxima” dos instantes imediatamente próximos ao momento da grande explosão, a física subjacente ao modelo padrão deixa de ser válida. Em outras palavras, e indiretamente ao ponto que aqui nos interessa, a física atualmente conhecida não pode explicar o que ocasionou o big bang. Apesar de ser um resultado científico, e como tal passível de ser revisto e mesmo abandonado, ele passa com freqüência despercebido, o que faz com que os físicos confundam os seus modelos de universo com o Universo. Uma possibilidade de evitar esse erro situa-se na tese de que todas e qualquer teoria científica é uma representação da Natureza.

A filosofia desempenha, nesses casos, um papel preponderante porque mostra aos cientistas que eles estão ultrapassando os limites de validade de suas teorias. Em outros termos, nesses casos estão os cientistas descaracterizando as identidades científico-epistemológicas de suas teorias e conseqüentemente da ciência. Uma vez mais, a filosofia pode desempenhar papel importante, pois é ela que, segundo Galileu, Boltzmann, Einstein e Stoeger, pode manter viva a idéia de que as teorias científicas só fazem sentido no interior de certos domínios.

7. Referências Bibliográficas

Dingle (2005), Herbert. Aristotelismo Moderno (tradução e notas de Helena Wergles Ramos, Mário Raoni, Rommel Luz F. Barbosa e Taís Pereira, Revisão de Antonio Augusto Passos Videira), *Scientiae Studia*, vol. 3, nº 2, pp. 249-254, 2005.

Einstein, A., 1917: *Considerações Cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade Geral*, em *O Princípio da Relatividade*, 3ª edição. Coleção de artigos originais sobre as teorias da relatividade especial e geral (traduzido por Mário José Saraiva), páginas 225-241, Fundação Calouste Gulbenkian, Porto, 1983

Einstein (1981), Albert. *Como vejo o mundo* (tradução de H. P. de Andrade). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

Ellis (1999), George F. R. The different nature of cosmology. *Astronomy & Geophysics*, vol. 40 (August), 1999, pp. 20-23.

Festa (2007), Egidio. *Galileo – La lotta per la scienza*. Bari: Editori Laterza, 2007.

Galilei (1983), Galileu. Carta à Senhora Cristina de Lorena, Grã-Duquesa da Toscana (tradução e introdução de Carlos Arthur Ribeiro do Nascimento). *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, nº 5, 1983, pp. 91-123.

Hawking (1988), Stephen. *Uma Breve História do Tempo – Do Big Bang aos Buracos Negros*. Rio de Janeiro, Rocco, 1988.

Hetherington (1993), Noriss S. *Cosmology – Historical, Literary, Philosophical, Religious, and Scientific Perspectives*. Nova York/Londres: Garland Publishing Inc, 1993.

Kerszberg (1989), Pierre. *The Invented Universe – The Einstein-De Sitter Controversy (1916-17) and The Rise of the Relativistic Cosmology*. Oxford: Clarendon Press, 1989.

Kragh (2007), Helge S. *Conceptions of Cosmos – From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology*. Nova York: Oxford University Press, 2007.

Kragh (1996), Helge S. *Cosmology and Controversy – The Historical Development of Two Theories of the Universe*. Princeton (NJ): Princeton University Press, 1996.

Merleau-Ponty (1965), Jacques. *Cosmologie du Vintième Siècle*. Paris: Gallimard, 1965.

North (1994), John. *The Norton History of Astronomy and Cosmology*. Nova York/Londres: W. W. Norton Co., 1994.

Pais (1982), Abraham. ‘*Subtle is the Lord...*’ – *The Science and the Life of Albert Einstein*. Oxford/Nova York/Toronto/Melbourne: Oxford University Press, 1982.

Paty (2005), Michel. *D’Alembert* (tradução de Flávia Nascimento e revisão de José Oscar Marques). São Paulo: Estação Liberdade, 2005.

Paty (1993), Michel. *Einstein philosophe*. Paris: Presses Universitaires de France, 1993.

Ribeiro (2002), Marcelo B. & Antonio Augusto Passos Videira. Apresentação – As relações entre ciência e religião IN Stoeger (2002), pp. 9-19.

Ribeiro (1999), Marcelo B. & Antonio Augusto Passos Videira. O Problema da Criação na Cosmologia Moderna IN *Mysterium Creationis – Um olhar interdisciplinar sobre o Universo*, Luiz Carlos Susin (org.). São Paulo: Paulinas, 1999, pp. 45-83.

Ribeiro (1998), Marcelo B. & Antonio Augusto Passos Videira. *Dogmatism and theoretical pluralism in modern cosmology*, Apeíron, vol. 5, 1998, pp. 227-234.

Stoeger (1989), William R., 1989: *What Contemporary Cosmology and Theology have to say to one another*, CNTS Bulletin, 9 (number 2, spring 1989), pp. 1-15.

Stoeger (2002), William R. *As Leis da Natureza – Conhecimento humano e ação divina* (tradução de Bárbara Theoto Lambert, Revisão de Marcelo Byrro Ribeiro e Antonio Augusto Passos Videira). São Paulo: Paulinas, 2002.

Videira (2009a), Antonio Augusto Passos. A Gênese do Big Bang IN *memória hoje – volume 2: Ciências Exatas*, Alicia Ivanissevich e Antonio Augusto Passos Videira (orgs.). Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2009, pp. 208-216.

Videira (2009b), Antonio Augusto Passos. *As descobertas astronômicas de Galileu Galilei*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

Videira (2006a), Antonio Augusto Passos. Boltzmann, Física Teórica e Representação. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 28, nº 3, 2006, pp. 269-280.

Videira (2006b), Antonio Augusto Passos. Princípios em Cosmologia IN *Física: Estudos Filosóficos e Históricos*, Roberto A. Martins, Guillermo Boido e Victor Rodríguez (editores). Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul AFHIC, 2006, pp. 1-18.

Videira (2005a), Antonio Augusto Passos. Herbert Dingle e as relações entre ciência e filosofia no alvorecer da cosmologia moderna. *Scientiae Studia*, vol. 3, nº 2, 2005, pp. 243-248.

Videira (2005b), Antonio Augusto Passos. Boltzmann e o conceito de representação. *Representaciones*, vol. 1, nº 1, 2005, pp. 99-120.

Videira (2005c), Antonio Augusto Passos. Cosmologia e Filosofia da Ciência IN *A filosofia e a ciência redesenham horizontes*, Anna Carolina Regner e Luiz Rohden (orgs.). São Leopoldo: Editora Unisinos, 2005, pp. 209-224.

Videira (2001), Antonio Augusto Passos. Algumas Observações sobre a Questão da Cosmologia: Metafísica ou Ciência? IN *Epistemologia, Lógica e Filosofia da Linguagem*, Eduardo Chagas Oliveira (org.). Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2001, pp. 43-60.

Videira (2000), Antonio Augusto Passos. “Que papel atribuir à metafísica?”: Breves Reflexões sobre os Pensamentos de Descartes e Newton à luz de sua Recepção pelo

Iluminismo Francês IN *Seminário sobre o Cartesianismo*. Évora: Centro de Investigação da U.E., nº 4, 2000, pp. 75-103.

Videira (1997), Antonio Augusto Passos. A Concepção Atomista de Ludwig Boltzmann, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, série 3, vol. 7, nº 1, jan-jun, 1997, pp. 53-79.

Videira (2004), Antonio Luciano Leite. O estado da cosmologia como parte integrante legítima da ciência, reforçado pela emergência de novas questões e desafios IN *Temas de Filosofia da Natureza*, Karla Chediak e Antonio Augusto P. (orgs.). Rio de Janeiro: UERJ, 2004, pp. 24-53.