CADERNO DE FÍSICA DA UEFS **07** (01 e 02): 65-85, 2009

CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS: O caso do modelo padrão da cosmologia

Gustavo Rodrigues Rocha

Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana: Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, Campus Universitário, 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil

O presente trabalho é o resultado da leitura realizada pelo autor de uma abordagem específica da Sociologia do Conhecimento Científico, a saber, os Estudos de Controvérsias, associada à Escola de Bath, e especialmente aos trabalhos de Harry Collins e Trevor Pinch. O objeto do trabalho, ou seja, o núcleo das controvérsias estudadas, é a cosmologia moderna, tema explorado pelo autor, junto com alunos e colaboradores, em sua pesquisa desenvolvida no Departamento de Física da UEFS, cujo projeto, registrado e aprovado pelo CONSEPE (Conselho Superior de Pesquisa e Extensão), é intitulado "Visões de Mundo, Cosmologias e Controvérsias". Deste modo, através de uma breve história da cosmologia, pautada em fontes primárias - a saber, livros e artigos originais - e secundárias, o trabalho apresenta uma série de controvérsias, históricas e atuais, dentro da cosmologia moderna, assim como sugere certos mecanismos de "fechamento" de certas controvérsias, como o sistema de revisão por pares. O objetivo mais geral do trabalho é apresentar um campo de estudos, bastante profícuo e promissor, e relativamente pouco explorado, para a história e a sociologia da ciência.

Palavras-chave: Controvérsias, Cosmologia, Modelo Padrão

I. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo analisar historicamente as controvérsias centrais da cosmologia do século XX sob a perspectiva da sociologia do conhecimento científico. Os períodos históricos que serão abordados, cronologicamente, são i) o final da década de 20, quando Lemaître e Friedmann apresentaram, de forma independente, uma solução para as equações de Einstein que os levaram a propor um universo em expansão, e, quando, por volta da mesma época, Hubble formulou a relação entre a magnitude aparente das estrelas e galáxias

e o desvio para o vermelho, ii) a década de 40, quando Gamow formulou uma "segunda versão" do Big Bang a fim de se explicar a origem da abundância dos elementos leves, iii) a década de 60, quando, a partir da descoberta da radiação cósmica de fundo, o número de artigos publicados anualmente em cosmologia subiu de sessenta, em 1965, para quinhentos em 1980 e iv) a década de 80, quando Alan Guth propôs uma "terceira versão" do Big Bang, a sua teoria do universo inflacionário, e a cosmologia se associou definitivamente às novas teorias da física de partículas.

A perspectiva metodológica sobre a qual construiremos os argumentos desta análise é aquela pautada por duas teses da sociologia do conhecimento científico, a saber, i) a tese da subdeterminação das teorias pelos dados e ii) a tese de Harry Collins[1] conhecida como "regressão do experimentador". A primeira tese, a respeito da relação entre as evidências e as conclusões, afirma que sempre pode haver mais de uma teoria que explique um mesmo conjunto de dados. A teoria $A1$, por exemplo, é chamada de subdeterminada caso haja uma teoria rival $A2$ que, embora igualmente consistente com as evidências, seja inconsistente com a teoria $A1$. A chamada "regressão do experimentador", por sua vez, é a tese de Harry Collins a respeito da prática experimental. Collins afirma que os "fatos" somente podem ser gerados por meio de uma "prática experimental adequada", contudo, uma "prática experimental adequada" é assim considerada somente se gerar "fatos". Deste modo, a fim de julgar se uma evidência é equivocada, o pesquisador só pode se basear numa expectativa teórica, contudo, a fim de se decidir entre duas ou mais teorias, o pesquisador só pode se basear em evidências. A conseqüência desta circularidade, para Collins, é que não há nenhum critério formal que possa ser aplicado a fim de se decidir se um determinado resultado experimental deve ou não contar como evidência de uma determinada teoria. A tese de Collins parece especialmente apropriada quando aplicada a controvérsias na fronteira do conhecimento científico. Ambas as teses, muito utilizadas em estudos de controvérsias científicas, resultam do problema da indução, o qual, para os sociólogos da escola relativista de Collins, não pode ser solucionado nem pelo método hipotético dedutivo dos positivistas lógicos e nem pelo falsificacionismo de Karl Popper. A conclusão, portanto, é que não há nenhum ponto arquimediano, que transcenda o aspecto social da construção do

[1] Harry Collins apresenta o conceito de "regressão do experimentador" de maneira bastante pormenorizada na sua obra "Changing Order - Replication and Induction in Scientific Practice", na qual apresenta uma série de casos, como a replicação do TEA Laser e a medição de ondas gravitacionais. O seu trabalho a respeito da medição de ondas gravitacionais, em especial, é extenso e pode ser encontrado em "Gravity's Shadow: the Search for Gravitational Waves" e "Son of Seven Sexes: The Social Destruction of a Physical Phenomenon".

conhecimento científico, capaz de guiar o cientista na sua pesquisa.

II. A DÉCADA DE 20 E O DESVIO PARA O VERMELHO

O ano de 1917 é celebrado como a data de nascimento da cosmologia contemporânea marcada pela publicação do trabalho de Einstein "Considerações Cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade". Durante o período de 1917 a 1930 foi geralmente aceito que o universo fosse estático. O principal problema com o qual os poucos cosmólogos teóricos se ocupavam até então era saber qual modelo de universo estático adotar. O modelo de universo de Einstein era fechado e finito enquanto o modelo de de Sitter era aberto e infinito[2]. Somente em 1930, depois que Hubble estabeleceu a relação entre a magnitude aparente das estrelas e galáxias e o desvio para o vermelho, que os trabalhos do matemático russo Friedmann e do padre belga Lemaître, de 1922 e 1927, respectivamente, foram redescobertos. O casamento entre a solução de Friedmann e Lemaître para as equações de campo de Einstein com a interpretação da lei de Hubble como velocidade de recessão levou Lemaître à sua teoria do "átomo primordial". Em 1931, o padre belga publicou então a "primeira versão" do Big Bang[3] numa edição da revista Nature e a apresentou no encontro da Associação Britânica para o Progresso da Ciência[4]. Durante as duas décadas seguintes[5] a maioria dos físicos e astrônomos considerava que o universo estava em expansão de acordo com a lei de Hubble e as soluções de Friedmann e Lemaître para as equações de campo da relatividade geral de Einstein[6]. Foi também por volta da década de 1930 que surgiram os primeiros trabalhos relacionando as novas teorias cosmológicas com a termodinâmica, a teoria quântica e a teoria nuclear[7].

[2] Contudo, no modelo de universo de de Sitter a densidade de matéria é nula.

[3] O nome Big Bang foi cunhado somente em 1949 quando o crítico Fred Hoyle assim se referiu à teoria numa transmissão de rádio da BBC.

[4] O próprio Einstein, para quem Lemaître apresentou suas idéias num encontro na Bélgica, achou suspeita a teoria do "átomo primordial" pela sua forte associação com o dogma cristão da criação.

[5] Até quando, em 1948, Fred Hoyle, Thomas Gold e Hermann Bondi desenvolveram a teoria do estado estacionário, modelo alternativo ao Big Bang que teve muitos adeptos até a década de 60. Após a "descoberta" da radiação "cósmica" de fundo, em 1964, a teoria do estado estacionário foi considerada, por muitos, "refutada".

[6] Embora o próprio Hubble, como mostram A. K. T. Assis, M. C. D. Neves e D. S. L. Soares em "Hubble's Cosmology: From a Finite Expanding Universe to a Static Endless Universe" tenha sido bastante cauteloso com relação ao modelo do Big Bang e se mantido aberto, até o final de sua vida, para a possibilidade do desvio para o vermelho ter outra causa que não velocidade de recessão.

[7] O físico-químico americano Richard Tolman, por exemplo, investigou, numa série de artigos publicados entre 1928 e 1930, o aspecto termodinâmico de ambos os modelos de universo, o universo estacionário e o universo em expansão. A física quântica, por sua vez, entrou no cenário da cosmologia, embora de maneira vaga, por meio de uma nota do próprio Lemaître, intitulada "The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory". Já os pioneiros da astrofísica nuclear foram Atkinson, Houtermans e Gamow. A primeira

Contudo, durante este período até a década de 1960 (quando houve uma explosão de pesquisas em relatividade geral[8]) somente alguns poucos matemáticos e físicos tinham a teoria da relatividade geral de Einstein como objeto de suas pesquisas. Ademais, o fundamento relativístico do universo em expansão não era aceito por todos especialistas e havia inúmeras teorias rivais[9]. Por isto, voltaremos a nossa atenção à interpretação dada à lei de Hubble como velocidade de recessão das galáxias, o que parece um caso exemplar de teoria subdeterminada.

O astrônomo suíço Fritz Zwicky é conhecido, entre as várias de suas contribuições para a astronomia, como o primeiro a propor, por volta de 1930, uma interpretação diferente para a observação de Hubble. O desvio para o vermelho, segundo Zwicky, que era cético com relação à teoria da expansão, é devido à perda de energia dos fótons de luz viajando por galáxias distantes. O fóton de luz ao perder energia diminui a sua freqüência e, conseqüentemente, aumenta o seu comprimento de onda, o que explica o desvio para o vermelho. O astrônomo belga propôs que o efeito das forças da gravidade sobre o fóton ao longo do seu caminho era responsável pela perda de energia. No entanto, diferentes versões desta teoria, que ficou conhecida como teoria de "luz cansada"[10], atribuem diferentes mecanismos para a perda de energia do fóton. O próprio Zwicky pensou em algumas destas possibilidades, como o efeito Compton e o efeito Raman[11], os quais ele acabou descartando devido ao espalhamento destes fenômenos. Os críticos do Big Bang insistem em apontar para os adeptos do modelo padrão que numa representação gráfica do desvio para o vermelho *versus* a distância, a constante de Hubble

teoria cosmológica nuclear foi aquela de Weizsäcker, de 1938, a qual tentava reconstruir a história do universo por meio de processos nucleares hipotéticos.

[8] O crescimento do interesse pela teoria da relatividade geral na década de 1960 pode ser atribuído a quatro fatores principais. Primeiro, a rejeição da teoria do estado estacionário de Fred Hoyle, o que foi entendido como um grande triunfo da relatividade geral. Segundo, as novas descobertas da astronomia que estimularam a aplicação da teoria da relatividade geral a problemas da astrofísica. A descoberta dos quasares, por exemplo, em 1963, e dos pulsares, quatro anos depois, resultou, imediatamente, numa tentativa de entendê-los teoricamente pela relatividade geral. Terceiro, a teoria de Einstein foi desafiada por teorias de gravitação alternativas. Dirac e Jordan, por exemplo, procuraram desenvolver, sem sucesso, teorias nas quais a constante gravitacional variava com o tempo. Hoyle e Narlikar propuseram uma teoria não-einsteiniana baseada nas interações entre as partículas. Robert Dicke e Carl Brans desenvolveram uma teoria que foi das mais desafiadoras para a teoria da relatividade geral até a década de 1970. Finalmente, a combinação de experimentos de laboratório, observações astronômicas e avanços na fundamentação matemática da relatividade geral levaram ao desenvolvimento de um novo campo de pesquisa, a astrofísica relativística. O novo campo foi introduzido no primeiro Simpósio de Astrofísica Relativística do Texas em 1963 o qual contou com a presença de Allan Sadage, Kip Thorne, Fred Hoyle entre outros.

[9] Edward Milne, por exemplo, foi o cosmólogo mais influente da década de 1930, tendo surgido, entre 1932 e 1940, cerca de 70 artigos relacionados à sua teoria cosmológica.

[10] O nome "luz cansada" foi cunhado por Richard Tolman no início da década de 30 para se referir à idéia de um fóton perdendo energia na medida em que viaja.

[11] Ainda mais uma possibilidade já pensada foi o chamado efeito Wolf.

aumenta com a distância, ou seja, a inclinação do gráfico aumenta. Interessantemente, Zwicky propôs, também nesta época, que a relação de Hubble não seria linear, porém exponencial.

Embora os adeptos das teorias de "luz cansada" não sejam numerosos, eles, desde Zwicky, nunca deixaram de existir. O apelo da teoria está no fato dela prever o desvio para o vermelho baseando-se simplesmente no modelo, amplamente aceito e corroborado, do fóton de luz. O principal desafio, por outro lado, está em apresentar um mecanismo plausível para a perda de energia do fóton.

Para os críticos atuais das teorias de "luz cansada" e defensores da teoria padrão, como o astrônomo Edward Wright[12], o modelo de "luz cansada" é inconsistente por não prever i) a dilatação do tempo de supernovas se afastando a altas velocidades e ii) a forte influência do desvio para o vermelho no brilho superficial médio das galáxias, exemplos que costumam ser, para os teóricos do Big Bang, provas convincentes de que o universo está se expandindo. Contudo, para Lyndon Ashmore[13], por exemplo, um teórico que defende atualmente um destes modelos de "luz cansada", não há, no seu modelo, nenhuma inconsistência. Para começar, no modelo de Ashmore o universo não está em expansão. Não há, portanto, velocidades relativísticas envolvidas no fenômeno das supernovas[14] e nem, conseqüentemente, dilatação do tempo. Não obstante, o seu modelo, embora inconsistente com o modelo do Big Bang, prevê, devido a um mecanismo diferente, o mesmo espectro característico deste tipo de supernovas, sendo, portanto, consistente com o resultado experimental. Para os teóricos do Big Bang o pulso "alargado" deste tipo de supernova é devido à dilatação do tempo de decaimento de suas partículas, para Ashmore, cujo modelo de "luz cansada" prevê fótons interagindo com elétrons no plasma interestelar[15], o efeito é devido à diferença no número de colisões e no tempo de

[12] Ver na sua página http://www.astro.ucla.edu/ wright/intro.html. Em "Cosmological Fads and Fallacies" e "Errors in Tired Light Models". Edward L. Wright é um defensor da teoria do Big Bang e foi um membro ativo de uma das equipes que trabalhou com o telescópio COBE. Atualmente Edward faz parte da equipe que trabalha com o telescópio WMAP.

[13] Lyndon Ashmore é um professor de física, pouco conhecido, sem "treinamento" formal em astronomia, com um único trabalho científico publicado na Galilean Electrodynamics intitulado "Recoil Interaction Between Photons and The Electrons In The Plasma Of Intergalactic Space Leading To The Hubble Constant And CMB" no qual defende uma teoria de "luz cansada".

[14] Uma supernova tipo Ia, sendo uma estrela em explosão, produz, como resultado do decaimento radioativo, fótons de alta energia. Enquanto no caso de uma supernova estacionária a vida-média de elementos radioativos deveria ser constante, no caso de uma supernova viajando a velocidades próximas da luz, efeitos relativísticos deveriam ser considerados. Segundo o modelo padrão, quanto mais distante a supernova maior a sua velocidade de recessão e, quando as velocidades se aproximam da velocidade da luz, mais lentamente espera-se que os elementos decaiam. Com efeito, observa-se que quanto mais distante a supernova, mais tempo ela leva para se declinar.

[15] Halton Arp, no seu livro "O Universo Vermelho", procura "refutar" estas teorias de luz cansada, cujo mecanismo de perda de energia do fóton é dado pela sua interação com os elétrons espalhados no espaço interestelar,

absorção e reemissão entre fótons de diferentes freqüências. Até o presente momento, parece haver na literatura um total de cinco artigos publicados com este tipo de medida[16]. Ashmore, no seu livro "Big Bang Blasted - The Story of the Expanding Universe and How it Was Shown to Be Wrong", menciona um destes trabalhos, a saber, "Time Dilation from Spectral Feature Age Measurements of Type Ia Supernovae" publicado no *Astronomical Journal* em 1997[17]. Para Ashmore, a análise dos dados feita pelos autores, que afirmam que os dados são consistentes com um universo em expansão, é tendenciosa. Ashmore mostra que pela margem de erro os resultados seriam consistentes tanto com um universo em expansão quanto com um universo estático. Aqui temos um caso de "regressão do experimentador". As "evidências" são assim julgadas "evidências", por ambos os lados, a partir de seus referenciais teóricos, contudo, os referenciais teóricos, eles mesmos, se legitimam através das "evidências" que apresentam. Ashmore critica a atitude de alguns pesquisadores que têm afirmado que a "dilatação do tempo" destas supernovas "refuta" as teorias de "luz cansada" ou "prova" a expansão do universo.

Com relação à influência do desvio para o vermelho no brilho superficial médio das galáxias, o conhecido Teste de Tolman, proposto por Richard Tolman, em 1930, para se decidir se o universo está se expandindo ou não[18], Ashmore menciona a observação do *Hubble Ultra Deep Field*[19]. Para Ashmore, a observação do telescópio espacial é uma evidência convincente de que o universo não está em expansão, ou seja, que o Teste de Tolman favorece o modelo estático

ao apontar que i) "à medida que olhamos para latitudes galácticas menores em nossa própria galáxia, vemos objetos através de uma crescente densidade de gás e poeira até eles serem quase totalmente obscurecidos. Nunca foi demonstrado nenhum aumento de desvio para o vermelho para os objetos vistos através desta quantidade crescente de material" e ii) se considerarmos, como Arp considera, que os quasares estão ligados às galáxias, então objetos que estão à mesma distância, como a galáxia e os quasares a ela relacionados, deveriam, segundo estas teorias de "luz cansada", ter o mesmo desvio para o vermelho. As observações, contudo, mostram desvios para o vermelho bastante diferentes.

[16] (i) Leibundgut etal, 1996, ApJL, 466, L21-L24; (ii) Goldhaber etal, in Thermonuclear Supernovae (NATO ASI), eds. R. Canal, P. Ruiz; LaPuente, and J. Isern; (iii) Riess etal, 1997, AJ, 114, 722; (iv) Perlmutter etal, 1998, Nature, 391, 51 e (v) Goldhaber etal, ApJ in press. Estes foram os artigos encontrados em uma pesquisa até o ano de 2008.

[17] Riess et al, 1997, AJ, 114, 722.

[18] O teste de Tolman é uma comparação entre o brilho médio das superfícies das galáxias em função do desvio para o vermelho entre o universo expandindo e o universo estático. Em um universo expandindo a luz aparente das galáxias cai muito mais rapidamente com a distância do que em um universo estacionário. Deste modo, ao se comparar duas galáxias similares a diferentes distâncias pode-se calcular quanto menor deveria ser o brilho da galáxia mais distante em um universo estacionário em um universo expandindo. Assim, ao se comparar estas previsões com os resultados observados, poderíamos, supostamente, decidir qual modelo é o correto.

[19] Observações realizadas pelo telescópio espacial Hubble de setembro de 2003 a janeiro de 2004 que receberam o nome de "Campo Ultra Profundo Hubble" ou simplesmente HUDF do inglês "Hubble Ultra Deep Field". Na imagem do HUDF estima-se que haja cerca de 10000 galáxias sendo a imagem mais profunda do universo tirada em luz visível. Durante mais de 11 dias o telescópio Hubble recebeu a luz proveniente da mesma região para se produzir esta imagem.

do universo. Eric Lerner, em seu trabalho "Evidence For a Non-Expanding Universe: Surface Brightness Data From HUDF", também defende, a partir da análise de dados de galáxias do *Hubble Ultra Deep Field*, que os dados indicam que o universo não está em expansão. Todavia, os adeptos do modelo do Big Bang se utilizam dos mesmos dados para dizer o contrário. Exemplo disto é o trabalho do astrônomo Allan Sandage intitulado "The Tolman Surface Brightness Test for the Reality of the Expansion"[20]. Portanto, encontramos os mesmos dados sendo apresentados por diferentes teóricos para se defender teorias opostas. Finalmente, é interessante notar que Ashmore, como Zwicky havia feito 70 anos antes, chega, a partir da sua teoria, a uma relação exponencial para a constante de Hubble.

Várias outras teorias de "luz cansada" foram propostas ao longo da história da cosmologia. Citamos algumas das mais conhecidas sem entrar em detalhes a respeito de cada uma delas. O astrônomo alemão Erwin Finlay-Freudlich propôs, em 1953, em um trabalho intitulado "Red-Shifts in the Spectra of Celestial Bodies" que campos de radiação seriam responsáveis pela perda de energia dos fótons. Paul Marmet e Grote Reber, um dos pioneiros da radioastronomia, propuseram, a partir da mecânica quântica, um mecanismo diferente[21]. O fóton, neste modelo, perderia energia ao se colidir com um elétron, sem, no entanto, mudar a sua trajetória. Marmet chegou a calcular este efeito para o Sol e explicou, a partir de sua teoria, um desvio para o vermelho, observado há muito tempo, entre as bordas da fotosfera e o centro do Sol. Por último, citamos outro mecanismo quântico, aquele de Jean Vigier, um dos pioneiros da interpretação estocástica da mecânica quântica, para a perda de energia do fóton. Vigier propôs um modelo de "luz cansada", difícil de refutar, baseado em um novo termo por ele introduzido nas equações da mecânica quântica.

As teorias de "luz cansada", contudo, formam apenas um subconjunto dentro de um conjunto de teorias que buscam oferecer uma explicação diferente para o desvio para o vermelho. Certamente, entre estas teorias se destaca aquela do desvio para o vermelho intrínseco do astrônomo Halton Arp. O autor do *Atlas de Galáxias Peculiares*, publicado em 1966, defende, a partir de sua heterodoxa teoria sobre a origem e a evolução das galáxias, que o desvio para o vermelho indica a idade da matéria, ou seja, é intrínseco a quasares e galáxias, não significando, portanto, velocidade de recessão.

[20] Lori M. Lubin (Caltech, JHU), Allan Sandage (OCIW),"The Tolman Surface Brightness Test for the Reality of the Expansion. IV. A Measurement of the Tolman Signal and the Luminosity Evolution of Early-Type Galaxies".

[21] Ver "A New Non-Doppler Redshift", Paul Marmet, Physics Essays, Vol. 1, No: 1, p. 24-32, 1988.

Na teoria do Big Bang, toda matéria foi criada ao mesmo tempo cerca de 15 bilhões de anos atrás. No modelo de Arp, por outro lado, a matéria é criada continuamente[22]. Nas suas obras "O Universo Vermelho"[23] e "Quasars, Redshifts and Controversies", Arp apresenta uma série de "evidências" empíricas que estabelece um padrão pelo qual uma galáxia velha e grande ejeta material mais jovem que forma galáxias companheiras menores e mais jovens ao redor dela. As galáxias mais jovens, por sua vez, ejetam material que dão origem a quasares[24] e objetos BL Lac[25] ainda mais jovens. Segundo Arp, as evidências indicam que quanto mais jovem é o objeto dentro do grupo, mais alto é o seu desvio para o vermelho intrínseco. O chamado "princípio de Mach"[26] seria a razão pela qual a matéria mais jovem tem maior desvio para o vermelho. Segundo este princípio, toda partícula do universo deriva a sua inércia do restante das partículas do universo. Um elétron, por exemplo, teria massa nula ao nascer no universo. Então, na medida em que o tempo passa, ele recebe sinais das partículas de um volume de espaço cada vez maior e, conseqüentemente, a sua massa cresce na mesma proporção. Logo, se a massa de um elétron saltando de uma órbita atômica para um nível mais baixo é menor, então a energia do fóton de luz emitido também é menor. Neste caso, como sabemos, o fóton mais fraco é desviado para o vermelho.

Para chegar a esta conclusão, Arp começou acumulando "evidências" de que os quasares estavam associados fisicamente a galáxias de baixo desvio para o vermelho. Esta associação constitui uma "anomalia"[27] dentro do modelo padrão. Numa destas investigações, por exemplo,

[22] Não seria exatamente uma criação, mas apenas uma materialização de massa-energia a partir de uma localização diferente.

[23] Tradução original "Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academic". Os tradutores da versão brasileira, André K. T. Assis, professor da Unicamp, e Domingos S. L. Soares, professor da UFMG, explicam, em nota, o significado do título original: "Há dois significados para a expressão 'seeing red'. O primeiro, literal, 'vendo vermelho', refere-se às observações astronômicas de espectros de radiação eletromagnética, sistematicamente deslocados 'para o vermelho', ou, dito de outra maneira, para comprimentos de onda maiores, relativamente aos espectros correspondentes obtidos em laboratório. O segundo, menos comum, pode ser encontrado, por exemplo, no Webste's. 'To see red' significa também 'ficar furioso', 'encolerizar-se'. É mais ou menos análogo a 'ficar roxo de raiva', em português. Arp quer desta forma revelar o seu sentimento íntimo ante idéias diferentes daquelas decorrentes do paradigma científico em voga".

[24] Os quasares, cujo nome vem de Quasi Stellar Radio Sources, foram descobertos em 1961, como intensas fontes de rádio, com aparência ótica aproximadamente estelar, azuladas.

[25] Objeto BL Lacertae, ou objeto BL Lac, é um tipo de galáxia com um núcleo galáctico ativo caracterizado por uma extraordinária variabilidade de fluxo em curtos períodos de tempo, luz polarizada, e um espectro não-térmico sem linhas de emissão ou absorção.

[26] O "princípio de Mach" é o nome dado por Einstein a uma hipótese desenvolvida pelo físico e filósofo Ernst Mach, na sua famosa obra "A Ciência da Mecânica", segundo a qual a inércia se origina da interação entre os corpos. O sentido mais geral da sua hipótese é que as leis físicas locais são determinadas, de alguma maneira, pela estrutura do universo em larga escala. Neste caso, um corpo isolado, no espaço vazio, não teria inércia, ou seja, a massa inercial do corpo é afetada pela distribuição global de massa no universo.

[27] Uma "anomalia", segundo Thomas Kuhn, é um fenômeno para o qual o paradigma da ciência normal não

Arp, utilizando-se do telescópio espacial de raios X ROSAT, trabalhou com a associação entre o quasar Mark205 e a galáxia NGC4319. Arp, ao mostrar as suas "descobertas" aos demais astrônomos do instituto, não conseguiu convencê-los. Os seus colegas descartaram a associação de Arp entre quasares e galáxias e a atribuíram a ruídos e imperfeições dos instrumentos. Este, contudo, não foi um caso isolado. Por diversas vezes, a conexão entre estes objetos foi atribuída a ruídos e, se este não fosse o caso, a alguma coisa errada com o instrumento. Inúmeras vezes, Arp foi acusado de não compreender a "evidência" dos movimentos superluminais[28] ou de ignorar o efeito das "lentes gravitacionais"[29]. Contudo, como é bem sabido, Arp é um astrônomo experiente e tem, durante anos, mantido as suas convicções, sempre apresentando novas "evidências". Como exemplo desta divergência de interpretações, citamos a fotografia de um objeto chamado G2237+0305, também conhecido como cruz de Einstein (figura1).

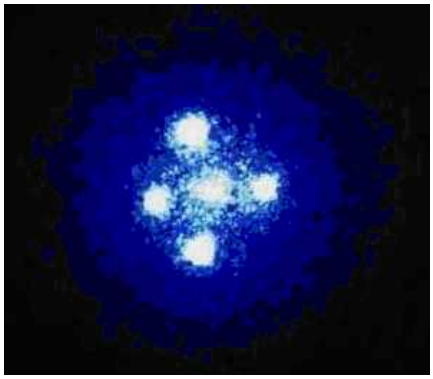

Fig. 1: Cruz de Einstein.

Arp "vê", nesta fotografia, quatro quasares alinhados aproximadamente lado a lado de uma galáxia central, enquanto os teóricos do Big Bang "vêem" uma imagem de quasar que foi

prepara o pesquisador. O reconhecimento, portanto, que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas do seu programa de pesquisa. "Segue-se, então, uma exploração mais ou menos ampla da área onde ocorreu a anomalia. Esse trabalho, somente se encerra quando a teoria do paradigma for ajustada, de tal forma que o anômalo se tenha convertido no esperado. A assimilação de um novo tipo de fato exige mais do que um ajustamento aditivo da teoria. Até que tal ajustamento tenha sido completado - até que o cientista tenha aprendido a ver a natureza de um modo diferente - o novo fato não será considerado completamente científico".

[28] Os movimentos dos jatos em galáxias ativas e quasares parecem ocorrer a uma velocidade acima da velocidade da luz e por isto são chamados de movimentos superluminais. O fenômeno é entendido como sendo, na verdade, a projeção do movimento quando visto a um determinado ângulo em relação à linha de visada do núcleo.

[29] A previsão da relatividade geral de que um raio de luz é desviado ao passar por um corpo massivo levou a se considerar a possibilidade de que certos objetos astronômicos poderiam funcionar como "lentes gravitacionais". Neste caso, a partir de uma única fonte, observaríamos múltiplas imagens. Foi Zwicky quem, em 1937, pela primeira vez considerou que uma galáxia poderia funcionar como fonte. Somente em 1979, a primeira assim chamada "lente gravitacional" foi "descoberta", o quasar "duplo" Q0957+561, dois pontos emitindo idênticos sinais de rádio, mas separados por um pequeno ângulo no céu.

dividida em quatro partes pela ação de uma "lente gravitacional". Assim, o que para Arp é forte "evidência" da associação de objetos a mesma distância com desvios para o vermelho bastante diferentes, o que é uma "anomalia" no modelo padrão, para os teóricos do Big Bang é "evidência" do efeito de "lentes gravitacionais"[30]. Certa ocasião, quando Arp tentou publicar mais uma "evidência" desta associação, desta vez com relação à galáxia NGC1097, o astrônomo chegou a ser acusado, por um árbitro de um periódico europeu, de manipular os dados!

Fig. 2: Jovem-Velha. Ver nota de rodapé 30.

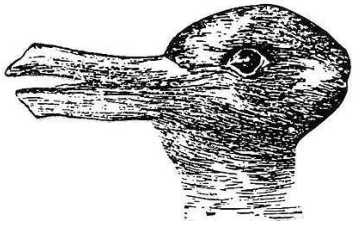

Fig. 3: Pato-Coelho. Ver nota de rodapé 30.

Arp, além de apresentar "evidências" para os desvios para o vermelho intrínsecos de quasares

[30] O filósofo da ciência Norwood Russell Hanson foi um dos primeiros a criticar consistentemente a distinção realizada pelos positivistas lógicos entre linguagem observacional e linguagem teórica. Para Hanson, a linguagem observacional é "contaminada" ou "carregada" de pressuposições teóricas. No seu livro Patterns of Discovery, Hanson argumenta que aquilo que "vemos" ou "percebemos" não é simplesmente a impressão dos objetos sobre os nossos sentidos, mas a informação sensorial filtrada pelas nossas pré-concepções teóricas. Hanson menciona as figuras, muita citadas pela psicologia da Gestalt e reproduzidas nas figuras 2 e 3, da jovem-velha e do pato-coelho que podem ser vista de uma forma ou de outra.

e galáxias, expõe, também, algumas "evidências" para o desvio para o vermelho intrínseco de estrelas. Depois de acumular muitas destas "evidências", mostrando desvios para o vermelho em excesso das Supergigantes das Nuvens de Magalhães, Arp preparou um artigo para submeter ao periódico *Astronomy and Astrophysics*. O artigo, analisado por um especialista nas Nuvens, foi rejeitado com a sugestão de que os dados fossem apresentados, não como prova para o desvio para o vermelho intrínseco, mas como prova da incorreção das medidas espectroscópicas de desvios para o vermelho. A "regressão do experimentador", neste caso, transformou o que seria uma "anomalia", no modelo padrão, em uma crítica a um método de medida.

Finalmente, caso Arp esteja certo a respeito da causa do desvio para o vermelho, não apenas o modelo padrão deverá ser abandonado, como as distâncias dos objetos mais distantes do universo deverão ser revistas, pois podem estar erradas por fatores de 10 a 100, e as suas luminosidades e massas por fatores de até 10000. Teríamos uma visão completamente diferente do espaço extragaláctico. Os astrofísicos Geoffrey Burbidge e Margaret Burbidge são exemplos de pesquisadores bastante conhecidos que defendem, como Arp, a hipótese local dos quasares.

III. AS DÉCADAS DE 40 E 60 E A RADIAÇÃO "CÓSMICA" DE FUNDO

Victor Goldschmidt, considerado o fundador da geoquímica, publicou, em 1937, um trabalho a respeito da distribuição dos elementos químicos. O projeto de extrair, a partir da freqüência de distribuição dos elementos, conclusões a respeito do estado inicial do universo, foi inicialmente levado a cabo pelo físico alemão Von Weizsäcker em 1938[31][32]. O físico nuclear George Gamow desenvolveu, pouco tempo depois, um modelo para o universo inicial que contornasse os problemas dos modelos dos anos 30, como o de Weizsäcker[33]. Gamow, que trabalhou no Projeto Manhattan, construiu uma analogia entre a bomba atômica e o início do universo. A bomba, em um centésimo de milésimo de segundo, cria elementos que vários anos depois ainda são detectados. Analogamente, Gamow especulou que uma explosão universal, de alguns segundos de duração, poderia ter criado os elementos que vimos ainda hoje bilhões de anos

[31] Weizsäcker publicou a sua teoria sobre o universo inicial no periódico Physikalische Zeitschrift.

[32] A astrofísica nuclear foi criada no final dos anos 20 por Atkison, Houtermans, Gamow e Bethe. O trabalho de Bethe, de 1938, sobre a produção de energia nas estrelas foi um enorme sucesso, embora não seja diretamente relevante para a cosmologia.

[33] Os modelos dos anos 30 que buscavam explicar a origem dos elementos, como o modelo de Weizsäcker, falharam por preverem que à medida que o peso atômico dos elementos aumentasse, a abundância deles cairia exponencialmente. Deste modo, o carbono deveria ser trilhões de vezes mais incomum que o hidrogênio, e elementos pesados, como o chumbo, quase que inexistentes, talvez um átomo por galáxia.

depois[34].

Assim, em 1948, Gamow e Ralph Alpher, seu estudante de doutorado, publicaram a "segunda versão" do Big Bang, segundo a qual o universo inicial seria um gás de nêutrons denso e quente decaindo em prótons e elétrons ao longo de sua expansão, dando origem aos elementos leves[35]. Gamow e Alpher ainda especularam que um universo inicial a temperatura de 109 K deveria ser dominado por radiação ao invés de matéria. Ainda, segundo os cálculos de Gamow e Apher, parte desta radiação, que teria esfriado, estaria presente no universo atual. Gamow, Robert Herman, e Alpher publicaram, entre 1948 e 1956, sete trabalhos a respeito desta radiação cósmica de fundo.

Estes trabalhos não atraíram muita atenção até a "descoberta", em 1965, por Penzias e Wilson, da radiação "cósmica" de fundo com espectro térmico de corpo negro na faixa de microondas[36]. Penzias e Wilson mediram um ponto do espectro que eles supuseram ser de um corpo negro. O artigo anunciando a descoberta dos físicos dos Laboratórios Bell menciona somente o excesso de ruído detectado, sem nenhuma observação ao aspecto "cósmico" da radiação[37]. Contudo, à mesma época, Robert Dicke, David Wilkinson e Jim Peebles estavam, em Princeton, construindo um aparato a fim de se detectar a radiação cósmica de fundo, prevista pelos modelos de Gamow e deles próprios. Dicke, ao receber a notícia da medida de Penzia e Wilson teria tido

[34] Gamow tinha um grande talento para popularizar as suas próprias teorias. No se livro de divulgação "One, Two, Three, Infinity", de 1947, ele apresenta a teoria do Big Bang, no último capítulo, como um fato aceito pela ciência. Os seus escritos persuasivos e a sua analogia com a bomba atômica teve um grande apelo para a população pós-guerra. Durante a Guerra Fria, muitos físicos nucleares que haviam trabalhado em projetos de defesa, como o Projeto Manhattan, buscaram uma aplicação pacífica para as suas pesquisas. A nova versão do Big Bang tornou-se um dos tópicos mais fascinantes para este contingente de físicos nucleares, e, com efeito, atraiu muitos deles, como o próprio Gamow. Em 1951, Gamow enviou uma cópia de suas teorias para o Papa Pio XII. O Papa, que havia pouco tempo antes endossado a teoria do Big Bang, declarou, então, em um de seus discursos, que a ciência havia "provado" a existência da criação e do criador.

[35] A chamada teoria da "nucleossíntese do Big Bang", bem descrita no livro popular de Steven Weinberg "The First Three Minutes - A Modern View of the Origin of the Universe", continuou a se desenvolver na medida em que a própria teoria das partículas elementares se desenvolveu e novas observações e descobertas astronômicas foram realizadas.

[36] Os resultados de Gamow e Alpher foram redescobertos pelo físico soviético Yakov Zel'dovich no início da década de 60, e também previsto, independentemente, pelos físicos americanos Robert Dicke e Jim Peebles. A radiação cósmica de fundo tem sido amplamente investigada através dos telescópios espaciais COBE (Cosmic Background Explorer), lançado em 1989, e WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), lançado em 2001, os balões BOOMERang (Ballon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics), lançado em 1997, 1998 e 2003, e MAXIMA (Millimeter Anisotropy Experiment Imaging Array), lançado em 1998 e 1999, e os telescópios terrestres Very Small Array, DASI (Degree Angular Scale Interferometer) e CBI (Cosmic Backgroud Imager). O próximo instrumento a ser utilizado com a intenção de melhorar as observações da radiação cósmica de fundo será o satélite espacial Planck, a ser lançado em 2009.

[37] O título original do artigo foi "A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s". Dicke e seus colaboradores publicaram, a respeito das mesmas medidas, um artigo cujo título já era "Cosmic Blackbody Radiation".

ao grupo de Princeton: "Pessoal, nos passaram para trás"[38]. Assim, a "descoberta" acidental de Penzias e Wilson foi considerada uma "confirmação" da previsão do modelo padrão. O número de artigos anualmente publicados em cosmologia subiu de sessenta, em 1965, para quinhentos em 1980[39].

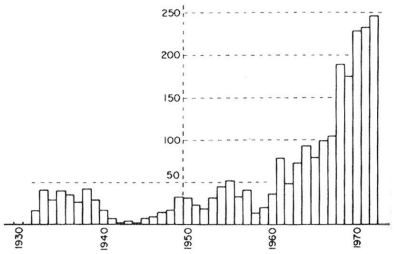

Fig. 4: Crescimento da Cosmologia. Ver nota de rodapé 39.

Porém, o ano de 1948 não foi somente o ano de nascimento da "segunda versão" do modelo padrão. Neste mesmo ano, os físicos Fred Hoyle, Thomas Gold e Hermann Bondi elaboraram uma teoria alternativa. A chamada teoria do estado estacionário se baseia num universo estacionário, infinito e homogêneo no espaço e no tempo. A teoria teve grande repercurssão e muitos adeptos até a década de 1960, quando, a partir de novos desenvolvimentos experimentais, teóricos e observacionais, a teoria acabou desacreditada pela maioria dos astrônomos. Atualmente, o astrofísico indiano Narlikar é um dos maiores defensores da teoria do estado quase estacionário, uma segunda formulação da teoria original. No seu livro "A Different Approach to Cosmology: From a Static Universe through the Big Bang towards Reality", escrito junto com Fred Hoyle e Geoffrey Burbidge, os autores argumentam que a radiação cósmica de fundo, entendida como um remanescente do Big Bang no modelo padrão, é somente o resultado da difusão da luz das estrelas. Além disto, para Narlikar, Hoyle e Burbidge, as estrelas também

[38] No original em inglês: "Boys, we've been scooped".

[39] Na década de 1970, a economia mundial, e particularmente a dos Estados Unidos, entrou em recessão após a crise do petróleo de 1973. Em nenhuma outra área da ciência, excluindo talvez a própria matemática, a pesquisa era tão barata como em cosmologia. Assim, a enorme expansão da cosmologia teórica na década de 70 foi impulsionada por grandes incentivos financeiros para pesquisadores e instituições. Esta foi uma saída para o rápido declínio do dinheiro disponível para pesquisas em ciências físicas, particularmente nos Estados Unidos após o boom de financiamento da Guerra do Vietnam e do Projeto Apollo. No início da década de 1980, período que Eric Lerner chama de final da "era de ouro da cosmologia", época em que a cosmologia teórica já empregava centenas de pesquisadores, praticamente nenhum artigo que desafiasse a teoria do Big Bang era mais aceito para publicação ou apresentação nas principais revistas e convenções. O gráfico mostrado na figura 4, retirado do livro "Quantum Generations - A History of Physics in the Twentieth Century" de Helge Kragh, mostra o crescimento da cosmologia, indicado pelo número anual de publicações sob os nomes "cosmology" e "cosmogony".

são responsáveis por sintetizar os elementos, que no modelo padrão foram criados durante o estado inicial do universo. Finalmente, na teoria do estado quase estacionário, a matéria, como no modelo de Arp, é criada continuamente e ejetada do núcleo das galáxias.

A partir da década de 60, foram apontados vários problemas na teoria do estado estacionário e na teoria do Big Bang. Foi quando o físico de plasma sueco Hannes Alfvén[40], ganhador do prêmio nobel de 1970, e o seu colega Oskar Klein resolveram entrar na disputa com uma terceira alternativa. Klein, na década de 50, já havia proposto que o desvio para o vermelho poderia ser explicado se o universo consistisse em quantidades iguais de matéria e antimatéria. Alfvén, conhecido como o pioneiro da cosmologia de plasma, junto com Klein, desenvolveram, em 1961, um mecanismo pelo qual a matéria e a antimatéria poderiam ser separadas em regiões distintas, a chamada teoria do ambiplasma. Na segunda metade da década de 1960, com o resurgimento da teoria do Big Bang, a cosmologia de Alfvén e Klein foi esquecida.

Hoje, talvez, o mais preeminente defensor da cosmologia de plasma seja o físico americano Eric Lerner[41]. A cosmologia de plasma parte da interessante premissa que o estudo do universo, constituído sobretudo de plasma, deve levar em consideração as interações eletromagnéticas, e não somente, como historicamente tem sido, as interações gravitacionais[42]. No seu livro "The Big Bang Never Happened - A Startling Refutation of the Dominant Theory of the Origin of the Universe", Lerner, partindo basicamente do trabalho de Alfvén, apresenta modelos, baseados nos resultados da física de plasma obtidos em laboratório e em simulações de computadores, para se explicar estruturas do universo em larga escala. Assim, Lerner apresenta modelos para se explicar os quasares, a formação das galáxias e a hierarquia do universo em galáxias, aglomerados e superaglomerados[43].

---

[40] Alfvén foi cético com relação à teoria do Big Bang desde quando tomou conhecimento dela em 1939. Foi o próprio Lemaître quem expôs a sua teoria do "átomo primordial" em uma conferência de Astrofísica em Estocolmo na qual Alfvén estava presente. Segundo Eric Lerner, no seu livro "The Big Bang Never Happened" Alfvén, recordando-se deste dia, havia dito anos mais tarde: "Eu senti, na ocasião, que a necessidade de Lemaître reconciliar a sua física com a doutrina da criação ex nihilo da Igreja foi a motivação para a sua teoria".

[41] Recentemente o livro de Donald E. Scott, engenheiro elétrico e ex-professor da Universidade de Massachusetts, "The Electric Sky", de 2006, o colocou em evidência também como um dos importantes proponentes da cosmologia de plasma. O livro foi bem recebido pelo próprio Anthony Peratt, ex-aluno de Hannes Alfvén. Donald E. Scott mantém o sítio na Internet http://www.electric-cosmos.org/.

[42] Em 1913, o físico norueguês Kristian Birkeland foi o primeiro a prever que o espaço seria permeado de plasma. Em 1937, Alflvén observou que se o universo fosse permeado de plasma, então nele poderia ser gerado um campo magnético galáctico. A partir do trabalho de Alfvén, então, estruturas em escalas astronômicas passaram a ser estudadas pelos seus seguidores a partir do quadro teórico da física de plasma.

[43] Dentre as sua críticas ao modelo padrão, Lerner aponta para o fato que para se chegar à estrutura atual observada do universo a partir do Big Bang seria necessário pelo menos cerca de 70 bilhões de anos.

Anthony Peratt, ex-aluno de pós-graduação de Alfvén em 1969, simulou em um computador a formação de diferentes tipos de galáxias a partir da cosmologia de plasma. Peratt comparou os seus resultados com o *Atlas de Galáxias Peculiares* de Arp e encontrou várias semelhanças. Surpreso, resolveu submeter os seus resultados para a revista *Physics Review Letters* e, depois de ter o seu artigo recusado, para a revista *Nature*. Em ambos os casos, teve seu trabalho rejeitado sob a justificativa de que não poderia haver campos magnéticos nestas escalas. De fato, o paradigma de plasma difere frontalmente do paradigma gravitacional da cosmologia dominante e, sob este aspecto, seria de se esperar que o artigo fosse recusado. Os dois paradigmas, historicamente, fazem parte de tradições distintas[44].

Em outra ocasião, entusiasmado pela notícia da detecção, pelo telescópio de rádio VLA[45], de objetos que o seu modelo de quasares previa, Lerner submeteu o seu trabalho para a revista *Astrophysics and Space Science*. O árbitro da revista rejeitou o seu artigo alegando que a associação entre galáxias e física de plasma era absurda. Finalmente, Lerner teve o seu trabalho publicado na revista de física de plasma *Laser and Particle Beams*, a qual, muito provavelmente, não tem astrônomos e cosmólogos entre os seus leitores. O próprio Alfvén teve vários de seus artigos rejeitados por revistas de astrofísica. Jim Peebles, por exemplo, um importante pioneiro da teoria do Big Bang, reportou que as idéias de Alfvén eram "simplesmente tolas". Já o seu colega de Princeton, Jeremiah Ostriker, comentou: "Não há nenhuma evidência observacional que eu saiba que indique que forças elétricas e magnéticas sejam importantes em escalas cosmológicas"[46]. Não obstante, Lerner tem continuamente afirmado que as evidências existem, como, por exemplo, as "evidências" coletadas pelas sondas espaciais Pionner e Voyager na década de 70 ao redor de Júpter, Saturno e Urano.

A fim de se explicar a freqüência de distribuição dos elementos, Lerner observa que os raios cósmicos, gerados pelas primeiras estrelas da galáxia, em colisão com o ambiente de plasma seria capaz de gerar as substâncias raras que não são criadas pela nucleossíntese estelar. Ainda, para Lerner, a energia liberada na produção do hélio é o suficiente para se explicar a radiação

[44] A própria descrição de Alfvén exemplifica esta diferença de tradições: "Eu sempre achei que a astrofísica deveria ser a extrapolação da física de laboratório, que nós devíamos começar a partir do universo presente e trabalhar para trás, progressivamente, até épocas mais e mais remotas". O contrário, para Alfvén, e também para Lerner, seria, como eles descrevem a teoria padrão, começar a partir de uma teoria matemática, as equações de campo de Einstein, e deduzir, a partir desta teoria, como o universo começou e trabalhar para frente até o universo atual.

[45] Very Large Array.

[46] E. J. Lerner, "The Big Bang Never Happened - A Startling Refutation of the Dominant Theory of the Origin of the Universe", Vintage Books, New York, 1992, p. 53.

cósmica de fundo. A isotropia e a homogeneidade da radiação são explicadas pelos elétrons de alta energia que em movimentos espirais ao redor de linhas de campos magnéticos espalham a radiação. Pela Lei de Kirchhoff, uma lei fundamental da radiação, qualquer objeto emitindo radiação a uma determinada freqüência, também é capaz de absorver radiação na mesma freqüência. Os elétrons, portanto, absorvem e emitem em todas as direções os fótons liberados na produção do hélio. Lerner se utilizou dos dados dos telescópios espaciais COBE[47] e WMAP[48] para corroborar a sua teoria. Os mesmos telescópios, é claro, são utilizados pelos adeptos do Big Bang para corroborar o modelo padrão.

Edward Wright, um destes adeptos e membro de uma das equipes que trabalha com o WMAP, mantém no seu website pessoal da UCLA uma página chamada "Erros in The Big Bang Never Happened"[49]. Lerner, em contrapartida, mantém no seu website pessoal uma página chamada "The Big Bang Never Happened - Dr. Wright is Wrong"[50]. O debate entre os dois físicos, a despeito de todos os instrumentos científicos desenvolvidos até agora para se medir a radiação cósmica de fundo, não chegou a um termo comum. Wright acusa Lerner de não interpretar os dados corretamente, Lerner acusa Wright de não compreender a teoria de plasma. Em 2009, um novo telescópio espacial de microondas, batizado de Planck, foi lançado. Contudo, como se tem observado, os resultados, em si mesmos, não têm sido capazes de "refutar" nenhuma das teorias e, assim, "decidir" pela teoria "correta".

IV. A DÉCADA DE 1980 E O UNIVERSO INFLACIONÁRIO

A colaboração entre a física nuclear e a cosmologia, que começou com Gamow na década de 1940, aumentou na década de 70 quando a física de partículas se tornou um ingrediente importante na nova cosmologia. A contribuição mais notável da física de partículas para a cosmologia moderna foi a teoria do universo inflacionário do físico americano Alan Guth em 1981. Esta "terceira versão" da teoria do Big Bang teve como principal escopo contornar os seguintes problemas identificados no modelo na década de 1970: i) o problema da planura[51],

[47] E. J. Lerner, "Intergalactic Radio Absorption and the COBE Data", Astrophysics and Space Science, Vol. 227, 1995, p.61-81.

[48] D. N. Spergel et al. (WMAP collaboration), "First year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) observations: Determination of cosmological parameters", Astrophys. J. Suppl. 148 (2003) 175.

[49] Disponível em: http://www.astro.ucla.edu/ wright/lerner_errors.html#CMB

[50] Disponível em: http://bigbangneverhappened.org/p25.htm

[51] O problema da planura, "flatness problem" em inglês, foi apresentado pela primeira vez por Dicke e Peebles, em 1969. O problema se relaciona com o fato do parâmetro de densidade para o começo do universo ser

ii) o problema da abundância dos monopolos magnéticos[52] e iii) o problema do horizonte[53].

Deste modo, o modelo de Alan Guth "resolveu" os problemas da teoria do Big Bang e, na década de 1980, desencadeou o desenvolvimento de diversas teorias de universo inflacionário. Isto significou a associação definitiva entre a teoria cosmológica do Big Bang e as novas teorias de partículas. Contudo, para os críticos do Big Bang, a teoria acumulou um excesso de hipóteses ad hoc e entidades não observadas introduzidas para "salvar as aparências", como, por exemplo, o campo responsável pela inflação, a energia escura e a matéria escura. Os teóricos de partículas, eles mesmos, enfrentam os mesmos tipos de problemas[54].

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

O que para os teóricos do Big Bang é uma "evidência" de matéria escura, a saber, a discrepância de medidas entre os efeitos gravitacionais sobre as galáxias e a massa total de suas estrelas[55], para Lerner, por exemplo, pode ser explicado pelas anãs brancas presentes nestas galáxias, com massas de cerca de 1011 massas solares, e o plasma galáctico, detectado somente em ultravioleta e raios-x. Segundo o próprio Lerner, esta detecção foi posta em dúvida, mas, para o físico de plasma, as dúvidas foram dissipadas por novas observações. Os projetos DAMA,

---

praticamente igual ao valor da unidade, o que significa um universo plano. A questão é entender este "ajuste".

[52] O problema da abundância dos monopolos magnéticos, identificado na década de 1970, se relaciona com os modelos de unificação das forças fundamentais eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca, as chamadas GUTs (Grand Unified Theories). Os modelos previam, para os primeiros estágios do universo primitivo, a produção de uma quantidade abundante de monopolos magnéticos, os quais deveriam ser facilmente detectados hoje, o que não acontece.

[53] O problema do horizonte, identificado na década de 1970, se relaciona com o fato da radiação cósmica de fundo ter a mesma temperatura, de forma homogênea, por todo o universo. Esta situação de equilíbrio térmico prevê, portanto, que, em algum momento, a radiação tenha viajado mais rápido do que a velocidade da luz. Pois, se por um lado o universo tem somente 15 bilhões de anos, a distância de um "horizonte" ao outro é de cerca de 30 bilhões de anos-luz.

[54] Ver, por exemplo, os livros "The Trouble With Physics: The Rise of String Theory, The Fall of a Science, and What Comes Next" do físico teórico Lee Smolin e "Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Search for Unity in Physical Law" do físico matemático Peter Woit.

[55] Fenômeno conhecido como o problema da rotação das galáxias. Identificado pela primeira vez por Zwicky em 1933. Louise Volders, em 1959, demonstrou que a galáxia espiral M33 não rodava como se esperava pela mecânica newtoniana. Na tentativa de se solucionar o problema, tem havido propostas na direção ou de se alterar as leis da mecânica ou de supor a existência de uma massa "extra" hipotética, seja matéria escura, seja matéria ordinária.

de "Dark Matter", e outros experimentos[56] com o objetivo de se detectar matéria escura, não obtiveram, a respeito dos seus resultados, consenso na comunidade científica. O físico israelense Mordehai Milgrom propôs, em 1981, uma alternativa à matéria escura, diferente também da proposta de Eric Lerner. Milgron, a fim de explicar o mesmo fenômeno da rotação das galáxias, desenvolveu uma teoria conhecida como MOND (Modified Newtonian Dynamics), segundo a qual a força gravitacional é mais forte a largas distâncias, quando a aceleração gravitacional é extremamente pequena. A teoria parece ser consistente com as observações e possui uma versão relativística, desenvolvida por Milgron e Bekenstein em 1984, conhecida como TeVeS.

Halton Arp, por outro lado, considera este problema da massa "faltante", simplesmente, um falso problema. Arp cita, por exemplo, o aglomerado de galáxias COMA[57], o qual segundo a teoria padrão, que supõe que os seus desvios para o vermelho são velocidades, possui uma massa que excede, em muito, as massas das galáxias que o compõe. Para Arp, contudo, o desvio para o vermelho é, na sua maior parte, intrínseco, não devido à velocidade. Deste modo, portanto, não há nenhuma discrepância entre a matéria detectada e a matéria estimada, e podemos dizer, nas palavras do próprio Arp, "adeus à matéria escura"! Em outro exemplo, Arp cita a associação entre a galáxia NGC3067 com o quasar 3C232. Em 1982, a astrônoma Vera Rubin, uma pioneira no estudo de rotação das galáxias, atribuindo o desvio para o vermelho à rotação ao redor de uma galáxia com muita massa, calculou, para a galáxia NGC3067, uma massa não detectável quase 16 vezes maior que a massa estimada da matéria visível. Este parece ser um exemplo claro de "regressão do experimentador". Enquanto Arp entende o fenômeno como um caso evidente de associação entre quasares e galáxias e desvio para o vermelho intrínseco, os teóricos do Big Bang encontram uma "evidência" notável da existência de matéria escura.

V. CONCLUSÃO

Thomas Kuhn observa, na sua obra "A Estrutura das Revoluções Científicas", que a proliferação de versões de uma teoria é um sintoma muito usual de crise, e que, sobretudo nos

[56] Há vários experimentos atualmente sendo conduzidos, como o CDMS (Cryogenic Dark Matter Search), o XENON Dark Matter Search Experiment, o CRESST (Cryogenic Rare Event Search with Superconducting Thermometers), o DRIFT (Directional Recoil Identification From Tracks) e o ArDM (Argon Dark Matter).

[57] O aglomerado COMA é um aglomerado de galáxias à distância de 99 Mparsec da Terra com cerca de mais de 1000 galáxias identificadas. A região central é dominada por duas galáxias elípticas gigantes, a NGC 4874 e a NGC 4889. Arp considera o aglomerado como o protótipo de aglomerados de galáxias e o caso extremo de companheiras tendo desvios para o vermelho sistematicamente maiores.

primeiros estágios de desenvolvimento de um novo paradigma, não é incomum encontrarmos na história da ciência uma abundância de casos de teorias subdeterminadas pelos dados[58]. Com efeito, a chamada "Open Letter to the Scientific Community"[59], publicada em maio de 2004 na revista New Scientist, é um sinal desta crise na cosmologia. A carta, assinada por centenas de pesquisadores e cientistas do mundo inteiro, professa a insatisfação de seus signatários com o sistema de revisão por pares, dominado pelos adeptos da teoria padrão, que obstrui o debate aberto de idéias discordantes e alternativas nas principais convenções e publicações de astrofísica e cosmologia. Os recursos financeiros e experimentais são também escassos para as teorias cosmológicas alternativas. O resultado desta primeira iniciativa foi a associação de pesquisadores no chamado "Alternative Cosmology Group". O grupo organizou, em 2005, a Primeira Conferência da Crise da Cosmologia, em Portugal, a qual foi seguida, em 2008, pela Segunda Conferência da Crise da Cosmologia, nos EUA[60]. A profusão de teorias para se explicar os principais temas da cosmologia do século XX - o desvio para o vermelho, a radiação cósmica de fundo e a abundância de elementos leves - ilustra bem a riqueza de material para estudos históricos e sociológicos da ciência que podemos encontrar na história da cosmologia. O objetivo deste trabalho foi apresentar, cronologicamente, uma pequena amostra destas controvérsias científicas.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARP, Halton. O Universo Vermelho. Editora Perspectiva, 1ª edição, 2001.

ARP, Halton. Quasars, Redshifts, and Controversies. Interstellar Media, 1987.

ASHMORE, Lyndon. "Recoil Interaction Between Photons and The Electrons In The Plasma Of Intergalactic Space Leading To The Hubble Constant And CMB". In: Galilean Electrodynamics, Vol 17, Special Issue 3, 2006.

ASHMORE, Lyndon. Big Bang Blasted! – The Story of the Expanding Universe and How it was Shown to be Wrong! BookSurge Publishing, 2006.

ASSIS, A. K. T.; NEVES M. C. D.; SOARES, D. S. L. "Hubble's Cosmology: From a Finite Expanding Universe to a Static Endless Universe". In: 2nd Crisis in Cosmology Conference,

[58] T. S. Kuhn, "A Estrutura das Revoluções Científicas", Editora Perspectiva, 6ª Edição, 2001, p. 98-99, 104-105.
[59] Disponível em: http://www.cosmologystatement.org/
[60] Disponível em: http://www.cosmology.info/2008conference/

CCC-2. ASP Conference Series, Vol. 413, p.255, Port Angeles, EUA, 2009.

COLLINS, Harry. Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice. University of Chicago Press, 1992.

COLLINS, Harry. Gravity's Shadow: The Search for Gravitational Waves. University of Chicago Press, 2004.

COLLINS, Harry. PINCH, Trevor. The Golem: What Everyone Should Know about Science, Cambridge University Press, 1993.

GAMOW, George. One, Two, Three... Infinity – Facts and Speculation of Science. The Viking Press, 1961.

GUTH, Alan. O Universo Inflacionário. Editora Campu, 1997.

HANSON, N. R. Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science. Cambridge University Press, 1958.

HOYLE, F.; NARLIKAR, J. V.; BURBIDGE, G. A Different Approach to Cosmology: From a Static Universe through the Big Bang towards Reality. Cambridge University Press, 2000.

KRAGH, Helge. Conceptions of Cosmos: From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology. Oxford University Press, 2007.

KRAGH, Helge. Cosmology and Controversy. Princeton University Press, 1999.

KRAGH, Helge. Quantum Generations – A History of Physics in the Twentieth Century. Princeton University Press, 2002.

KUHN, T. A Estrutura das Revoluções Científicas. Editora Perspectiva, 9a Edição, 2006.

LERNER, Eric. "Intergalactic Radio Absorption and the COBE Data", In: Astrophysics and Space Science, Vol. 227, 1995, p.61-81.

LERNER, Eric. "Evidence for a Non-Expanding Universe: Surface Brightness Data From HUDF". In: AIP Conf. Proc. 822, p. 60-74, 2006.

LERNER, Eric. The Big Bang Never Happened: A Startling Refutation of the Dominant Theory of the Origin of the Universe. Vintage, 1992.

LUBIN, L. M.; SANDAGE, A. "The Tolman Surface Brightness Test for the Reality of the Expansion". In: Astronomical Journal, 122: 1084-1103, 2001.

MARMET, P. "A New Non-Doppler Redshift". In: Physics Essays, Vol. 1, No: 1, p. 24-32, 1988.

NEVES, M. C. D. "A Questão Controversa da Cosmologia Moderna: Hubble e o Infinito –

Parte 1". In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 189-204, ago. 2000.

NEVES, M. C. D. "A Questão Controversa da Cosmologia Moderna: Uma Teoria e suas Incongruências – Parte 2". In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 205-228, ago. 2000.

PERATT, Anthony L. Plasma Universe: Beyond the Big Bang. St. Martin's Press, 2000.

RIESS, A. G. *et al.* "Time Dilatation from Spectra Feature Age Measurements of Type IA Supernovae". In: Astronomical Journal, v. 114, p. 722-729, 1997.

SPERGEL, D. N. *et al.* "First year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Determination of Cosmological Parameters". In: Astrophys. J. Suppl., 148:175-194, 2003.

WEINBERG, Steven. The First Three Minutes: A Modern View Of The Origin Of The Universe. Basic Books, 1993.

SOBRE O AUTOR -

Gustavo Rodrigues Rocha é professor do Departamento de Física da UEFS e doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS. Mestre em História, dentro da linha de pesquisa Ciência e Cultura na História, e bacharel em Física, ambos pela UFMG.

e-mail: grr2001@hotmail.com