

Com início? Ou eterno? Origens e controvérsias na cosmologia em meados do século passado

Antonio Augusto Passos Videira^{1,2} e Cássio Leite Vieira³

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro

²Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

³Jornalista

Resumo

Pouco depois do fim da Segunda Guerra Mundial, a cosmologia – disciplina então em busca de respeitabilidade – viu-se envolvida em polêmica sobre se o universo teria (ou não) tido uma origem. Neste artigo, revistamos esse período, descrevendo as principais ideias e personagens desse evento singular.

Abstract

A few years after the end of World War II, cosmology – a discipline then in search of respectability – was involved in a controversy regarding the question of whether (or not) the universe had an origin. In this article, we review that period, describing the main ideas and names of this unique event.

Palavras-chave: *big bang*, nucleossíntese, teoria do estado estacionário, George Gamow, Fred Hoyle

Keywords: big bang, nucleosynthesis, steady state theory, George Gamow, Fred Hoyle.

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v4n2.41623](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v4n2.41623)

Na história da ciência, a cosmologia, depois do fim da Segunda Guerra, costuma ser designada “cosmologia física”, para contrastá-la com a “cosmologia matemática”, a qual marcou, de certo modo, as duas décadas anteriores.

Naquele pós-guerra, surgem dois modelos que entraram em conflito nas décadas seguintes, até que uma das descobertas mais importantes da cosmologia fizesse com que a comunidade tendesse a um deles. Foi justamente naquele momento que o paradigma de “eterno” foi formulado. Nesse sentido, o universo em larga escala seria imutável, um tipo de princípio cosmológico “forte” ou “perfeito”.

A idade do universo permaneceu como um ponto (bem) polêmico ao longo da história da cosmologia. Na década de 1930, a idade da Terra já era tida como estando na casa de 2 a 3 bilhões de anos. Isso contrariava, por exemplo, as previsões feitas por Albert Einstein (1879-1955) e Willem de Sitter (1872-1934), cujo modelo dava ao universo não mais do que 1,8 bilhão de anos. Porém, medidas atribuíam bilhões de anos a nebulosas. O próprio Georges Lemaître (1894-1966) defen-

dia algo entre 20 e 60 bilhões de anos.

A névoa envolvendo essas questões começou a se dissipar com trabalhos sobre os mecanismos de criação de energia nas estrelas, no final da década de 1930, e, a seguir, com os estudos voltados à abundância de elementos químicos no universo primordial.

Na década de 1940, persistia a visão da cosmologia – ciência praticada então por diminuta comunidade – como uma área em busca de identidade. Mas, logo após o fim da Segunda Guerra, essa imagem mudaria drasticamente.

Em 1948, George Gamow (1904-1968) e colegas, em uma série de artigos, propuseram o que mais tarde (e pejorativamente) seria denominado modelo do *big bang*.

Em termos simples, esse modelo prevê um universo que começou com uma estrutura que reunia toda a matéria do cosmo. Um processo – geralmente, descrito como algo semelhante a uma explosão – fez com que esse “átomo primordial” – para usar a terminologia de Lemaître – passasse a se expandir, gerando, com isso, tanto o espaço quanto o tempo. Ou seja, o espaço-tempo da rela-

tividade geral foi criado nessa explosão/expansão.

Em geral, atribui-se a criação do modelo de *big bang* a Gamow e colegas. Mas vale lembrar que as principais características desse modelo surgiram pelo menos três vezes ao longo da história da cosmologia: i) ainda em 1931, com as ideias de Lemaître; ii) em 1948, com Gamow; iii) em 1965, com Robert Dick (1916-1997) e Phillip Peebles. Aspecto importante do modelo de *big bang* é que ele explica o que aconteceu depois – ênfase neste último advérbio – de uma explosão, a qual, por sua vez, também é hipotética. Ou seja, é uma teoria sobre a evolução do universo e não sobre sua criação.

A construção desse modelo se deu na década de 1930 e deve muito a duas personagens: Lemaître e Gamow. Este último foi também pioneiro na estruturação dessas ideias, com seus artigos sobre nucleossíntese primordial, termo que soa complicado, mas que explica algo simples: a composição química do universo em seus instantes iniciais.

Esses trabalhos de Gamow tinham viés bem acentuado da física nuclear, que se tornaria um tipo de “vedete” das ciências logo após a Segunda Guerra, por causa das duas bombas atômicas lançadas sobre o Japão em agosto de 1945, matando centenas de milhares de pessoas.

Eis uma característica da década de 1950 em relação à cosmologia: física nuclear e de partículas elementares (hoje, de altas energias) adentraram esse campo do conhecimento, em uma relação que iria se estreitar e se fortalecer cerca de 20 anos mais tarde.

Em sua essência, os trabalhos de Gamow – feitos em coautoria com Ralph Alpher (1921-2007) e Robert Herman (1914-1997) – buscavam entender como se formaram os elementos químicos. À época, a pergunta que Gamow – que havia imigrado para o EUA ainda em meados da década de 1930 – e colegas se fizeram foi a seguinte: como se formaram os nêutrons?

Para eles, a sopa primordial – algo semelhante ao átomo primordial de Lemaître – era formada por nêutrons e teria uma densidade inimaginavelmente alta. A essa matéria eles denominaram *ylem* – palavra originada do inglês antigo que significa algo como substância primordial da qual toda a matéria é formada.

Segundo esse trio de astrofísicos, o surgimento dos primeiros núcleos se deu cerca de 20 segundos

depois do *big bang*. À medida que o universo ia ficando mais velho, a densidade de matéria diminuiria.

Em 1948, Alpher e Herman estimaram a temperatura do tênue “calor” resultante do *big bang*, resíduo que, a partir de então, permearia todo o universo, em todas as direções. Segundo esses cálculos, a temperatura dessa “radiação fóssil” do *big bang* estaria na casa dos 5 kelvin (cerca de 268 graus celsius negativos).

Logo após a publicação, esse artigo ganhou alguma atenção, mas, em seguida, caiu na obscuridade, em conjunto com a ideia do *big bang* em si. Isso mostra como ideias extraordinárias (e corretas) podem estar deslocadas no tempo – no caso, um dos principais motivos para esse esquecimento era a falta de dados observacionais e, em alguma medida, a significativa dissociação à época entre cosmologia e dados experimentais.

Nos quase 10 anos seguintes à sua proposição (1948), a teoria do *big bang* teve pouquíssima repercussão na comunidade científica. Prova disso é que foi citada apenas sete vezes. Astrônomos, por exemplo, não reconheciam esses resultados como sendo astronomia. Entre 1953 e 1963, só um artigo foi publicado sobre o tema, assinado por Gamow, Alpher e Herman, reunindo astrofísica e física nuclear.

Gamow vinha de longa tradição em física nuclear – esta última já sob o viés da mecânica quântica. No final da década de 1920, ele havia formulado uma lei para o chamado efeito túnel, que pode ser entendido como o fenômeno no qual uma partícula, mesmo não tendo energia suficiente, consegue atravessar uma barreira – tecnicamente, barreira de potencial.

Exemplo: a cada segundo, um próton tenta escapar (“tunelar”) de um núcleo 10^{40} vezes – sem dúvida, um número impressionante. Como os fenômenos quânticos são probabilísticos, essa partícula tenta tantas vezes que uma hora consegue.

O equivalente macroscópico desse tunelamento seria algo como ficar se atirando contra uma parede e uma hora conseguir chegar ao outro lado – obviamente, algo que só vemos na ficção científica.

Essa linha nuclear de Gamow o levou a se interessar pela nucleossíntese, ou seja, como os primeiros elementos químicos se formaram. Uma consequência dessa linha de pesquisa foi levá-lo a

juntar a teoria da relatividade geral com o modelo de “átomo primordial” de Lemaître, sem adicionar novas leis ou conteúdo filosófico.

Nesse aspecto, devemos salientar nas ideias de Gamow, pelo menos, dois pontos: i) afastamento entre cosmologia e filosofia; ii) o factual, ou seja, modelos baseados em fatos, sem a necessidade de postular aspectos do universo, como vários físicos fizeram na década de 1930 – nesse sentido, caso emblemático foi Arthur Milne (1896-1950), cujo “racionalismo” abriu as portas da cosmologia para a entrada de elementos de metafísica.

Como apontado por historiadores da cosmologia, Gamow trouxe um tipo de pragmatismo para a cosmologia, o que também ajudou a área a se aproximar dos dados observacionais.

Em tempo: Gamow visitou o Brasil na década de 1930 e fez aqui palestras para nossa ainda incipiente comunidade de físicos. A historiografia da ciência ainda deve um artigo mais aprofundado sobre a passagem dele pelo país, mas há evidências de que o objetivo dessa viagem tenha sido o de sondar o Brasil como possível local para onde ele poderia imigrar, em caso da eclosão de uma guerra – o que, como sabemos, ocorreria em 1939.

Depois da Segunda Guerra, Gamow, Alpher e Herman publicaram uma série de artigos que levaram a um modelo que, mais tarde, seria denominado (pelos críticos) *big bang*. O mais conhecido deles saiu em 1948, como resultado da tese de Alpher, orientada por Gamow.

A teoria do *big bang* prevê que parte dos elementos químicos (principalmente, os mais leves) foram formados em um estado inicial do universo ultraquente e ultradenso. Depois dessa “explosão” inicial, o universo teria se expandido.

Mas, como vimos, o principal desdobramento foi a previsão (na verdade, a redescoberta) de que o *big bang* teria deixado um “calor” (uma radiação) de fundo, e que este poderia ser observado. Vendo por uma perspectiva anacrônica, é um desenvolvimento e tanto, mas, à época, poucos cientistas levaram a sério essa consequência.

Fato importante é que a relatividade geral praticamente nada teve a ver com a teoria do *big bang*. Vale lembrar que a gravitação de Einstein vivia naquele momento um tipo de ostracismo, ou seja, não era assunto pelo qual os astrônomos e astrofísicos se interessavam muito.

Os trabalhos de Gamow e colegas trataram de

calcular a quantidade de elementos químicos leves em um universo ainda muito jovem. Por elementos leves, entenda-se basicamente hidrogênio, deutério e hélio.

Em 1922, Gilbert Lewis (1875-1946) – um dos propositores do nome fóton para as partículas de luz – já havia dito que a astronomia deveria aprender com a química e vice-versa. Lewis e Gamow, pela extensão e importância da obra de ambos, são comumente citados como casos de “injustiça” pelo não recebimento do Nobel.

No outro canto no ringue na disputa pelo título de “o modelo” cosmológico, estava outra teoria surgida também em 1948: a teoria do estado estacionário. Seus propositores foram Fred Hoyle (1915-2001), Hermann Bondi (1919-2005) e Thomas Gold (1920-2004).

Considerado à época a única alternativa séria ao *big bang*, o modelo desse trio teve boa recepção por parte da comunidade. E também pelo grande público. Hoyle era exímio divulgador da ciência. Escreveu textos para o grande público e falava de forma simples e clara em programas populares de rádio. Talvez, seu livro mais famoso seja *Cosmologia* (1952).

Isso mostra que a divulgação científica nem sempre está ao lado de causas corretas, como muitas vezes defendem praticantes dessa atividade que têm como objetivo transformar a ciência em um tipo de “religião” sempre detentora da verdade.

A teoria do estado estacionário defendia – corretamente, com base em trabalhos importantes de Hoyle – que os elementos mais pesados eram formados na fornalha das estrelas, com base na fusão nuclear (processo no qual núcleos leves se fundem para formar aqueles mais pesados). E parte dos núcleos mais pesados teria seu nascedouro em supernovas (explosões de estrelas maciças que chegam ao fim da vida).

A ideia central desse modelo era explicar um universo em expansão que não havia tido um começo no tempo – isto é, para seus criadores, o universo sempre havia sido do modo como era à época (e ainda hoje) observado. Outra característica marcante: o universo seria dotado de um tipo de “princípio cosmológico perfeito”. Explicando: em grande escala, ele seria totalmente homogêneo, tanto espacial quanto temporalmente.

Como, à época, a expansão do universo já era

bem aceita – e uma das evidências desse movimento era o desvio para o vermelho da luz das nebulosas –, o modelo de estado estacionário acomodava esse dado observacional importante, admitindo um universo que se expandia.

No entanto, o modelo tinha reverses – e não eram poucos. Por exemplo, sabia-se que, ao se expandir, o universo necessariamente deveria diminuir sua densidade de matéria. Como explicar, então, com base em um modelo de universo que sempre existiu no tempo (eterno), essa diminuição de densidade?

Para os autores, haveria, em locais (não especificados) do universo, “criadouros” de matéria, o que compensaria o decréscimo da densidade causado pela expansão de um universo que sempre existiu. Porém, nunca se aprofundaram nesse mecanismo, que violaria a conservação de energia – “nada se cria; tudo se transforma”. E nem deram detalhes sobre as regiões onde isso ocorreria – limitaram-se a apontá-las entre as galáxias.

Os tais criadouros de matéria eram um artifício *ex nihilo*, ou seja, matéria surgindo do nada, o que trouxe outra dose de metafísica para a cosmologia. Essa constante criação de matéria – cujo mecanismo responsável Hoyle denominou “campo C” – evitaria, assim, a tal “morte térmica” do universo.

Essas ideias sobre criação de matéria tinham antepassado. James Jeans (1877-1946), por exemplo, conjecturou, ainda em 1928, que os centros das nebulosas seriam fábricas de matéria. Paul Dirac (1902-1984) e Pascual Jordan (1902-1980) também lançariam ideias sobre o tema na década seguinte.

Nobel de 1923, Robert Millikan (1868-1953), na década de 1920, defendia que, no universo, a radiação desaparecia e reaparecia na forma de hidrogênio – proposição inspirada em William Mac-Millan (1871-1948).

Essas ideias de Millikan foram desbancadas mais tarde por Arthur Compton (1892-1927), Nobel de 1927 e também grande especialista em radiação cósmica – por sinal, outro cientista renomado que visitou o Brasil (no caso, em 1941).

Um dos problemas com os propositores do estado estacionário é que, a cada revés, por conta de dados observacionais que contradiziam o modelo, eles apresentavam propostas *ad hoc*, ou seja, voltadas para explicar só aquele fato específico, que

havia sido desbancado pelas observações.

Isso fez com que, ao longo das décadas seguintes, essa teoria fosse se moldando às críticas e aos dados observacionais, terminando por ficar muito descaracterizada em relação ao que era sua versão original.

Entre essas estratégias, esteve, por exemplo, a defesa de que a carga elétrica do elétron seria diferente da do próton, o que resultaria em uma repulsão (eletromagnética) que explicaria a expansão do universo. Esse tipo de hipótese tinha consequências severas e profundas para a física, pois implicaria mudar um “Santo Graal” dessa ciência: as equações de Maxwell, que descrevem os comportamentos dos fenômenos eletromagnéticos, como a luz.

Experimentais tentaram medir essa hipotética diferença entre cargas e não encontraram dados que corroborassem essa ideia. Aqui há aspecto interessante: há historiadores que defendem que, pela primeira vez, um modelo cosmológico foi abandonado com base em resultados de experimentos feitos em laboratório.

O impulso sofrido pela radioastronomia na década de 1950 trouxe significativa quantidade de dados que afrontavam as hipóteses do estado estacionário. Mas, mesmo assim, essa nova área – cuja essência é coletar e analisar as ondas de rádio emitidas pelos corpos celestes – não pôde decidir entre um e outro modelo.

Isso só ocorreria com o tempo. Planck dizia que uma teoria não supera a outra; na verdade, o que ocorre é que os defensores de uma acabam envelhecendo e morrendo, e novas gerações tornam-se adeptas de outra.

Apesar disso, muitos cosmólogos consideram que a contribuição da radioastronomia para o estudo do universo foi mais importante do que os 1 mil anos anteriores de astronomia e religião.

Em 1955, veio o que é considerada a primeira evidência experimental contra o estado estacionário: a contagem de fontes cósmicas que emitiam ondas de rádio. A razão entre esses objetos (com brilho fraco) e aqueles com brilho intenso era muito alta. Se o universo era eterno, isso soava paradoxal, pois a luz de ambos deveria chegar a nós com a mesma “intensidade”.

Já a teoria do *big bang* tinha explicação plausível para o fato: a luz das fontes mais fracas não teria tido tempo suficiente para nos alcançar, pois

o universo tem uma idade finita.

Estratégia comum dos adeptos do estado estacionário está explícita no dito popular “A melhor defesa é o ataque”. A reação deles era a de que as observações sobre as fontes de rádio estavam incorretas. Então, além das modificações que faziam no modelo para adequá-lo a críticas ou dados observacionais, eles costumavam atacar o opositor, apontando problemas – e eles existiam! – no *big bang* – por sinal, o nome *big bang* foi cunhado, em tom pejorativo, por Hoyle, em 1950, em um programa de rádio.

Hoyle dizia que o *big bang* tinha elementos do cristianismo – algo de que o modelo de Lemaître também já havia sido acusado. À época, o papa Pio XII declarou, contra a vontade de Lemaître, que a moderna cosmologia (isto é, *big bang*) confirmava as ideias teológicas.

No começo da década de 1960, o estado estacionário oferecia uma explicação que soava muito mais plausível que a do *big bang* para a formação de galáxias. Este último modelo falhava, por exemplo, ao explicar a não existência de certos elementos leves estáveis com massa atômica igual a cinco e a oito. Ou seja, o *big bang* não contemplava nem as reações que adicionavam uma partícula (próton ou nêutron) ao núcleo de hélio, nem a fusão de dois núcleos deste último elemento.

Esses problemas só foram explicados teoricamente na segunda metade da década de 1950. Mas, até então, foram uma “pedra pontuda” no sapato do *big bang*, que, por conta da estabilidade de certos núcleos (hélio), só explicava a criação de elementos até o lítio. Hoje, sabemos que os elementos químicos mais pesados foram criados em estrelas “normais” e em supernovas.

Foi também naquela década de 1960 que vários modelos competiram entre si. Além do *big bang* e das variações do estado estacionário – por exemplo, universos que se contraíam –, havia outros, baseados em universos oscilatórios e em modelos da gravidade alterada. Alguns deles feriam leis básicas da física, como as da termodinâmica.

Some-se a essa arena de competição o fato de que ainda havia dúvidas sobre a relatividade geral ser completamente correta. Para se ter ideia, foi apenas na década de 1960 que o desvio da luz por uma estrela foi comprovado com precisão aceitável – ou seja, praticamente 40 anos depois da dita comprovação histórica da relatividade ge-

ral em um eclipse em Sobral (Brasil) e na Ilha de Príncipe (África). Nesse sentido, os dados trazidos pela radioastronomia ajudaram a acabar com essas dúvidas.

À época, muitos modelos davam, ao universo, idade por volta de 1,8 bilhão de anos. Isso contradizia, por exemplo, a idade de rochas na Terra, bem mais antigas que isso. O problema desses modelos era, na verdade, um valor muito defasado para a constante de Hubble. Essa questão só seria resolvida no início da década de 1950, quando medidas mais precisas dessa constante vieram a público.

Pode parecer que o embate entre esses dois modelos era do tipo “o claramente certo” contra “o obviamente errado”. Mas, à época, foi um enfrentamento entre iguais, resultando em debate rico entre defensores e críticos de cada um deles – e isso foi essencial para remexer os fundamentos filosóficos da cosmologia e, de certo modo, contribuir para excluir ou, ao menos, diminuir a importância de elementos metafísicos nessa área.

A partir da década de 1950, com boa ajuda do debate entre esses dois modelos, ganhou força a discussão sobre se a cosmologia era filosofia ou não. Autores conceituados chegaram a declarar que essa área nunca seria uma ciência e que só poderia prosperar e se manter com base na metafísica e não em dados observacionais.

Some-se a essa discussão mais um elemento: questões ideológicas. Na ex-União Soviética, considerar o universo “como um todo” ia contra o materialismo-dialético, filosofia que norteava o tipo de socialismo adotado naquele país.

Os ideólogos soviéticos – muitos sem conhecimento das complexidades matemáticas e fenomenológicas da cosmologia – simplesmente descartavam essa área, chegando a classificá-la como “tumor canceroso”, lembrando que um padre (Lemaître) havia contribuído para sua formulação, e o próprio papa (Pio XII) havia aprovado essas ideias. Disso tudo, resultavam qualificativos para a cosmologia como mitológica, idealista e clericalista – ou seja, boa parte daquilo que o regime soviético execrava.

Os soviéticos não tinham nada contra a expansão, mas eram radicalmente contra se estabelecer uma idade finita para o universo. Esse cenário – hoje, visto como retrógrado e alimentado por postura filosófica inadequada – só mudaria na década

de 1960, com a entrada em cena de novos cosmólogos bem formados, produtivos e influentes na URSS, respeitados intelectualmente no exterior. Foi o caso de Yakov Zeldovich (1914-1987) e do não menos brilhante Andrei Sakharov (1921-1989).

O estado estacionário também não obtinha críticas menos severas na ex-URSS. Era acusado de incorreto, por violar algo sagrado para os materialistas: a conservação de energia (e, portanto, matéria). Na China da “Revolução Cultural”, de Mao Tsé Tung (1893-1976), entre 1967 e 1977, a cosmologia também foi rejeitada com base em justificativas igualmente pouco científicas. Estranhamente, isso se deu em período em que a relatividade geral já havia se consagrado como correta, o que ocorreu graças a descobertas e experimentos a partir da década de 1960.

O clero britânico também antipativava com o modelo de estado estacionário, pois o modelo negava o ato de criação – este associado ao *big bang*. Os teólogos daquele país escreveram artigos para jornais e chegavam a criticar o modelo em sermões.

Para críticos da cosmologia, a criação de um modelo cosmológico teria sempre elementos estéticos, visões, crenças, idiosincrasias etc. Em outras palavras, cosmologia sempre haveria de ser questão de “gosto pessoal” ou filosófica.

Modelos surgidos naquelas duas últimas décadas acabaram sendo tachados, uma vez mais, de “modelos de brincadeira”, ou seja, sem vínculos maiores com a realidade, sendo só curiosidades “matemáticas”.

Esse foi o caso do modelo de 1949 de Kurt Gödel (1906-1978), cujo universo era dotado de propriedades peculiares: i) rotação; ii) era estático (não expandia); iii) era infinito; iv) tinha constante cosmológica diferente de zero; v) e permitia viagens temporais para o passado.

Obviamente, o último item acima foi o que mais chamou a atenção dos cosmólogos em 1949, quando esse artigo foi publicado em um livro-homenagem a Einstein, o qual reforçou o caráter hipotético daquelas ideias, mas saudou a contribuição teórica que o trabalho trazia.

No artigo, Gödel introduziu o paradoxo do avô (ou avós). Explicando: uma pessoa viaja ao passado, mata os avós, e, com isso, vem a pergunta: como esse viajante existiria? Implicação disso é

que o “passado” está sempre presente. Como consequência desse paradoxo e de outras propriedades de seu universo, Gödel – do ponto de vista só filosófico – argumentou que o tempo, como nós o conhecemos, não existe.

A radiação cosmológica de fundo foi descoberta por acaso em 1964, quando Arno Penzias (1933) e Robert Wilson (1936) – ambos trabalhando para os Laboratórios Bell – notaram que havia um “ruído” persistente e estranho em um novo tipo de antena que eles testavam. Por esse feito, ganharam o Nobel de 1978.

Essa descoberta – rapidamente aceita – tornou-se marco na história da cosmologia: essa área se tornaria, a partir daí, ciência para a esmagadora maioria da comunidade de cosmólogos e astrofísicos. Esse calor sutil corresponde àquele emitido por um corpo negro a 4 mil graus, temperatura do universo cerca de 380 mil anos depois do *big bang*.

Com a radiação cosmológica de fundo, a cosmologia caminhava rumo a um paradigma: o *big bang* – termo que desagradava parte dos defensores dessa teoria. Mas não sem resistência do modelo concorrente, o universo estacionário, que manteria sua estratégia de ir se modificando e criticando o opositor – no caso da radiação cosmológica de fundo, os ataques foram feitos em relação à precisão das medidas.

Na década de 1960, a relatividade geral – que continuava “fora de moda” como tema de pesquisa desde a primeira metade do século passado – ganhou momento com resultados teóricos, como os obtidos por Roger Penrose e Sakharov. Sakharov é o autor de um dos artigos mais importantes da cosmologia. Nele, esboçou três condições para que, no processo do *big bang*, houvesse sido criada uma quantidade de matéria um pouco maior do que de antimatéria – esta última é quase exceção no universo.

Ou seja, Sakharov respondeu à intrigante pergunta: por que há muito mais matéria do que antimatéria no universo, já que ambas deveriam ter sido criadas na mesma proporção, segundo as leis da física?

Segundo uma das condições propostas por esse físico, para cada 10 bilhões de partículas antimatéria, criaram-se 10 bilhões mais uma partícula de matéria. Cada “enxame” de 10 bilhões de antimatéria foi aniquilado por outro bando de 10

bilhões de matéria, dando como produto final luz (matéria + antimatéria = luz).

Esse excesso (1 partícula de matéria para cada 10 bilhões delas) é responsável por toda a matéria visível observada hoje no universo. Outra das condições de Sakharov para essa assimetria é que o próton teria que decair, ou seja, transformar-se em outras partículas.

A vida média de um próton, segundo modelos teóricos, vai de 10^{31} a 10^{36} anos – lembrando que a idade do universo está na casa dos 10^{12} anos. Uma das ideias que têm norteado os experimentos é juntar um material rico em prótons (na casa de 10^{35} dessas partículas nucleares) e tentar observar se um ou mais deles decaí – algo que, até hoje, não foi visto experimentalmente.

Sakharov – cujo modelo cosmológico era cíclico – passou parte de sua carreira desenvolvendo artefatos nucleares para a ex-União Soviética e se tornou dissidente político em seu país. Por suas ideias, foi perseguido e preso pelo governo soviético. Em 1975, ganharia o Nobel da Paz, por sua militância contra a proliferação de armas nucleares.

Houve também, a partir da década de 1960, a descoberta de novos corpos celestes, por causa de avanços na área de instrumentação científica. Por exemplo, foram descobertos: i) os quasares, corpos ultracompactos que podem emitir mais luz que uma galáxia com 100 bilhões de estrelas; ii) os pulsares, estrelas de nêutrons, igualmente densas, que, dotadas de campos magnéticos extremos, emitem radiação eletromagnética a intervalos regulares, de modo semelhante ao que faz um farol marítimo.

Em 1967, por exemplo, Wheeler cunhou o termo “buracos negros” para designar corpos espaciais que, por conta de um campo gravitacional intenso, devoram luz e matéria ao seu redor.

A ideia de buracos negros como um horizonte que, uma vez ultrapassado, não permite a volta de matéria e luz (daí, o termo “negro”) foi esboçada em artigo de 1939, por Robert Oppenheimer (1904-1967) e seu colaborador Hartland Snyder (1913-1962). Oppenheimer, vale lembrar, foi o chefe científico do Projeto Manhattan, que levou à construção das duas bombas atômicas lançadas sobre o Japão em agosto de 1945.

Para a cosmologia, a década de 1960 ficou polarizada: norte-americanos tendiam ao *big bang*;

britânicos tinham simpatia pelo estado estacionário; e a União Soviética desprezava essa área. O período é marcado também por encontros internacionais sobre gravitação ou temas afins, como foi o caso das Conferências de Solvay de 1964 e 1973.

Outras marcas do período: i) diminuição acentuada na aceitação da teoria do estado estacionário – porém, cerca de três décadas mais tarde, havia ainda defensores dessas ideias; ii) aumento no número de publicações – do início da década de 1950 até o começo da seguinte, publicavam-se cerca de 30 artigos sobre cosmologia por ano; ao longo da década de 1960 até meados da seguinte, essa taxa chegou a 250 artigos/ano; iii) ganha força o estudo do “fim” do universo, pois a ênfase, até então, havia sido o início.

Por fim, vale comentar brevemente a constituição do universo, porque o tópico foi relevante nas últimas décadas do século passado. Hoje, sabemos que toda a matéria visível observada responde só por 5% da composição do cosmo. Outros 25% são denominados matéria escura – o adjetivo se refere ao fato ela não emitir luz.

Então, como sabemos que ela está lá?

A ideia de matéria “invisível” é antiga. Remete, por exemplo, a filósofos de 5 a.C., que postulavam a existência de uma antiterra ou antimundo. Mais tarde, pensadores no Renascimento voltaram ao assunto, mas a matéria escura só chamou a atenção na década de 1930, quando Fritz Zwicky (1898-1974) percebeu que a velocidade de rotação de certas galáxias só podia ser explicada caso se assumisse que elas teriam a maior parte de sua matéria na forma invisível.

A ideia da existência de uma matéria “invisível” (ou escura) passou a ser levada a sério só na década de 1970, quando ocorreu uma profissionalização dos cosmólogos, somada a uma exclusão (mas não total) dos filósofos dessa recém-nascida ciência.

Duas décadas mais tarde, aqueles primeiros contatos da cosmologia com a física de altas energias (ou partículas elementares) se amalgamaram com mais vigor: pela primeira vez, um acelerador provaria um argumento cosmológico, mostrando qual deveria ser a relação entre fótons (partículas de luz) e núcleons (prótons e nêutrons) no início do universo.

De certa forma, esse resultado lembra experi-

mento feito – também em laboratório, mas na década de 1950 – que testou se a carga do elétron e a do próton seriam diferentes. Os resultados negativos descartaram argumento igualmente cosmológico que tentava defender o modelo de estado estacionário.

Naquele final de século, um consenso já havia se desenhado: o modelo padrão seria o do *big bang*, dotado de constante cosmológica nula. Basicamente: o universo teria evoluído a partir de um estado muito denso; teria idade finita (por volta de 10 bilhões de anos); e estaria se expandindo com velocidade constante – este último tópico iria sofrer uma reviravolta (dita revolucionária) antes que aquele século se findasse.

Sobre os autores

Antonio Augusto Passos Videira (guto@cbpf.br) é doutor em filosofia da ciência pela Universidade de Paris VII (Denis Diderot). É professor titular da UERJ, além de professor no Programa de Ensino e História da Matemática da UFRJ. Professor convidado no Instituto de Biofísica (UFRJ) e pesquisador colaborador no CBPF.

Cássio Leite Vieira (cleitevieira@gmail.com) é doutor em história da ciência pela UFRJ, jornalista *freelancer* especializado na cobertura de ciências exatas e historiador da física.

Referências

- [1] H. Dingle, *Aristotelismo moderno*, *Scientiae Studia* **3**(2), 249–254 (2005). Disponível em https://www.scientiaestudia.org.br/publicacoes/revista/cont_03_02.html, acesso em ago. 2023.
- [2] H. Kragh, *Conceptions of Cosmos: From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology* (Oxford University Press, 2006).
- [3] A. A. P. Videira, *Herbert Dingle e as relações entre ciência e filosofia no alvorecer da cosmologia moderna*, *Scientiae Studia* **3**(2), 243–248 (2005). Disponível em https://www.scientiaestudia.org.br/publicacoes/revista/cont_03_02.html, acesso em ago. 2023.
- [4] H. Kragh, *Cosmology and Controversy – The Historical Development of Two Theories of the Universe* (Princeton University Press.).
- [5] J. Merleau-Ponty, *Cosmologie du Vingtième Siècle* (Gallimard, Paris, 1965).
- [6] J. D. North, *The measure of the Universe – A history of modern cosmology* (Clarendon Press, Oxford, 1965).