



## **COSMOLOGIA**

**DANIEL BERG DE AMORIM LIMA**

Monografia apresentada como parte da exigência da disciplina Física Contemporânea do Curso de pós-graduação em ensino de física da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

Orientador: Prof. Dr. Militão Vieira Figueredo

**Petrolina – PE**

**2014**

## **1. INTRODUÇÃO**

A cosmologia é uma ciência multidisciplinar que vem a estudar a origem, estrutura e evolução do Universo, tendo como principal objetivo o entendimento de como o Universo se formou, que “caminho” tomou para se encontrar na atual estrutura e qual será seu destino no futuro. Dentro deste contexto multidisciplinar destacam-se as ciências como a Física, com suas leis que descrevem os fenômenos, a Química, que traz sua contribuição com as informações sobre a composição da matéria no meio interestelar, a matemática, que contribui como ferramenta para registrar os dados observados e a astronomia, com as formas que são conhecidas de observação, tendo esta os vínculos mais próximos. (NETO, 2011)

A humanidade sempre foi fascinada pelo céu, com a infinidade de estrelas e com o brilho dos planetas. Religiões, mitos e crenças sempre existiram quando se trata do espaço celeste. Desta forma, a origem histórica da cosmologia está diretamente ligada aos conceitos míticos, onde os povos primitivos buscavam, mediante sua visão de mundo limitada, explicações da origem do espaço em que habitavam. (MOYSÉS, 2002)

A cosmologia não tem respostas para tudo, ela se propõe a trazer respostas fundamentais como o que é o universo, se teve um início, e quando passou a existir, como é formado, como evolui e se terá um fim.

## **2. A HISTÓRIA DO UNIVERSO**

O estudo dos astros teve início em tempos remotos, desta forma a cosmologia pode ser bem representada pela astronomia desenvolvida pelos povos mesopotâmicos e pelos egípcios, e veio a florescer com os gregos antigos, que deram sua contribuição na busca de explicar o movimento dos corpos celestes. Dentre eles, Platão, Hiparco, Aristarco, Eudoxo, Ptolomeu dentre outros. Os povos árabes também deram sua contribuição, nomeando boa parte das estrelas e constelações. (NETO, 2011)

Os filósofos gregos buscavam explicar o movimento dos astros através de modelos matemáticos e geométricos, dentre eles, o modelo geocêntrico de Aristarco, aprimorado por Ptolomeu, com seus epiciclos. Este modelo perdurou por mais de 15 séculos e descreve o pensamento equivocado do homem em colocar-se sempre como o centro dos acontecimentos.

Sabe-se, no entanto que a terra se encontra em órbita entorno do Sol, uma “pequena” estrela que se encontra na extremidade de uma galáxia normal, a Via Láctea. Esta galáxia faz parte

de um grupo de galáxias, sendo este um grupo local e está localizado na periferia de um grande cúmulo de galáxias. De forma que, mesmo este cúmulo, denominado cúmulo de virgem, é considerado pequeno em relação aos grandes cúmulos de galáxias que se pode observar em outras partes do Universo. (OLIVEIRA, 2013)

O fim do geocentrismo, e o avanço do estudo da estrutura do Universo se deu com Copérnico, Brahe, Kepler, Galileu Galilei, nos séculos 15, 16 e 17, tendo como marco o desenvolvimento de leis físicas e observações, com o desenvolvimento de telescópios e observatórios. O Universo passa a ter uma concepção mais realista. No século 18, pesquisadores como Kant e Lambert propõe um modelo de “universos-ilhas”, sendo a Via Láctea uma dessas ilhas, assim como as chamadas nebulosas. (NETO, 2011)

Em 1826 surgiu um questionamento que ficou conhecido como o paradoxo de Olbers, tal questionamento anteriormente já havia sido levantado por Kepler e estava ligado ao fato de as noites serem escuras. Olbers questionou o fato de que se o Universo for realmente infinito e que possui um numero infinito de estrelas, então o brilho do céu também deveria ser infinito. A resposta para o paradoxo de Olbers veio um pouco mais tarde com a teoria do Big Bang, a explicação aceita para tal fato é que o céu não é brilhante pelo fato de que o Universo é relativamente jovem e portanto não é observado a luz de todas as estrelas por que elas ainda não chegaram ate a terra, de fato, a luz leva anos para percorrer o espaço no Universo. (NETO, 2011)

O Big Bang é hoje a teoria mais aceita quando se refere à origem do universo. Esta teoria está baseada na relatividade do físico Albert Einstein e nos estudos dos astrônomos Edwin Hubble e Milton Humason e foi anunciada pelo cientista russo George Gamow e o astrônomo belga Georges Lemaître. Albert Einstein desenvolveu a teoria da relatividade geral por volta de 1915, que foi tomada como base por Friedman, em seu estudo, onde mostrou que o Universo pode mudar com o tempo. A mesma conclusão foi obtida por Lemaître de forma independente. (NETO, 2011)

Edwin Hubble fez uso do telescópio instalado na Califórnia em 1923 e verificou que a Via Láctea não era a única galáxia. Mais tarde, em 1929, Hubble, ao medir o deslocamento para o vermelho nas linhas espectrais das galáxias descobriu que tais galáxias estavam se afastando de forma proporcional a sua distância, aonde quando mais distante fosse a galáxia maior seria sua velocidade de afastamento. (OLIVEIRA, 2013)

Como previa as teorias de Friedman e Lemaître, Hubble descreveu sua lei que vinha a determinar a expansão do Universo. Trazendo esta afirmação para o passado, conclui-se que o Universo em algum momento foi nulo, e que em algum momento ele teve um início, vindo a favorecer a teoria do Big Bang. Uma forma de compreender a expansão do Universo é através da analogia com uma bola de assopro, onde as galáxias estão na superfície da mesma e à medida que ela é cheia ocorre o afastamento das mesmas. (NETO, 2011)

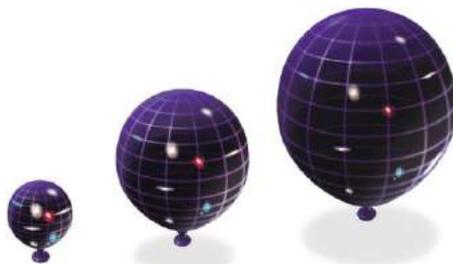


Fig.01: Analogia com a expansão definida pela lei de Hubble.

A teoria da relatividade geral de Einstein é a base para a cosmologia, trazendo a relação de matéria e energia com a geometria do Universo, de forma que a quantidade de energia e de matéria determina a geometria do mesmo, que pode ser plana, aberta ou fechada. O parâmetro que as diferenciam é a densidade matéria e energia. Se a densidade for igual à densidade crítica, definida por Hubble, o universo tem geometria plana, em caso de menor, a geometria será aberta, como a de uma sela de cavalo, tendo estes dois casos, a compreensão de um Universo infinito. No caso da densidade ser maior que a crítica teria então um Universo finito com formato semelhante a uma esfera. (NETO, 2011)

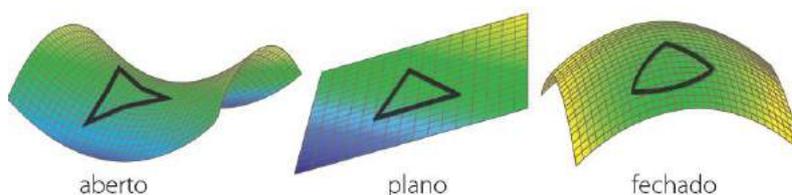


Fig.02: As três possíveis geometrias do Universo.

A história do Universo, segundo a teoria do Big Bang, pode ser contada a partir do intervalo de tempo denominado tempo de Planck. O que antecedeu a isto, as leis físicas não podem explicar, segundo a teoria da relatividade geral, onde as propriedades como densidade e temperatura são infinitas. Na época denominada de Planck, o Universo estava incrivelmente quente e denso, de forma que toda a massa e energia cósmica observável hoje possuía um volume semelhante ao de um elétron. Tal período é também chamado de Época de Grande Unificação. Após o Big Bang ocorreu o que se chama inflação, o Universo passa a expandir e liberar energia, portando começa a se resfriar. Esse período de inflação tem um ponto importante, pois a expansão de forma exponencial proporcionou uma homogeneidade no

tecido espaço-tempo que se tem hoje. Outros dois pontos importantes e decorrentes da inflação é a uniformidade do Universo e sua planificação. (NETO, 2011)

Após a inflação, ocorreu a aniquilação da antimatéria devido a quebra de equilíbrio com o resfriamento e a assimetria que existia entre o número de partículas de matéria e antimatéria. Quando a temperatura diminuiu para 1 trilhão kelvin, os quarks começaram a se unir formando núcleos atômicos e formando assim elementos, os átomos, tal fenômeno ficou conhecido como nucleossíntese primordial, que veio a formar elementos como hélio, lítio, berílio e boro. Quando a temperatura atingiu 9200k, juntamente com a expansão, as densidades de matéria e radiação se equipararam proporcionando o surgimento de estruturas. Como o decaimento com a expansão era a quarta para a radiação e ao cubo para matéria foi possível se obter este momento que foi denominado fim da era da radiação. (NETO, 2011)

A radiação cósmica de fundo em microondas é uma evidencia de que em outra época o universo era extremamente quente e denso e suas condições impossibilitava o surgimento de planetas e estrelas. Sua composição era constituída de radiação e partículas elementares extremamente quentes e ficou denominado “plasma primordial”. (WUENSCHKE, 2003)

Quando a temperatura atingiu 3000k a idade estimada do Universo era 400 mil anos. Nesta época não existiam mais fotos energéticos para assegurar que a matéria estivesse ionizada e os núcleos começaram a atrair os elétrons formando elementos neutros. Os fótons que interagem pela ultima vez ficou conhecidos como radiação cósmica de fundo, tendo hoje, tal radiação, frequência de micro-ondas, o que é portando denominado radiação cósmica de fundo em microondas. Tal período é denominado de Recombinação. A matéria começou a se organizar e regiões de maior densidade começaram a se formar devido a diversos colapsos. (NETO, 2011)

Quando o Universo atingiu a idade de 10 bilhões de anos um novo balanço energético surgiu pelo fato da radiação ser praticamente desprezível, tal energia é denominada energia escura, sendo esta ainda misteriosa e tendo uma propriedade interessante, a sua pressão é negativa e é a causa da expansão acelerada do Universo. A dificuldade em definir a energia escura se da pelo fato de não saber o que ela é ou de que forma quantifica-la. Einstein trouxe a ela uma interpretação de uma constante, porem com a descoberta da expansão do Universo por Hubble, tal constante perdeu seu sentido. (WUENSCHKE, 2003)

O tempo cronológico Universo pode, portanto, ser dividido em duas grandes eras, a era da radiação, onde o Universo era opaco aos fótons e a era da matéria, onde o universo fica transparente aos fótons. Tal fato se desenvolveu pelo motivo de que a densidade de energia e matéria evoluem de forma diferente. O Universo possui uma geometria praticamente plana, tendo composição química desconhecida em mais de 96% e possui uma densidade de energia que além de contribuir para o balanço energético, impulsiona o Universo a expandir. Portanto o Universo atual é plano e ao invés de está sendo freado pela força de atração gravitacional, ele se expande de forma acelerada devido à presença da energia escura. Sua vida aproximada é 13,7 bilhões de anos. (WUENSCHÉ, 2003)

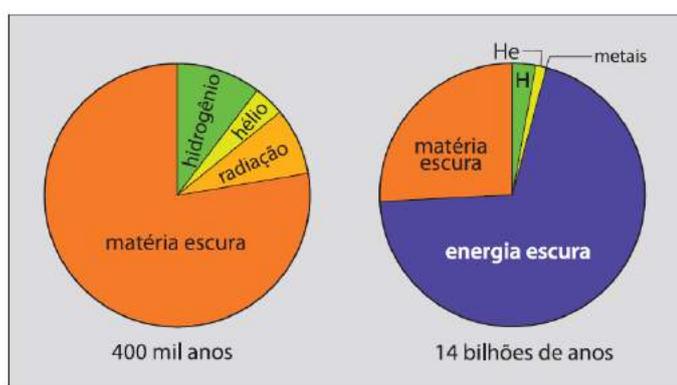


Fig.03: Distribuição dos componentes do universo.

Desta forma o modelo cosmológico mais aceito é que o Universo continuará a se expandir para sempre e de forma acelerada, aonde as galáxias irão se afastar cada vez mais até que o Universo se transforme em um grande vazio. Na realidade, o Universo esta sempre se modificando, sendo também muito misterioso e cheio de perguntas, de forma que afirmar algo como certo quando se remete ao futuro do Universo é um grande erro, tendo assim, seu futuro uma grande interrogação.

Além desta primeira, mais duas teorias são levantadas, a primeira é que a energia escura possua uma pressão superior a constante cosmológica, introduzida por Einstein, tal fato implicaria em alguns bilhões de anos em uma expansão superexponencial, em que as galáxias perderiam suas estrelas, posteriormente as estrelas perderiam seus planetas, e como consequência os átomos seriam arrancados de suas moléculas, e por fim os quarks se separariam. Tal situação foi denominada Big Rip. Uma outra hipótese leva em consideração que a densidade da energia escura pode diminuir e a densidade da matéria permanecer superior a um valor quantificado de  $10^{-29}g/cm^3$ , então a expansão acabará e a força gravitacional contrairá o universo de forma indefinidamente. Tal situação foi denominada Big Crunch. (WUENSCHÉ, 2003)

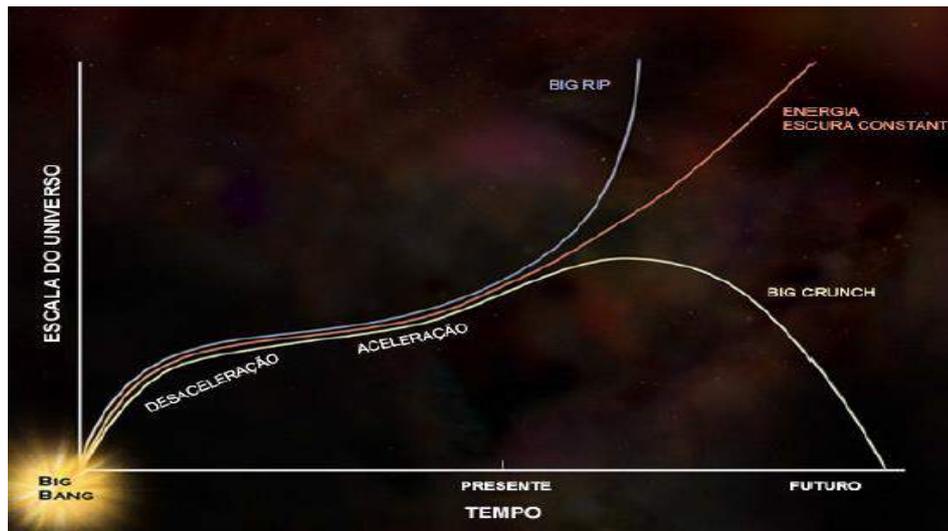


Fig.04: Os possíveis destinos do Universo.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Cosmologia é uma ciência que veio a se desenvolver de forma mais efetiva nos últimos séculos, podendo ser considerada uma ciência que adquiriu certo grau de maturidade. Seus estudos estão baseados em três pontos primordiais descritos anteriormente, sendo estes, a expansão do Universo, a nucleossíntese primordial e a radiação cósmica de fundo em micro-ondas. O destino do Universo, objeto de estudo da cosmologia, é algo que ainda não se pode ser afirmado nada. Todas as teorias que surgem estão sempre sendo colocadas em questionamento, o que torna o futuro bastante incerto. A ciência ainda tem muito a se desenvolver para obter respostas para o que se tem como desconhecido.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LIMA, Gastão B. Lima Neto. “Cosmologia”. In: PICAZZIO, Enos (Coord.). **O céu que nos envolve: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes**
- [2] WUENSCHÉ, Carlos Alexandre. **Cosmologia**. Instituto nacional de pesquisas espaciais, 2003. Disponível em <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.57/doc/capitulo7.pdf>>. Acesso em: 10 de jan. de 2014.
- [3] <<http://astro.if.ufrgs.br/univ/univ.htm>>. Acesso em: 10 de jan. de 2014.
- [4] <<http://www.brasilescola.com/geografia/big-bang.htm>>. Acesso em: 10 de jan. de 2014
- [5] <<http://www.brasilescola.com/filosofia/cosmologia.htm>>. Acesso em: 10 de jan. de 2014
- [6] NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica**. 4ª edição, vol. 1, São Paulo: editora Edgard Blucher, 2002.