EVOLUÇÃO DO UNIVERSO E A COSMOLOGIA ATUAL

Rodolpho Henrique Souza de Matos[1]

Marcos Antônio Mendes[2]

RESUMO

Nessa pesquisa, a temática foi voltada para as diferentes abordagens cosmológicas e evolução do universo dentro da Astronomia, será apresentada uma discussão sobre a Cosmologia Relativista e as demais teorias. Foi feita uma análise de alguns modelos cosmológicos clássicos e contemporâneos em uma tentativa de fazer um estudo mais detalhado sobre a dinâmica do universo. Os rumos da Cosmologia Moderna se assemelham muito aos rumos da Física dos séculos XVIII e XIX, quando se pensava que a Mecânica Newtoniana explicasse todos os eventos do Universo macroscópico e microscópico. A partir de Modelos Cosmológicos, foi possível fazer algumas previsões sobre o futuro do universo. Também foi feita uma abordagem sobre os elementos observacionais que são de extremamente importantes para a construção de tais modelos.

Palavras-chave: Relatividade Geral, Cosmologia, Modelos Cosmológico

1 INTRODUÇÃO

Contemplar o céu é uma atividade tão antiga quanto a própria humanidade sempre foi objeto de fascínio para a humanidade que se dedicou a buscar uma explicação para sua origem. A eterna pergunta de como toda a estrutura que conhecemos hoje teria se formado, tornou se uma questão desafiadora para a Física teórica e para a cosmologia. O desenvolvimento de uma teoria que explicasse como isso ocorreu é motivo para o trabalho dos físicos na contemporaneidade. Explicar a dinâmica do universo e fazer previsões ao seu respeito sempre foi um grande desafio para a Física clássica, que com o desenvolvimento da teoria da relatividade geral vê um caminho na tentativa de descrevê-lo como um todo. Como debatido por Morais e Guerra (2013) a física moderna é uma física mais atual que está ligada ao crescimento tecnológico, como exemplo temos a composição do universo, na literatura é encontrado que em torno de 95% do universo é composto por algo desconhecido denominado de matéria e energia escura, na qual, atualmente está havendo uma necessidade tecnológica para pesquisas nessa área.

Cosmologia é o estudo do Universo como um todo – seu tamanho, sua geometria, sua idade, sua origem e sua evolução. Quase todas as teorias cosmológicas partem de uma hipótese simplificadora chamada Princípio Cosmológico: o Universo é homogêneo e isotrópico. A homogeneidade implica que, em larga escala, a densidade média do Universo é igual em todo o Universo

A teoria da relatividade gera demonstra uma teoria geométrica para a gravitação, assim, podemos observar que a idade do universo está ligada ao parâmetro de Hubble (constante de Hubble) e ao parâmetro de densidade de matéria-energia presente no universo. Ainda refletimos sobre a relatividade geral e se o parâmetro de densidade de matéria-energia for igual ou inferior a um certo limite crítico, o universo estará em expansão que irá perdura para sempre, mas se esse valor superar um certo limite, esse processo de expansão poderá inverter-se para um estado de contração. Os modelos cosmológicos em constante revisão e

reformulação apresentam teorias de como o cosmos teria se formado, mas também nos permite fazer previsões e entender sua dinâmica. As atuais observações nos mostram que o universo está em expansão acelerada. Para tentar entender como ocorre esse processo de expansão, e como esse processo poderá influenciar o futuro do nosso universo será feita uma revisão de alguns modelos cosmológicos para analisar como ocorre essa expansão, se ela irá continuar num tempo infinito, ou se o processo será revertido em algum momento, além dos possíveis elementos responsáveis por essa expansão pela qual passa o Universo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Estrutura e evolução estelar.

As estrelas foram as primeiras estruturas a se formar logo após o Big Bang, 180 milhões de anos após, quando ocorreu o esfriamento do universo, que permitiu que átomos de hidrogênio e hélio se formassem, dando luz ao universo, que era um lugar escuro, onde estava repleto principalmente de gás hidrogênio neutro, até que a gravidade começasse a atrair partes mais densas desse gás, formando as primeiras estrelas. As primeiras estrelas eram bem mais simples dos que as que temos hoje, devido à ausência de gases mais complexos, que viriam a ser fundido dentro do núcleo das mesmas. Os cientistas dividiram as estrelas em grupos, chamados estrelas de população III, que forma o grupo de estrelas mais antigas do universo, as de população II, que surgiram após, e as de população I, que são as estrelas mais novas do nosso universo. Apesar das estrelas de população III serem as mais antigas, a mais velha das estrelas que já observamos, a HD 140283, com cerca de 13,2 bilhões de anos, pertence ao grupo de população II, tendo em vista que nunca chegamos a observar uma estrela de população III.

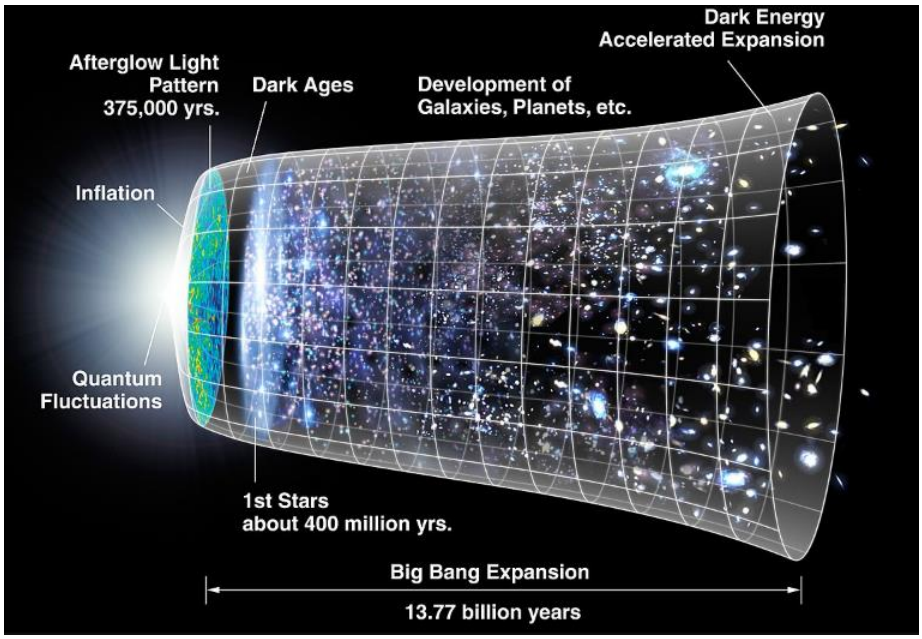
Com exceção do hidrogênio e do hélio, as estrelas são as responsáveis pelo surgimento de todos os outros elementos químicos que conhecemos na natureza, isso se dá por conta ao processo chamado fusão nuclear, que acontece em seu núcleo. Isso, porque logo após o Big Bang, o universo tinha uma temperatura muito baixa, para que elementos mais pesados do que o hélio, pudessem ser produzidos. Segundo Morais (2009) Edwin Powell Hubble em 1923

observou que galáxias que já foram observadas anteriormente estavam com suas linhas espectrais deslocadas para o vermelho, o que o fez concluir que essas mesmas galáxias estavam se afastando. Levando em conta todos esses aspectos, a chamada Lei de Hubble relaciona a velocidade de afastamento de uma galáxia com a sua distância em relação à Via Láctea.

O tipo de elemento fundido dentro do núcleo das estrelas varia de acordo com a massa. Estrelas de menor massa vivem mais tempo e irão produzir diferentes tipos de elementos, como é o caso do Sol e estrelas com até 8 vezes a sua massa, que viverão por bilhões de anos e produzirão no máximo um núcleo inerte de nitrogênio, oxigênio ou carbono; diferente das estrelas consideradas massivas, que viverão consideravelmente menos, alguns milhões de anos, porém, fundindo elementos bem mais pesados no seu núcleo, que vão do hidrogênio ao ferro, tendo em vista que quando uma estrela começa a produzir ferro, ela está condenada, se levar em conta que a natureza não permite que elementos mais pesados que o ferro sejam fundidos no interior das estrelas; esse papel fica para o processos que chamamos de supernova, que é o resultado da morte cataclísmica de uma estrela massiva.

Toda a matéria e elementos fundidos ao longo de toda a existência do universo; estrelas, galáxias, planetas e nós mesmos, correspondemos a uma fração muito pequena do que está contido dentro dele; cerca de 5% para ser mais exato; os outros 95% da composição do universo é dividido em matéria escura (25%) e energia escura (70%), que seria a maior parte da composição do universo, mas que não interage com a luz, e por conta disso, não podemos vê-las ou estudá-las diretamente, mas que tem grande importância no que se diz respeito a tacha de expansão acelerada que o universo apresenta e nas estruturas das galáxias e sua velocidade interna, que acaba por necessitar desses modelos, para oferecer uma explicação.

Figura 1: Modelo da expansão do universo.



Fonte: Disponível em Twunroll.com - Acesso em: 20/09/2021.

2.2 Modelos cosmológicos.

Em 1917, Albert Einstein estabeleceu o conceito de constante cosmológica à Teoria da Relatividade Geral, com a finalidade de descartar algumas contradições da concepção inicial. “Os modelos cosmológicos são construídos por intermédio das equações de campo completas de Einstein” (SOARES, 2013, p.4). As equações de campo de Einstein mostram uma descrição matemática de um objeto geométrico, o espaço-tempo, que é definido por três coordenadas espaciais e uma temporal. Na formulação de sua teoria Einstein usou o cálculo tensorial1 desenvolvido pelo matemático alemão Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866) para escrever suas equações de campo. No modelo cosmológico de Einstein apresentado, descreve a inclusão “à mão” da chamada constante cosmológica Λ, a mesma tem ligação direta nos modelos atuais, segundo Colaço (2014) há vários candidatos à energia escura sendo um dos mais simples a constante cosmológica, a mesma teria implicação direta a energia associada ao vácuo.

Einstein inaugurou o estudo da cosmologia relativística com uma publicação, em 1917, de um artigo intitulado Considerações Cosmológicas Relacionadas à Teoria da Relatividade Geral 12 (SOARES, 2013). O trabalho desenvolvido por Einstein marca o desenvolvimento da cosmologia moderna. Einstein havia sugerido um universo estático, e para obter o modelo relativístico que equivalesse ao seu modelo, instaurou um componente repulsivo na formatação das equações de campo

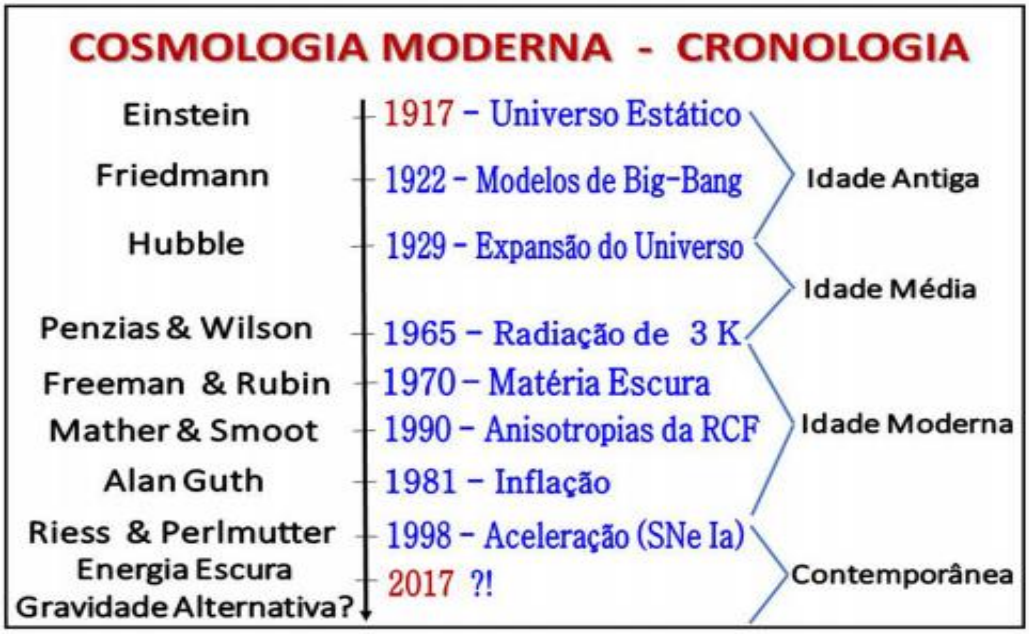
da Teoria da Relatividade geral de maneira a impedir o colapso causado pela matéria. Nas equações, essa componente aparece como um termo complementar do campo da métrica multiplicada por uma constante, chamada constante cosmológica, que geralmente é retratada pela letra grega lambda. (Λ). Segundo Silva (2017) é de grande importância ressaltar que:

> O espaço-tempo de Minkowski é R4 , que contém uma métrica de Lorentz. Vale ressaltar que foi Minkowski quem traduziu à teoria da relatividade restrita a linguagem do espaço-tempo, em 1907, isto é, foi ele que reconheceu a real consequência da teoria: unificação do espaço e do tempo em uma só unidade. (p.4)

O modelo de universo estático e de geometria espacial esférica, proposto por Einstein, marca o início da cosmologia relativista. Este modelo, hoje considerado ultrapassado, acabou por inspirar uma série de outros estudos que visavam compreender tanto a estrutura espacial quanto temporal do universo, tendo em vista que a visão de Einstein, sobre um universo finito, fechado e estático, não funcionava. Alguns anos depois dos modelos propostos por Einstein e de Sitter, o físico, meteorologista e cosmólogo russo Friedmann deixou sua contribuição para a cosmologia moderna. Em 1922, Friedmann publica um artigo, numa prestigiada revista alemã, onde ele resolve as equações de campo completas de Einstein, levando em conta a hipótese de homogeneidade e isotropia do Universo, hoje conhecemos essa hipótese como princípio cosmológico. Logo após a ideia apresentada por Einstein, de Sitter apresenta um novo modelo para o cosmo. “Nesse caso, além do espaço ser plano, não há matéria e nem radiação, apenas energia escura” (LAMBOURNE, 2010).

Para se entender como o parâmetro de densidade pode influenciar na geometria do universo é preciso se conhecer todos os elementos presentes no cosmos. Assim, se faz necessários termos equipamentos cada vez mais sofisticados que nos permitam fazer melhores observações. As observações atuais nos mostram um Universo composto por matéria bariônica, matéria luminosa e duas componentes extras, que não conseguimos definir qual seria sua natureza, a qual chamou de matéria e energia escura. “A matéria como a conhecemos, composta de prótons, nêutrons, elétrons, os quais formam os átomos, é chamada de matéria bariônica” (BARBUY, 2004, p. 198).

Figura 2: Modelos cosmológicos.



Fonte: Disponível em scielo.br - Acesso em: 20/09/2021.

Em 1912, o astrônomo Vesto Melvin Slipher (1875-1969), observou o que seria um desvio eletromagnético nas linhas espectrais da galáxia de Andromeda (M31), que indicam que a galáxia estaria se aproximando. Quando observamos estrelas, galáxias ou outros corpos que emitem luz, podemos medir sua velocidade através do efeito Doppler da luz que é detectada. Se esse corpo está em repouso em relação a nós, a luz detectada possui uma frequência própria, podemos representar como f_0. Se o corpo em questão, estiver em movimento, ou seja, se afastando ou se aproximando, a frequência que medimos, passa a ser maior ou menor, por conta do efeito DopplerChamamos esse deslocamento de radial.

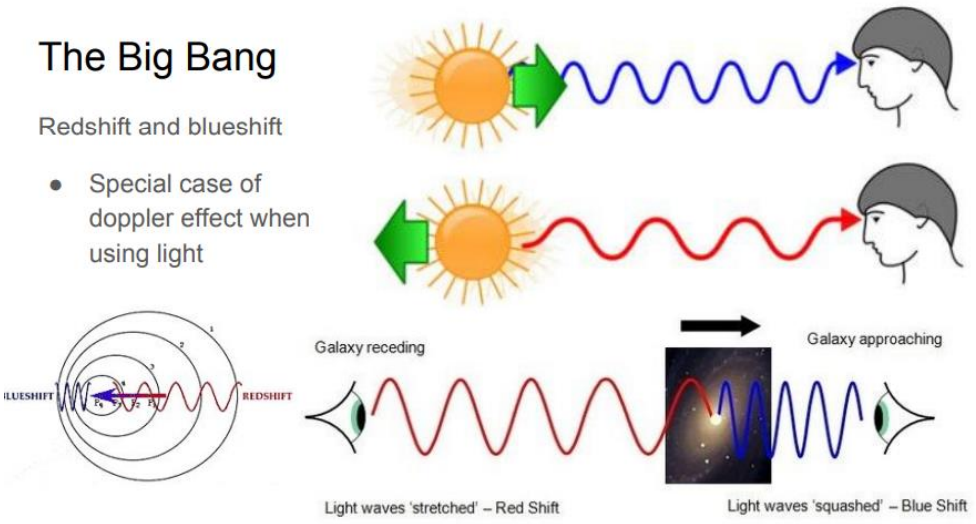
Ao observar a luz proveniente de diversas estrelas, foi percebido que seus comprimentos de onda sofriam um desvio espectral na direção do vermelho (redshift), significando que a luz provinha de corpos que estavam se afastando de nós. De maneira análoga, desvios espectrais que tendem ao espectro azulado, representam corpos mais próximos ou se aproximando de nós (bluesfiht). Slipher observou 41 galáxias, a maior parte delas apresentavam um desvio espectral para o vermelho (redshift). sugerindo que essas galáxias estão se distanciando. Vale lembrar e notar como a questão do universo inflacionário está arraigada quase como verdade científica nos meios atuais de divulgação da ciência. Para citar um exemplo brasileiro, lemos no caderno de ciência da Folha de S. Paulo , num artigo intitulado O Enigma da Singularidade Inicial , de Marcelo Gleiser, a seguinte pérola:

> Uma das questões mais fascinantes da cosmologia é também a mais difícil de ser abordada: a questão da singularidade inicial, da Cad.Cat.Ens.Fís.,v.17, n.2 p.205-228, ago.2000. 221 origem de tudo. A origem do universo, do tempo, do espaço e da matéria. (...) À primeira vista, a singularidade inicial parece ser algo que não pode ser compreendido racionalmente por meio de um discurso puramente científico. Mas vamos com calma (sic). Durante o século 20, todo um novo universo físico nos foi revelado pelo estudo dos átomos e das partículas elementares. (...) Se ignorássemos o que nos ensinou a mecânica quântica, chegaríamos eventualmente na singularidade inicial, na qual todas as distâncias entre todos os pontos chegariam a zero; o Universo deixaria de existir, com a singularidade engolindo o próprio espaço e o tempo. (...) Portanto, a existência da singularidade inicial não deve ser interpretada como uma barreira absoluta do conhecimento, mas como um ponto em que a descrição do Universo como um todo deve ser feita através de um casamento entre a mecânica quântica e a relatividade geral. (...) O enigma da singularidade inicial persiste, talvez menos misterioso do que no passado, mas igualmente inescrutável no presente.

Na década de 20, o astrônomo Edwin Hubble (1889 - 1953) havia feito grandes avanços a partir do trabalho de Slipher, comparando as distâncias das galáxias com as suas velocidades de afastamento, definidas a partir dos seus redshifts, verificando inclusive que as galáxias mais distantes, se afastavam com velocidades ainda maiores. Em 1929, Hubble havia publicado sua descoberta, que ficou popularmente intitulada como Lei de Hubble, expressada através da fórmula $\boldsymbol{v = H_0 d}$, onde v = velocidade de recessão da galáxia (através de seu redshift), d = distância da galáxia e H_0 = constante de Hubble.

A constante de Hubble, representava um universo em expansão, tendo a constante H_0, representando a taxa de expansão do universo, tendo as velocidades das galáxias medidas em km/s e as distâncias entre elas, medidas em megaparsecs (Mpc), tendo assim a constante de Hubble representada em (km/s) /MpC.

Figura 5: Efeito Doppler eletromagnético.



Fonte: Disponível em d11.org - Acesso em: 20/09/2021.

As observações de Slipher e Hubble, seguidos dos experimentos que comprovaram a radiação cósmica de fundo de Arno Penzias e Robert Woodrow Wilson, ofereciam resultados mais que suficientes para comprovar o universo em expansão previsto pelo físico Georges Lemaître, que havia teorizado um universo surgido de um único ponto infinitesimalmente pequeno, do qual apelidou de “ovo cósmico”, que ficou conhecido como Big Bang. Na obra de popularização científica de J. Gribbin, intitulado No Início: Antes e Depois do Big Bang (Gribbin,1995), o autor filosofa (pp. XIII-XIV) em seu Prólogo:

> O conjunto dessas descobertas [relativas ao Big Bang] nos conduz à idéia de que nosso Universo pode ser apenas um entre incontáveis universos, e, em certo sentido, todos eles estão competindo entre si pelo direito de existir. Então, seria possível que as regras dessa competição fossem semelhantes às regras da competição entre as espécies aqui na Terra, no sentido de Darwin? Será que o nosso Universo está vivo, e será que evoluiu mediante seleção natural? .

Até meados de 1998, acreditava-se que, em algum momento no futuro, a força gravitacional iria superar a velocidade de expansão do universo adquirida no momento do Big Bang. Porém, nesse mesmo ano, a observação de supernovas muito distantes revelou que a expansão do universo estava acelerando.

A observação dessas supernovas garantiu a primeira prova direta da existência da energia escura. Com isso, a teoria do Big Crunch foi descartada. A cosmologia aborda conteúdos como: buracos negros, buracos brancos, origem do universo, espaço-tempo, ondas gravitacionais, interações entre estrelas de nêutrons,

dentre outros. Com relação a conteúdos a serem estudados Fróes (2014) faz o seguinte questionamento:

> Em contraste, o que ensinamos na escola? Em muitos casos, somente fórmulas para “decorar”, e descrever problemas físicos do dia a dia que, embora devam fazer parte do currículo por sua importância, não são exatamente os que fazem os olhos de uma pessoa brilhar. Afinal, por quanto tempo um carro movendo-se de A até B com uma dada velocidade inicial e aceleração constante conseguiria capturar a atenção de um jovem de 15 anos? (p.3504-1)

2.2.1 Cosmologia Relativística

O desenvolvimento da cosmologia sem dúvida uma das maiores epopéias acadêmicas e científicas na atualidade. Os telescópios ultramodernos, como o Telescópio Espacial Hubble, são capazes de medir a luz de galáxias distantes o suficiente a ponto de incluir a maior parte da vida do Universo. A descoberta da radiação cósmica de fundo quando o universo era quente, denso e aleatório e atualmente sendo exaustivamente detectada e suas propriedades são rigorosamente analisadas, nosso Universo encontra-se em uma fase de violenta expansão acelerada.

Com aparato observacional, conseguimos elaborar o Modelo Cosmológico Padrão, um consenso quase universal entre os estudiosos do tema. Nos campos da cosmologia teórica e observacional, são estudadas as propriedades físicas do Universo, como por exemplo, luminosidade, densidade, temperatura, estrutura química de objetos cósmicos, tais como estrelas, galáxias, quasares e suas interações através do meio interestelar, abrangendo mecânica, mecânica estatística, termodinâmica, eletromagnetismo, relatividade, física de partículas, física de altas energias, física nuclear e por aí vai, onde a relatividade geral possui em grande parte o capital matem·tico (tensorial) para descrever o Universo como um todo, ou seja, sua origem, passado, evolução, estrutura e, audaciosamente, seu futuro. Portanto, nesse arcabouço teórico que contém algumas respostas para elucidar-nos sobre os mistérios do Universo. Em grandes escalas, nosso universo È aproximadamente plano, essa vastidão do espaço e do tempo, nos permite desprezar interações eletromagnéticas e interações gravitacionais. Segundo Morais (2009) Edwin Powell Hubble em 1923 observou que galáxias que já foram observadas anteriormente estavam com suas linhas espectrais deslocadas para o vermelho, o que o fez concluir que essas mesmas galáxias estavam se afastando.

Levando em conta todos esses aspectos, a chamada Lei de Hubble relaciona a velocidade de afastamento de uma galáxia com a sua distância em relação à Via Láctea.

Há apenas seis anos a idéia de dimensões extras habitava a região nebulosa entre a física e a ficção científica. Porém, muitos físicos já tinham começado a ver a nova teoria de cordas como o grande próximo passo da física teórica. A teoria de cordas é uma teoria que tenta responder a tudo aquilo que observamos no universo, tanto em larga escala como na escala subatômica. Para isso, a teoria deve dar conta de um único comportamento para todas as partículas elementares e as quatro forças fundamentais, deve unificar as teorias da relatividade geral e da mecânica quântica, e explicar o nascimento do universo e tudo quanto vemos dentro dele. Pela primeira vez em centenas de anos, a resposta pode estar mais perto do que imaginamos.

A primeira solução encontrada por Friedmann apresenta curvatura espacial positiva (espaço esférico). Nesta versão a densidade média de matéria presente no Universo é maior que a densidade critica apresentada no modelo teórico. Nesse modelo o universo passa por momento de expansão, aumentando seu tamanhão, e depois se contrai (Big Crunch). Nesse cenário o Universo findará em um volume muito pequeno.

3.1 Cosmologia de branas e Teoria das Cordas

No nível mais simples, a teoria de cordas estabelece que as partículas fundamentais constituintes da matéria e das interações não são objetos pontuais, mas fazem parte de pequenas cordas vibrando no espaço-tempo. Diferentes partículas aparecem como diferentes formas de vibração, mas todas estão incluídas na mesma descrição. Acredita-se que a corda fundamental, de onde todas as partículas aparecem como modo vibrante seja pequeno, de fato, da ordem de 10-33 cm, para justificar a inobservância direta de sua existência. Para que a teoria de cordas funcione explicando a existência de todas essas partículas e forças, é preciso aceitar mais dimensões do que aquelas que conhecemos, já que este cenário é muito restritivo. Até há pouco tempo, pensava-se que dez dimensões eram necessárias para as cordas vibrarem de modo a explicar todas as características das partículas fundamentais. Quatro dimensões são familiares para nós: comprimento, largura, altura e tempo, mas existem outras seis dimensões que são tão pequenas que não podemos vê-las. Uma visão simples seria dizer que cada

ponto no universo tradicional e aparentemente quadridimensional é na realidade um volume pequeno e multidimensional.

Essa idéia foi recuperada das antigas idéias propostas por Oscar Klein na década de 20, baseado nos trabalhos prévios de Theodor Kaluza, quando ele tentava unificar gravidade e eletromagnetismo. Porém, existe um problema com o cenário em dez dimensões. A teoria de cordas veio em cinco diferentes formas, até que o físico matemático Edward Witten repensou a teoria de cordas em 1995. Ele sugeriu que as cinco formas matemáticas diferentes da teoria eram simplesmente maneiras distintas de se olhar para o mesmo problema. De fato, as cinco diferentes teorias de cordas podem ser conectadas umas às outras por artifícios matemáticos e são faces diferentes de uma mesma teoria: a teoria M. No entanto, para assimilar as cinco versões diferentes da teoria, Witten teve que introduzir uma dimensão a mais, a dimensão onze. Colocado de uma forma simples mais dimensões literalmente fornecem um maior espaço para as cordas vibrarem e fazem com que a teoria tenha maior poder. Mas logo foi notado que acrescentar uma nova dimensão conduz a outra implicação: pode existir mais de um universo!

Estudos como a teoria de cordas dita que qualquer dimensão extra fora da brana afeta somente a gravidade. A décima primeira dimensão permite que uma corda seja capaz de se expandir. Uma corda expandida é conhecida como “brana”, nome curto para membrana. Em outras palavras, somente a força mediada pelos grávitons pode viajar no espaço-tempo além da brana deixando o resto das forças confinadas à brana. Qualquer dimensão extra afetando a gravidade deve então alterar a lei do inverso do quadrado de Newton, que diz que todos os objetos são atraídos um pelo outro com uma força que é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

3.2 Princípio Holográfico

Enquanto a Teoria da Relatividade Geral de Einstein prevê que a informação se perde dentro de um buraco negro, a Teoria de Cordas prevê que a informação não se perde, pois as cordas são infitas, deixando a informação no horizonte do buraco negro. O princípio holográfico é uma hipótese baseada em teorias da gravidade quântica, proposta por Gerard 't Hooft e aperfeiçoada e interpretada através da Teoria de Cordas por Leonard Susskind, afirmando que toda a informação contida num volume de espaço pode ser representada pela informação que reside na fronteira daquela região, já que a teoria de cordas admite uma

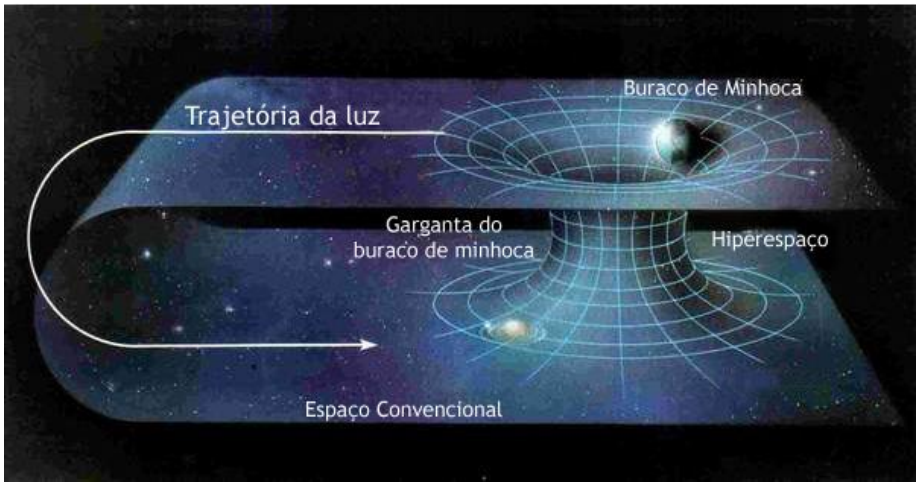
descrição em dimensão mais baixa em que a gravidade aparece de uma forma holográfica e esse princípio foi inspirado pela determinação por Steve Hawking de que a máxima entropia de qualquer região é proporcional ao raio ao quadrado (área), e não ao cubo (volume).

Desta maneira, a informação sobre os objetos que entram em um buraco negro está contida nas flutuações superficiais do horizonte de evento, resolvendo o paradoxo da informação em um buraco negro, no âmbito da Teoria de Cordas. A teoria de cordas descreve as partículas elementares como modos de vibração de cordas uni-dimensionais fechadas (loops), ou mais recentemente, membranas bidimensionais. Desde os anos 1930, quando foram propostas a teoria da Relatividade Geral e a Mecânica Quântica, ficou claro que as duas teorias não eram compatíveis entre si, já que a gravitação descrita pela teoria da Relatividade Geral é determinística e contínua, propriedades não aceitáveis pela Mecânica Quântica. Portanto desde o início do século XX, busca-se uma nova teoria que unifique estas teorias, formando uma Teoria de Tudo.

Viagem no Tempo?

Pensando na teoria da relatividade geral de Einstein, teorizamos que o tempo se acelera e desacerela quando passa por corpos massivos, como estrelas e galáxias. Por exemplo, um segundo na Terra não é um segundo em Marte. Relógios espalhados pelo Universo se movem com velocidades diferentes. Em 1935, Einstein e Nathan Rosen (1909-1995) deduziram que as soluções das equações da relatividade geral permitiam a existência de pontes, originalmente chamadas de pontes de Einstein-Rosen, mas atualmente conhecidos como redemoinhos ou buracos de minhoca (wormholes). Estas pontes unem regiões do espaço-tempo distantes. Viajando pela ponte, pode-se mover mais rápido do que a luz viajando pelo espaço-tempo normal.

Figura 6: Viagem no tempo.



Fonte: Disponível em: https://brazilastronomy.wordpress.com/cosmologia/viagem-no-tempo/. Acesso em: 10/10/2021.

O matemático Kurt Gödel (1906-1978), pesquisando e trabalhando na Universidade de Princeton, como Einstein, encontrou uma solução para as equações da relatividade geral que permitem a viagem no tempo. Esta solução mostrava que o tempo poderia ser distorcido por rotação do Universo, gerando redemoinhos que permitiam que alguém, movendo-se na direção da rotação, chega-se ao mesmo ponto no espaço, mas atrás no tempo. Assim como Einstein concluiu que como o Universo não está em rotação, a solução de Gödel não se aplicava. Já em 1955 o físico americano John Archibald Wheeler (1911-2008), que cunhou o termo buraco negro, escreveu um artigo sobre "geometrodinâmica" mostrando que as pontes de Einstein-Rosen poderiam ligar não somente Universos paralelos, mas regiões do mesmo Universo, formando um túnel no espaço-tempo. Chegando em 1963, o matemático Roy Patrick Kerr (1934-), da Nova Zelândia, encontrou uma solução das equações de Einstein para um buraco negro em rotação.

Nesta solução, o buraco negro não colapsa para um ponto, ou singularidade, como previsto pelas equações para um buraco negro não rotante, mas sim em um anel de nêutrons em rotação. Neste anel, a força centrífuga previne o colapso gravitacional. O anel é um redemoinho (wormhole) que conecta não somente regiões do espaço, mas também regiões do tempo, e poderia ser usado como máquina do tempo. A maior dificuldade é a energia: uma máquina do tempo necessita de uma quantidade fabulosa de energia. Seria preciso usar-se a energia nuclear de uma estrela, ou antimatéria. Dyson escreveu o seguinte:

> Tudo o que podemos afirmar com certeza é que a equação de Hawking é uma pista para o enigma dos buracos negros. De algum modo, podemos estar certos, essa equação irá emergir como o aspecto central da teoria não

> nascida que irá unir a gravitação, a mecânica quântica e a termodinâmica [1, p. 32].

O segundo problema é de estabilidade. Um buraco negro em rotação pode ser instável, se acreta massa. Efeitos quânticos também podem acumular-se e destruir o redemoinho. Na verdade, a teoria prevê que os redemoinhos (buracos de minhoca) sobrevivem somente uma fração de tempo tão curta que nem a luz consegue atravessá-lo. O outro grande problema de usar um buraco negro como ponte é que a força de maré de um buraco negro estelar é tão grande que despedaçaria qualquer corpo que se aproximasse do seu horizonte. Portanto, embora teoricamente possível, uma viagem no tempo não é praticável.

Derradeiro Destino do Universo

Hipoteticamente conceituamos o destino final do universo determinado pela densidade, assim as teorias científicas rivais predizem se o Universo terá duração finita ou infinita. Uma vez que a noção de que o Universo iniciou com o Big Bang se tornou popular entre os cientistas, o destino final do Universo se converteu em uma pergunta cosmológica válida, dependendo da densidade média do Universo e a taxa de expansão. Segundo as teorias cosmológicas atuais, a quantidade de matéria que há no Universo é a que decidirá o seu futuro. Tem-se uma ideia bastante aproximada da quantidade de matéria visível que existe, mas não da quantidade de matéria escura, dependendo então desta o futuro do Universo. Mas se a massa for suficiente para deter a expansão, terá lugar o Big Crunch ou, o que é o mesmo, o Universo, forçado pela grande quantidade de massa, começará a comprimir-se até que, dentro de uns 20 bilhões de anos, acabe por colapsar em uma singularidade, algo parecido ao Big Bang, mas ao inverso ("Big Crunch"). A teoria do Big Crunch é uma visão simétrica do destino final do universo. Assim como o Big Bang começou uma expansão cosmológica, esta teoria postula que a densidade média do universo é o suficiente para parar sua expansão e começar a contratação. O resultado final é desconhecido; uma simples extrapolação teria toda a matéria e espaço-tempo no colapso em um universo sem dimensão singularidade, mas a essas escalas efeitos quânticos desconhecidos precisam ser considerados.

Este cenário permite que o Big Bang ter sido imediatamente precedido pelo Big Crunch de um universo anterior. Se isso ocorre repetidamente, temos um universo oscilante. O universo poderia então consistem de uma sequência

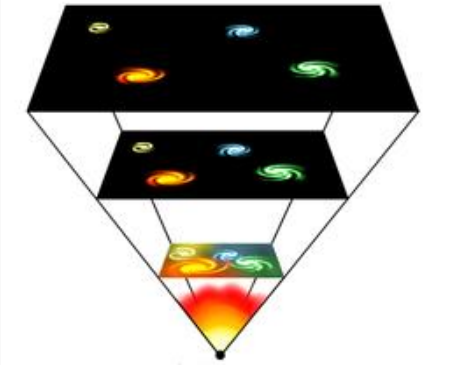
infinita de universos finitos, cada universo finito terminando com um Big Crunch, que também é o Big Bang do próximo universo. Teoricamente, o universo oscilante não poderia ser conciliada com a segunda lei da termodinâmica : a entropia iria construir-se a partir de oscilação para oscilação e causa morte térmica.

A idéia é um pouco semelhante abraçado pela modelo cíclico, mas esta ideia escapa morte calor, devido a uma expansão da branas que dilui entropia acumulado no ciclo anterior. Neste caso após o Big Crunch é possível que o Universo comece de novo com outro (ou, segundo o modelo cíclico, o mesmo) Big Bang e Também existe o "Big Rip" onde os átomos se desintegrariam. O Big Rip em português Grande Ruptura, é uma hipótese, apresentada inicialmente em 2003 Também existe o "Big Rip" onde os átomos se desintegrariam. No caso especial de energia escura fantasma, que tem mesmo a pressão mais negativa do que a constante cosmológica simples, a densidade de energia aumenta escuras com o tempo, fazendo com que a taxa de aceleração para aumentar, levando a um aumento constante da constante de Hubble .

Como resultado, todos os objetos materiais no universo, começando com galáxias e, eventualmente, (em um tempo finito) todas as formas de vida, não importa quão pequena, vai desintegrar-se em desacoplados partículas elementares e radiação, rasgada pela força da energia fantasma e atirando longe um do outro. O estado final do universo é uma singularidade, como a taxa de densidade de energia e expansão escura se torna infinita. Sendo o Big Bang a teoria mais aceita para o início do universo, o Big Freeze (ou Grande Congelamento) é considerado um dos seus fins possíveis. É um cenário no qual o universo torna-se demasiadamente frio para poder abrigar vida, devido à sua contínua expansão.

Esta hipótese pode vir a ser real caso a geometria do universo seja plana ou hiperbólica, o que poderia indicar que o universo se expandiria para sempre. Com uma constante cosmológica positiva, também pode ocorrer em um universo fechado. Um cenário relacionado é Calor Morte, que afirma que o universo vai para um estado de máxima entropia em que tudo é distribuído uniformemente, e não há gradientes - que são necessários para sustentar processamento de informação, uma forma de que é a vida . O cenário de Morte de calor é compatível com qualquer um dos três modelos espaciais, mas requer que o universo atingir uma eventual temperatura mínima.

Figura 7: Big Crunch.



Fonte: Disponível em: https://www.classicistranieri.com. Acesso em: 10/10/2021.

A teoria do Big Bounce aparece com grande rejeição como modelo científico teorizado relacionados com a criação do universo conhecido. Ele deriva do universo oscilante ou interpretação repetição cíclica do Big Bang, onde o primeiro evento cosmológico foi o resultado do colapso de um universo anterior. Essa descrição parece estar em desacordo com tudo o resto em física e, sobretudo, a mecânica quântica e o princípio da incerteza. Não é de estranhar, portanto, que a mecânica quântica deu origem, para uma versão alternativa da teoria do Big Bang. Outra variante é o Multiverso. A hipótese de multiverso afirma que o nosso universo é apenas um universo infinito entre universos paralelos, possivelmente com diferentes leis físicas. Qualquer que seja o destino final do nosso universo pode ser, quase todos os universos paralelos terão destinos diferentes. E enquanto muitos universos podem ser fechados, muitos outros podem ser abertas. O multiverso como um todo nunca pode acabar completamente.

The Big Slurp – A Grande sucção

Esta teoria surgiu a pouco tempo, logo após o desenvolvimento do conhecimento sobre o Boson de Higgs. De forma simples, o Boson é a partícula responsável por conceder massa a matéria. Entende-se que essa partícula é responsável por dar massa aos corpos. O fato de essa partícula conferir massa ao nosso universo faz com que ele exista de maneira intrinsecamente instável. Devido a isso, no caso de o nosso universo entrar em contato com um universo alternativo com estado de energia diferente do nosso, um evento de destruição cataclísmica seria desencadeado e o nosso universo seria completamente sugado.

3 CONCLUSÃO

Vimos também que a Astronomia se faz presente no estudo complexo e profundo da natureza, para que possamos entender melhor o mecanismo de todo o nosso universo, desde o Big Bang e seu primeiro átomo, até os dias mais atuais e a formação de grandes galáxias, podendo assim, desvendar o cosmos e nos permitir questionar cada vez mais, usando todo esse conhecimento para auxiliar nossa vida aqui na Terra, assim como as antigas civilizações faziam. Podemos usar da teoria da relatividade para termos GPS bem precisos, Satélites de comunicação que permitem nos conectar com todo o mundo, e o desenvolvimento da exploração e mineração espacial, que abrem portas para o futuro.

É claro que para que estudos como Teoria de cordas seja um sucesso matemática e experimental, será necessário haver uma mudança radical da forma como vemos o universo. Porém, é importante ter em mente que a teoria de cordas, com todas as suas conseqüências bizarras, estão baseadas mais no pensamento que no experimento. Em suma a Astronomia somatiza todas as áreas da ciência, tais como a Física, Química e Biologia, mas também vai além disso, nos acompanhando desde os primórdios, criando uma conexão entre homem e natureza, o que nos permitiu olhar para o céu e aprender com a imensidão do universo, nos guiando ao que somos hoje.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Elcio. A **Estrutura do Universo, a Mecânica Quântica e a Cosmologia Moderna**. Revista Usp: Cosmologia, São Paulo, v. 1, n. 62, p.6-29, ago. 2004. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13338 Acesso em: 13 out 2021.

BARBUY, Beatriz. **A idade, a massa e a expansão do universo**. Revista Usp: Cosmologia, São Paulo, v. 1, n. 62, p.194-199, ago. 2004. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13353 Acesso em: 13 out 2021.

BUSTI, V. C. **Cosmologia na era da Precisão: O Método de Dyer-Roedere a Influência das Homogeneidades nos Testes Cosmológicos**. 2013. 171 f. Tese (Doutorado em Astronomia). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.iag.usp.br/pos/astronomia/portugues/dissertacoestestes/cosmologia-na-era-da-precisão-o-método-de-dyer–roeder-e-infl Acesso em: 13 out 2021.

COLAÇO, L. **Cosmologia Newtoniana e Lagrangeana: aplicações e limitações**. 2014. 59 f. Dissertação (Licenciatura em física)-Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/8293 , Acesso em: 13 out 2021.

DOMINGOS SOARES. **O universo estático de Einstein.** Scielo**.** 16 mar. 2012. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172012000100002 Acesso em: 13 out 2021

F. Dyson, ***Infinito em Todas as Direções (Do Gene ŕ Conquista do Universo)*** (Editora Best Seller, São Paulo, 1988). Disponível em: https://www.estantevirtual.com.br/livros/freeman-dyson/infinito-em-todas-as-direcoes/148634463 Acesso em: 13 out 2021.

FRÓES, A. **Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 36, n. 3, Setembro, 2014. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/363504.pdf Acesso em: 13 out 2021.

GRIBBIN, J. **No Início: Antes e Depois do Big Bang**, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995. Disponível em: https://www.estantevirtual.com.br/livrariaresposta/john-gribbin-no-inicio-antes-e-depois-do-big-bang-2923345768?show_suggestion=0 Acesso em: 13 out 2021.

GLEISER, M., **O Enigma da Singularidade Inicial**, Folha de S. Paulo, 1997 Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe110109.htm Acesso em: 13 out 2021.

GLEISER , Marcelo. **A Dança do Universo, Dos Mitos da Criação ao Big Bang**, Companhia das Letras. São Paulo 1999. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/A_dança_do_universo.html?id=QbqOF6GT

rxMC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false Acesso em: 13 out 2021.

HAWKING, S . **O Universo numa Casca de Noz** .Editora Mandarim. Sao Paulo, 2002. Disponível em: https://www.estantevirtual.com.br/livros/stephen-hawking/o-universo-numa-casca-de-noz/396525933 Acesso em: 13 out 2021

HAWKING, S. **Uma breve história do tempo**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.
Disponível em: https://epocanegocios.globo.com/Vida/noticia/2018/03/uma-breve-historia-do-tempo-o-livro-que-leva-fisica-de-hawking-para-massas.html Acesso em: 13 out 2021.

HORVATH, Jorge Ernesto et al. **Cosmologia Física: Do Micro ao Macro Cosmos e Viceversa**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 298 p. Disponível em: https://uspdigital.usp.br/apolo/apoObterAtividade?cod_oferecimentoatv=71471 Acesso em: 13 out 2021.

KEPLER DE SOUZA E MARIA DE FÁTIMA. **Populações estelares.** Ufrgs**.** 11 jun. 2017. Disponível em: http://astro.if.ufrgs.br/vialac/node6.htm Acesso em: 13 out 2021.

MARIA DE FÁTIMA. **A expansão do universo.** Ufrgs**.** Ago. 2015. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/expansao-universo.htm Acesso em: 13 out 2021.

MORAIS, A.; GUERRA, A. **História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio**. Revista Brasileira de Física, Florianópolis, v. 35, n. 1, p. 1502-1-1502-9, 2013. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/351502.pdf Acesso em: 13 out 2021.

MORAIS, A. M. **Gravitação e Cosmologia: uma introdução**. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2009. Disponível em: https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=90526 Acesso em: 13 out 2021.

PEREZ, Rafael Serra. **Modificação da Relatividade Geral e a Aceleração do Universo**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, 2006. Cap. 2. Disponível em: https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/bitstream/123456789/12546/1/RômuloLopesBezerraTCCGraduacao2016.pdf Acesso em: 13 out 2021.

RAFAEL HELERBROCK. **Estrelas.** Mundoeducacao.uol**.** 2021**.** Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/teoria-big-bang.htm. Acesso em: 13 out 2021.

RICARDO VIEIRA. **O efeito doppler para a luz.** Ufabc**.** 2021. Disponível em: https://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/relatividade-restrita/o-efeito-doppler-relativistico/ Acesso em: 13 out 2021.

ROSIMAR GOUVEIA. **Teoria do Big Bang.** Todamateria. 2011. Disponível em: https://www.todamateria.com.br/teoria-do-big-bang/ Acesso em: 13 out 2021.

SOUZA, Rudinei Celso de. **Modelos Cosmológicos Pela Simetria De Noether**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25887 Acesso em: 13 out 2021.

SILVA, J. J. **A estrutura erigida para a relatividade de Einstein: o espaço-tempo de Minkowski**. Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada, vol. 4, n. 2, dezembro, 2017. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbfta/article/view/7155 . Acesso em: 13 out 2021.

SOARES, Domingos. **O Universo Estático de Einstein**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 34, n. 1, p.1-4, fev. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/v7MkCpVCNnXP3gpDv9NrdkB/?lang=pt Acesso em: 13 out 2021.

SOARES, Domingos. **Os Fundamentos Físico-Matemático da Cosmologia Relativística**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 35, n. 3, p.1-6, set. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/vKtj3KVj7fCdhfkqJP8NY3H/?format=pdf&lang=pt . Acesso em: 13 out 2021.

VILLELA, Thyrso; FERREIRA, Ivan; WUENSCHE, Carlos Alexandre. **Cosmologia observacional: a radiação cósmica de fundo**. Revista Usp: Cosmologia, São Paulo, v. 1, n. 62, p.104-115, ago. 2004. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13346 Acesso em: 13 out 2021.