



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**RAIMUNDO NASCIMENTO DOS SANTOS MEDRADO**

Orientador: Luiz Moreira Gomes

**TEORIA DO BIG BANG E EXPANSÃO DO UNIVERSO:**  
**DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA**  
**VOLTADO PARA O ENSINO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

O presente Produto Educacional proposto é o resultado de um trabalho científico e pedagógico associado a dissertação de Mestrado de Raimundo Nascimento dos Santos Medrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Física, pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA.

Marabá, PA

2021

## APRESENTAÇÃO

Em todo percurso da história vivenciamos uma das inquietações inerentes ao ser humano ao longo do tempo, a qual é a dedicação em compreender o Universo. Por isso se observam diversas relações entre as descrições da origem do cosmo construídas por diferentes civilizações desde a antiguidade.

Naturalmente, todos os aspectos relacionados a cosmologia em sua totalidade se enquadravam, no campo das especulações filosóficas. Por outro lado, os processos de observações evoluíram e foram sendo acumulados dados astronômicos. Assim, o conhecimento cosmológico foi se transformando das especulações apenas filosóficas para especulações científicas.

Ao abordar os temas de Cosmologia, a teoria do Big Bang e Expansão do Universo, como foco deste manual, pretende-se provocar o espírito científico dos discentes e estimular os docentes à uma possibilidade de inovar seu fazer pedagógico utilizando essa temática da atualidade. Além disso, o desejo aqui pretendido é fazer a inserção deste conhecimento científico no ambiente da sala de aula, levando os professores e alunos a compreenderem que tais conhecimentos são indispensáveis em sua componente curricular.

Graças ao avanço tecnológico das últimas cinco décadas, foi possível aos cientistas elaborar e averiguar os princípios das teorias relacionados ao nascimento do universo e sua expansão. Evidente, ao ser abordado pela primeira vez para esse público, implica em dedicação e muito trabalho da parte do professor, para motivá-los, mas, sem dúvida o esforço será recompensado, pois as descobertas que nos reservam esta área do conhecimento são fascinantes! Certamente, os temas aqui abordados são partes de uma ciência que está sempre em constante evolução.

Boa Leitura!  
Raimundo N. dos S. Medrado

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	2
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>CAPÍTULO 1: COSMOLOGIA</b> .....	10
<b>1.1 CONCEITOS INICIAIS</b> .....	10
<b>1.1.1 Civilizações Antigas</b> .....	12
<b>1.1.2 Cosmologia Moderna</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 2: BIG BANG</b> .....	20
<b>2.1 A teoria do BIG BANG</b> .....	20
<b>2.2 Quando Surgiu a Teoria do Big Bang?</b> .....	22
<b>2.3 Teorias Alternativas</b> .....	25
<b>CAPÍTULO 3: O UNIVERSO EM EXPANSÃO</b> .....	28
<b>ATIVIDADES PROPOSTAS</b> .....	31
<b>ATIVIDADE 1</b> .....	32
<b>ATIVIDADE 2</b> .....	34
<b>ATIVIDADE 3</b> .....	37
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	38

## **INTRODUÇÃO**

Neste livreto os temas são apresentados através de textos utilizando uma linguagem apropriada aos alunos do nível médio. Ele trata de uma pequena parte da Física desenvolvida no século XX, a cosmologia do Big Bang e da Expansão do Universo. Com essa abordagem, busca-se aproximar a escola da ciência contemporânea.

Sugere-se que o professor ao utilizar esse manual, utilize recursos pedagógicos para trabalhar com ele, como, debates, palestras, murais e roda de conversa, dentre outros. Com isso, o docente estará destacando a relevância destes assuntos, os quais são capazes de estimular o interesse e a participação dos alunos, evitando assim, uma exposição tediosa e cansativa.

As atividades propostas visam estimular o processo de transformação do saber, ao estabelecer uma forma da sondagem de aquisição do conhecimento por parte do estudante.

Com o objetivo de estimular o professor e auxiliá-lo no uso e otimização de atividades práticas, este manual visa subsidiar o planejamento didático, o preparo e a inserção da temática da Cosmologia como meio de contemplar a construção do conhecimento de forma significativa. Em sua elaboração e nas metodologias sugeridas, utilizou-se como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel.

## UTILIZAÇÃO DO MANUAL

Estas ações que podem ser desenvolvidas junto com a utilização deste livreto. Sugere-se sua utilização em duas etapas:

### **1 Etapa:** O professor deverá:

- utilizar o manual de forma interdisciplinar, uma vez que, os temas apresentados sobre cosmologia ampliarão de fato o repertório dos professores e conseqüentemente dos estudantes. Este passo é essencial para evitar uma apresentação tediosa e cansativa;
- ajustar a proposta didática e seus objetivos de forma adequada. Caso haja alguma lacuna em vazio, fazer alterações, sem prejuízo aos objetivos do trabalho;
- avaliar se as atividades sugeridas neste material são exequíveis dentro da realidade da instituição (da escola).

### **2ª Etapa:** Ações a serem realizadas em sala de aula:

- apresentar o manual, como uma das formas de abordagem dos temas que compõem a Física contemporânea, visto que não há publicações nos livros didáticos do ensino médio;
- estimular os estudantes de forma a conduzi-los a uma reflexão sobre Cosmologia visando a sua aplicabilidade, por se tratar de uma ciência ainda recente. Este passo merece uma atenção especial, visto que, os estudantes consideram estranho a abordagem de temas que não estejam presentes na grade curricular. E quando tais temas fazem parte de uma ciência que além de recente ainda apresenta questionamentos, essa resistência ganha maior intensidade;
- promover um debate entre alunos sobre, “como a Cosmologia conseguiu se desvencilhar da filosofia, da religião e ganhar autonomia como um ramo da ciência”? Com o objetivo de perceber a evolução gradual da cosmologia como ciência, a partir do momento que ela se afasta das especulações filosóficas e religiosas e adquire caráter científico. Para esse momento a participação do professor das ciências humanas como intermediador e provocador é de um enriquecimento substancial;
- propor aos alunos por meio do texto presente, uma descrição quanto à descoberta da Expansão do Universo e as conclusões que chegaram a partir desta;

- realizar uma roda de conversa formada por alunos, por professores das áreas das ciências da natureza e das ciências humanas, com a finalidade de argumentarem sobre os seguintes temas:

1. O Big Bang explica tudo?

2. Afinal, seria o Big Bang uma teoria definitiva?

3. Suas sustentações e seus equívocos, revelam aprendizados?

Apesar da roda de conversa formada por professores de diferentes disciplinas, ser um recurso metodológico pouco utilizado à nível de ensino médio, apresenta alguns fatores que diferem de uma abordagem tradicional como: oportunidade de perceber as diferentes formas com que várias disciplinas abordam os temas, favorece a participação mais intensa dos alunos e apresenta o entendimento de forma ampla, sem fragmentos;

- concluir as atividades propostas neste manual. Acredita-se que os temas abordados apresentam grande potencial para elaboração de outras atividades além das sugeridas neste material, capazes de motivar os alunos. E ainda, por ser uma área pouco explorada na sala de aula, podem apresentar novos modelos diferentes das atuais quanto a operacionalidade didática;

- produzir e expor murais sobre os temas abordados. Os murais são instrumentos pedagógicos importantes, sua principal função é divulgar os temas estudados sintetizando o que foi aprendido. Sua construção exige alguns procedimentos como: adquirir conhecimento dos temas que serão expostos e selecionar do todo as partes que irão compor os murais. Esses demonstram se o aprendizado adquirido foi significativo.

A exposição dos murais é a finalização de todo projeto realizado, sobre os temas de Cosmologia; Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo.

## **METODOLOGIA**

A abordagem metodológica proposta neste material, além de favorecer a interdisciplinaridade, apresentará aos estudantes de forma ampla os assuntos, com o intuito de facilitar o entendimento dos textos elaborados a partir de vários livros, dissertações de mestrado e artigos científicos elencados nas referências. É necessário o acompanhamento pelo professor durante toda execução, procurando apontar e solucionar possíveis dificuldades encontradas pelos alunos facilitando o alcance do aprendizado desejado.

Compreender como o Universo começou e evoluiu, fornece aos estudantes um instrumento para a compreensão e entendimento do cosmo capaz de gerar indagações especulativas, além das de caráter criacionista. Tais indagações a respeito dos mistérios do Universo naturalmente despertaram a curiosidade humana ao longo do tempo nas civilizações.

A Cosmologia, como ciência que tem como finalidades explicar algumas destas descobertas, vem promovendo nas últimas décadas um crescimento significativo em sua abordagem nos níveis fundamental e médio de ensino, conforme também tem aumentado a quantidade de trabalhos nesta área (AGUIAR, 2010).

Assuntos verdadeiramente fascinantes como: a Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo, são capazes de motivar jovens e até os adultos a buscarem compreender o Universo, provocam questionamentos, e assim, são induzidos pelo imaginário popular a elaborar seus próprios pontos de vista sobre estes temas (FRÓES, 2014).

Portanto, a escola como local em que a construção científica pelos estudantes primeiramente é realizada, compete a ela ofertar a eles a convivência com diversos temas capazes de estimulá-los à aprender e continuar aprendendo de forma abrangente o Universo.

Para a maior parte dos professores é normal, a percepção da tendência da maioria dos estudantes de não associar o que aprenderam durante os estudos de uma disciplina, com as informações obtidas em outra. As aprendizagens na disciplina de Física não são exceções, geralmente não promovem uma ligação através do que é aprendido entre as disciplinas, principalmente, as disciplinas que compõem a área da ciência da natureza e, por isso, as quais são tratadas como compartimento estanques, isoladas, não conseguem estabelecer uma relação entre elas. É responsabilidade do docente, articular a conexão

entre conceitos, favorável e necessário para construção do entendimento amplo e sem fronteiras entre as disciplinas.

Ao ensinar a Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo, o professor tem a possibilidade de contribuir de forma que os estudantes disponham de oportunidade de estar em contato com assuntos atuais, de relevância segundo pesquisas científicas, mas, ainda ausente no cotidiano escolar, pode contribuir também na formatação de uma abordagem interdisciplinar, potencialmente unificadora em temas como estes relacionados à Cosmologia.

Outro fator perceptível pelos professores são os cursos de graduação não agregam o devido valor, aos conteúdos referentes à Cosmologia, quando vistos, na maioria dos cursos, de forma superficial nas estruturas curriculares dos programas direcionados ao ensino, especialmente nas licenciaturas.

Diante destas questões, temos que tentar encontrar como a inserção nas aulas à nível médio, de atividades que apontem a abordagem destes temas, devem ser efetivadas, frentes às dificuldades atuais.

Ao adotar como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, uma das propriedades fundamentais para a presente abordagem é a presença do professor como o facilitador, administrando o tempo e auxiliando na estruturação do aprendizado de forma significativa. Dessa maneira, exige-se, por parte do professor, vasta porção de criatividade, incentivada a partir do que o aluno já sabe a respeito do tema, da motivação e disposição em enfrentar o desafio na busca de descobrir seu novo potencial cognitivo. Apenas a partir daí o professor terá condições de dimensionar como os conteúdos deverão ser abordados.

Ao realizar as adequações necessárias ao processo da transposição didática dos temas propostos nesta obra, é recomendável que tenhamos maturidade pedagógica para escolher, tanto o que ensinar quanto como ensinar para os alunos do ensino médio. Procurar não utilizar de forma excessiva a matematização dos conteúdos e a utilização exagerada de definições puramente científicas que podem gerar dificuldades de entendimento para os alunos. Afastando-se das finalidades fundamentais do processo da transposição didática.

Para tanto, considerando a Física, um arranjo de conhecimentos conexos e mutuamente dependentes de outros precisa ser ensinada tendo-se por objetivo o desejo de totalidade e de convergências das informações adquiridas, uma vez que, permitirá aos



alunos do ensino médio, maior entendimento e condições de relacionar temas atuais de grande abrangência.

O estudo das concepções da evolução de mundo e do Universo ao longo do tempo até os dias atuais, de forma semelhante deve ser capaz ao levar os estudantes a uma configuração do passado construída por antigas civilizações, dos conhecimentos produzidos pela a ciência no momento atual e da inserção de definições essenciais possibilitando a Física do último século transformassem nossos conhecimentos científicos, tornando-o espaço ideal para a adequações, produções e divulgações de novas descobertas gerando novos conhecimentos.

Há uma necessidade, porém, frisar aos estudantes que tais concepções e teorias apresentam constantes evoluções e constituem elementos de pesquisas em percurso desde o início século XX, como resultado da contribuição de pesquisadores e cientistas de diversos países.

Ao finalizar a abordagem dos temas: Teoria do Big Bang e Expansão do Universo, pretendemos alcançar respostas aos seguintes questionamentos:

- Os temas foram importantes e provocaram interesse nos alunos?
- A forma como os temas foram abordados possibilitaram os objetivos previstos?
- Os conhecimentos adquiridos pelos alunos favorecem uma construção no entendimento capaz relacionar com os conhecimentos de outras áreas?
- A compreensão dos alunos sobre o Universo foi alterada e dilatada?

A cartilha foi desenvolvida para ser utilizada em doze horas/aulas, podendo ser realizadas adequações necessárias, mas, sem prejuízo aos objetivos.

Portanto é importante que tenhamos maturidade didática e conhecimento dos conceitos importantes dos temas, a saber: origem e evolução do Universo Físico, com a finalidade de melhorar o ensino e o aprendizado dos conteúdos de Física. Por representar um saber que está distante do alcance dos alunos e muito presente na sociedade moderna. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

# CAPÍTULO 1

## COSMOLOGIA

Alguns objetivos:

- i. Fornecer aos estudantes do ensino médio fundamentos necessários à compreensão da origem e evolução do Universo, além da concepção criacionista.
- ii. Elaborar um breve histórico das concepções cosmológicas da humanidade em que a cosmologia gradualmente se liberta das especulações filosóficas e religiosas e se torna uma ciência.
- iii. levar os alunos a conhecer o objeto de estudo desta ciência.

### 1.1 Conceitos iniciais

Cosmologia tem sua origem na palavra grega κοσμολογία, κόσμος="cosmos"/"ordem"/"mundo" + -λογία="discurso"/"estudo". Assim, cosmologia é Ciência que estuda a origem, a estrutura e a evolução do Universo a partir da aplicação de métodos científicos.

O esforço em entender o cosmo representa uma das buscas incessantes inerentes ao ser humano em todos os tempos. O que justifica várias analogias entre as definições sobre a origem do Universo elaboradas por diferentes civilizações desde a antiguidade. Embora, não se tem conhecimento de quando o homem deu início as indagações sobre sua origem. Entretanto, todas culturas têm diversas explicações para início do Universo, formando o que chamamos de cosmogonias (figura 1) e em várias delas ele é criado por entidades sobre humanas ou seres divinos. Praticamente, todas são prováveis respostas, ao mais inquietantes dos questionamentos filosóficos que o homem já fez sobre ele mesmo: “De onde Viemos? ”

**Figura 1 - Todas as culturas têm diversas explicações para início do Universo... (Cosmogonias)**



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/863002347320393026/>

Embora a procura por respostas sobre o cosmo ter permanecido durante praticamente todo percurso da história da humanidade até o homem contemporâneo, a cosmologia só conseguiu ser definida como estudo da origem, da evolução, da composição e da estrutura do Universo, recentemente. Até o penúltimo século, ela se apresentava normalmente de forma indissociável, com a filosofia, a metafísica e a religião. Somente em 1917, conseguiu se separar dessas áreas e adquirir autonomia como um ramo da ciência, à proporção que evoluíram os recursos de observação e junção das informações astronômicas, transformando-se em conhecimento puramente científicos.

Para Gleiser (1997), a cosmologia é única disciplina de física que lida com questões que podem também ser legitimamente formulada fora do discurso científico. Essa característica faz com que a cosmologia, assim como os cosmólogos, seja percebida de um modo pouco diferente do resto das disciplinas científicas ou mesmo dos outros cientistas. Percebe-se uma disciplina que surge como exceção dos padrões científicos e este provavelmente tenha sido o maior obstáculo, para que, está transformasse-se em uma ciência sólida estruturada sobre os trilhos das teorias e observações.

Existe outra construção humana para a cosmologia, que é a científica. De acordo com (GLEISER, 1997) a cosmologia é a ciência responsável pelo o esboço da evolução e das características físicas do Universo. Esta construção sofreu várias modificações a partir dos povos primitivos como gregos, egípcios, assírios e vem sofrendo constantes alterações por ser uma ciência não acabada.

De acordo com Novello (2006) a cosmologia física se estabeleceu, somente, por volta de 1960, quando passou a ser considerada ciência por parte do estabelecimento científico. E a partir de então, as observações e descobertas nesta área como as do século passado realizadas por Albert Einstein, Alexander Friedmann, Edwin Hubble, Stephen Hawking, dentre outros, os quais fizeram descobertas importantíssimas nesta área.

### *1.1.1 Civilizações Antigas*

Para as civilizações antigas, as interpretações religiosas e as observações dos astros tiveram intensa relação entre si. Os símbolos e corpos celestes já eram apresentados pelo homem primitivo nas imagens rupestres. Em diversas civilizações antigas como Egito faraônico entre outras, julgavam-se que a Terra tivesse a forma plana e acreditava-se que as estrelas fossem lâmpadas firmes em uma encurvadura giratória.

Também era muito intensa a fé em que o nosso Sol expirava a cada anoitecer para renascer a toda manhã, mitologia que se transformou em um dos fundamentos principais do culto religioso a esta estrela. No início os filósofos gregos, acreditavam que os percursos dos astros celestiais eram regidos através de encadeamento harmônicos de princípios apropriados. É necessário apontar que, nesse cenário, a iniciação da definição de esfericidade do planeta Terra, defendida por uma parte dos pensadores gregos, os pitagóricos, conseguiu até supor que, era uma ilusão a rotatividade realizada durante o dia pela encurvadura celeste, era na realidade, a rotação da Terra era sobre ela mesma. Entretanto, essas considerações foram rejeitadas e adotou-se a ideia do sistema geocêntrico, segundo o qual a Terra ficava localizada no centro do Universo. A qual, tinha como principal defensor o filósofo Aristóteles (Figura 2) e vista como válida por aproximadamente 14 séculos. Habitualmente as explicações cosmológicas eram fundamentadas somente em ideias filosóficas, ou em fundamentos religiosos, semelhante ao entendimento de que o homem devia estar no centro do Universo.

**Figura 2- O filósofo Aristóteles**



Fonte: <https://www.slideshare.net/FrancieleFernandes4>

Cláudio Ptolomeu de Alexandria (fig. 3), no século II d.C, propôs em sua obra *Almagesto*, na qual elaborou um sistema que apresentava interpretações, com fundamentos no formato geocêntrico. A concepção da qual a Terra se encontrava fixa e cercada de esferas translúcidas que rodeavam em seu entorno da qual se o Sol e os outros planetas estavam subordinados, estes movimentos, denominados de epiciclos. Essa teoria foi aceita no século XIII pelo santo Tomás de Aquino, este entendimento para o Universo foi aceito por um período de 300 anos

**Figura 3 - Cláudio Ptolomeu de Alexandria**



Fonte: Arielly da Silva (Turma 100 vespertino-2019)

O astrônomo polonês Nicolau Copérnico, no século XVI, apresentou a teoria heliocêntrica, totalmente contrária aos princípios do período, em que sustenta que o Sol era o centro do sistema solar e a Terra passava ser um de seus planetas, que apresentava um movimento circular em órbita definida. Os ajustes feitos por Copérnico no sistema heliocêntrico conduziram interpretação de maior importância a respeito da esfericidade da Terra e sobre os movimentos. Esse período, denominado de Renascimento, trouxe ainda a expansão dos limites do mundo até então desconhecido. Mas, apesar de

revolucionário, igreja Católica reprovou a teoria apresentada Copérnico, pois se contrapunha à ideia de que o ser humano, como obra-prima de Deus, ocupava o centro do Universo.

Essas ideias na época apontavam uma infinidade de contestação que, até dois séculos depois (século XVIII), em Sorbonne, em Paris, se ensinava que o movimento da Terra ao redor do Sol era um entendimento útil, mas falso. Esse modelo só foi aceito bem depois, após consistente defesa do sistema heliocêntrico feita por Galileu, quem contribuiu decisivamente para que a teoria de Copérnico se firmasse e desenvolvessem.

Outra contribuição importante foi a ajuda do telescópio, um instrumento revolucionário para época e através do qual Galileu percebeu que a nossa galáxia (Via Láctea) é composta por uma quantidade incalculável de estrelas. Igualmente descobriu grandes buracos na superfície da Lua (as crateras), as manchas do Sol e a presença de satélites entorno do planeta Júpiter. Tais descobertas foram ampliadas após vários trabalhos como os de Johannes Kepler e de Isaac Newton. Autor da lei da gravitação universal, que transformou o entendimento “de que tudo que estivesse no céu era perfeito e imutável”. A junção dos conhecimentos adquiridos durante século XVII constituiu uma base científica favorável, através da qual a cosmologia adquiriu novos princípios e definitivamente passou do campo da filosofia para o da ciência experimental. A partir de então se estabelece o marco que divide a Cosmologia Antiga da Cosmologia Moderna. (Figura 4- Copérnico 4a, Galileu 4b e Kepler 4c)

**Figura 4 - Nicolau Copérnico 4a, Galileu 4b e Kepler 4c**



Fonte: Arielly da Silva (Turma 100 vespertino-2019)

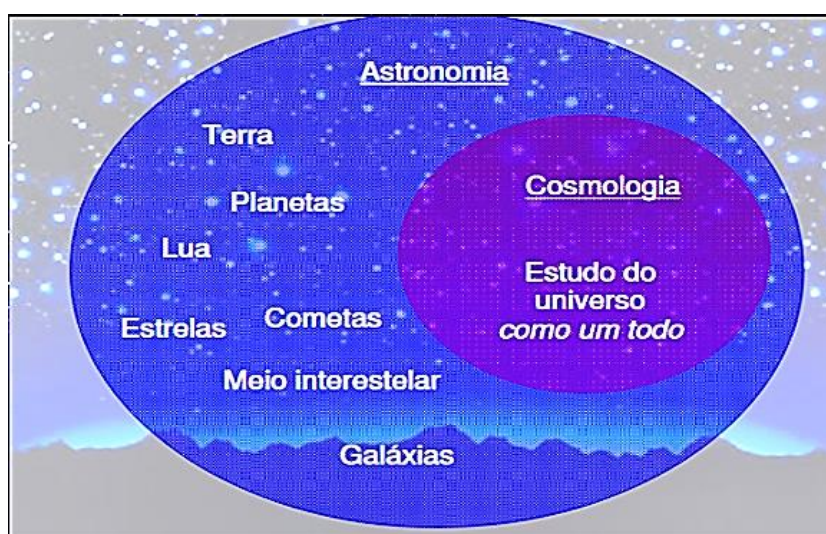
### *1.1.2 Cosmologia Moderna*

O desenvolvimento da cosmologia científica efetivou-se com fundamento na dinâmica Newtoniana, com a recente presença da teoria da relatividade no começo do século passado e os avanços tecnológicos que conduziram os processos de observações, nas quais, os pesquisadores adotaram diversos parâmetros e critérios variáveis perante os quais se elaborou um conjunto de métodos destinados a definição da composição do Universo e das leis que o regem.

Criada no início na década de 1920, a teoria da relatividade aponta evidências de que o Universo está em expansão. Essas evidências compõem o princípio da cosmologia moderna. Propondo que, a expansão do Universo começou depois de uma grande explosão ou Big Bang de uma massa muito densa de gás cósmico. O que gerou inovações significativas para a cosmologia, como ciência que estuda a origem e evolução do Universo.

Após este momento, segundo Lima (2017), o termo Cosmologia adquiriu uma ampliação e se estabelece como um ramo da astronomia, como a disciplina que investiga a formação e evolução da estrutura em maior para o Universo, como: galáxias, aglomerados e superaglomerados de galáxias. Seu objetivo é estabelecer um modelo cosmológico que antevêja e aclare os resultados das observações astronômicas. Sua maior busca é elaborar um cenário que possibilite reconstruir o passado do Universo, entender o presente e pressupor sobre o futuro do Cosmo (fig. 5)

**Figura 5-Diferença entre astronomia e cosmologia**



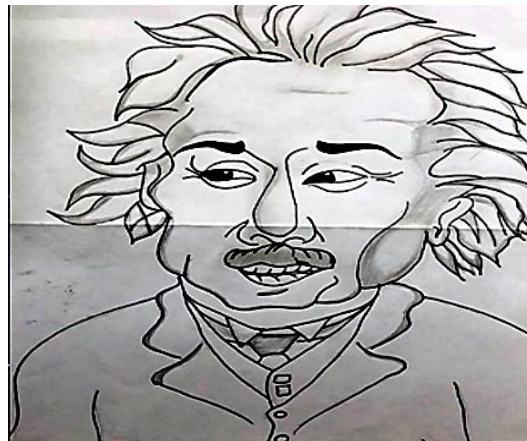
Fonte:<http://paje.fe.usp.br/~mefpietro/mef2/app.upload/204/Atividade%201%20Introducao%20a%20historia%20da%20cosmologia>.

Em sínteses, a sustentação teórica da Cosmologia Moderna deve-se a teoria da relatividade geral elaborada por Albert Einstein (Figura 6), que apresentou uma definição agregada a gravidade por uma conveniência geométrica do espaço-tempo. Há princípio, Einstein aceitava como verdadeiro que o Universo seria estático, mas depois percebeu que em sua definição inicial da teoria não consentia visto que as massas distribuídas por todo Universo se atraíam gravitacionalmente, aproximando uma das outras ao longo do tempo. Entretanto, ele percebeu em suas equações permitia a inclusão de uma constante que deveria paralisar a ação da força gravitacional atuante em escala cósmica.

O primeiro artigo de Albert Einstein (fig. 6) publicado sobre Cosmologia relativista, foi em 1917, neste ele inseriu uma constante cosmológica em suas equações, na intenção de estabelecer um modelo para o Universo estático.



**Figura 6 – Albert Einstein**



Fonte Arielly da Silva (Turma 100 vespertino-2019)

Apesar de todo empenho de Einstein, seu modelo para o Universo estático era incerto para perturbações de baixas intensidades que poderiam provavelmente dá início a expansão ou contração, o modelo por ele descrito como Universo estático. Somente depois foi descoberto que ele representava um conjunto de variedades possíveis e todas adequadas conforme descrita na relatividade geral.

Outra contribuição teórica importante foi proposta pelo o padre católico belga Georges Lemaître em 1927, com a descrição do recuo de nebulosas espirais, apontava que Universo “iniciou” a partir de uma explosão de um átomo primordial – que mais tarde foi denominado de Big Bang.

Já a base observacional do desenvolvimento da Cosmologia Moderna, coube ao astrônomo americano Edwin Powell Hubble, em 1929, do Observatório de Monte Wilson (fig. 7), interpretar a expansão do Universo, concluindo que as galáxias espirais (teoria de Lemaître) eram galáxias movimentadas através de velocidade capaz de distanciar-se da Terra. Por meio de cálculo de seu percurso usando como parâmetro de medições o brilho variável das estrelas contidas nestas galáxias e deduziu que o afastamento das galáxias da Terra em todas as direções tem velocidades proporcionais às suas distâncias. Esta descrição atualmente é conhecida: como a lei de Hubble e, a relação entre a velocidade das galáxias e sua distância da Terra constitui o parâmetro da constante de Hubble (H).

$$v = H \cdot r \rightarrow H = \frac{v}{r} \quad (1)$$

onde  $H$  é a constante de proporcionalidade, é chamada de constante de Hubble. O valor de  $H$  é geralmente medido em quilômetros por segundo-megaparsec ( $\text{km/s.Mpc}$ ), em que o parsec é uma unidade de comprimento muito usada na astronomia;  $v$  velocidade aparente de recessão de uma galáxia medida em  $\text{km/s.Mpc. ano-luz}$ ;  $r$  a distância a que se encontra da Terra medida em ano-luz.

**Figura 7- Hubble no telescópio Hooker (Observatório do Monte Wilson - Califórnia)**



Fonte:[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806)

A interação para a constante de Hubble encontra-se entre 10 e 20 bilhões de anos, segundo a escala de tempo cósmica utilizada como medida, que mais, se aproxima da idade estimada para o Universo.

A lei de Hubble propõem que o Universo está em expansão. São propostas principalmente duas hipóteses para modelos do Universo:

- i. desenvolvido e defendido por George Gamow - a teoria do Big Bang (de Lemaître), denominado de “Universo aberto”, exagerado e permanecendo infinitamente em expansão;
- ii. proposto por Fred Hoyle, o modelo do estado estacionário propõe que toda matéria nova produzida, preenche os espaços vazios gerados pelo o distanciamento das galáxias. Para este modelo, o Universo continua basicamente igual sem alterações em todo e qualquer tempo.

Esses dois modelos para expansão do Universo gerou uma divisão, entre os cientistas, em defender uma das teorias, mas, as evidências observacionais sustentam o entendimento, de evolução do Universo, a partir de um estado infinitamente quente quanto denso.

Outra base observacional para o desenvolvimento e sustentação da cosmologia moderna, está fundamentada na radiação cósmica de fundo, descoberta em 1965, com fundamental contribuição para a teoria do Big Bang, vários cosmólogos apresentaram duramente diversas concepções sobre o “início” e evolução do Universo. Uma das consequências é que, a partir desta descoberta, todas as teorias convergem ao entendimento de que, o Universo começou com singularidade, como proposto por Stephen Hawking e Roger Penrose (fig.8) em 1960. De acordo com esta teoria um universo é formado através de big bang, depois começa a expandir-se, possivelmente superlotando de estrelas e astros e, que, fortuitamente, começaram a entrar em exaustão gravitacional, produzindo modificações na estrutura da malha do espaço-tempo. Ao envelhecer esse universo eventualmente apresentará uma infinidade de buracos negros, transformando-o em uma imensurável viscosidade com ausência de massa, que evaporasse na forma de elétrons. Finalmente, o aglomerado livre de peso entrará em colapso em si mesmo, gerando um big bang que dará origem a um novo universo. O que aconteceria em intervalos de tempo infinitamente longos, para sempre.

**Figura 8-- Stephen Hawking e Roger Penrose.**



Fonte:<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.tnpscthergupettagam.com%2Farticles-detail%2Fstephen-william->

## **CAPÍTULO 2**

### **O BIG BANG**

Alguns objetivos:

- i. Conduzir os alunos a uma compreensão do início da expansão do Universo.
- ii. Perceber como era o Universo nos momentos iniciais da expansão.
- iii. Conhecer os fundamentos das descobertas que formam os pilares a favor desta teoria.
- iv. Analisar os princípios das teorias alternativas.

#### **2.1 A teoria do BIG BANG**

A teoria do Big Bang, embora seja bem conhecida - uma das mais divulgada, ela também tem gerado muita incompreensão. Entre as confusões mais frequentes a respeito da teoria, certamente seja o entendimento de descrição do início do Universo. O que, não é absolutamente correto. O Big-Bang descreve uma interpretação que tenta explicar a evolução do Universo de um nível minúsculo, superaquecido e infinitamente denso para estrutura atual. Ela não busca descrever o início da criação do Universo, ou seja, o existia antes da grande expansão ou além dele.

Outro engano está presente na afirmação de que o Big Bang represente um tipo de explosão. Na verdade, a teoria é uma tentativa de explicar a expansão do Universo. Apesar de diversas interpretações sobre a teoria retratarem uma expansão inacreditavelmente rápida (provavelmente superior à velocidade da luz), nem por isso, configuraria no sentido original do termo, uma explosão.

Elaborar uma síntese da teoria do Big Bang constitui um enorme desafio, por abranger definições além da qual compreendemos o Universo. Os primeiros instantes do Big Bang se convergem em um período em que as forças existentes no Universo pertencem a uma única força. As leis que sustentam a ciência iniciam sua estrutura, na proporção em que voltamos aos momentos iniciais à concepção de “criação” do Universo. Dessa forma, aproxima-se de uma fase da qual as possíveis condições científicas de construções teóricas deixam de existir, pelo o fato de não existir explicação para o que acontece, a partir deste estágio.

Para entendermos melhor a teoria do Big Bang, torna-se necessário a percepção dos dois conceitos possíveis para a teoria:

i. Sustenta que o Universo está em expansão e atravessou um período assustadoramente quente no passado. Aprovado pela grande maioria dos cosmólogos e apoiado em sólidas fundamentações observacionais. Este entendimento tem fundamentos na relatividade geral;

ii. Aponta que o Universo teve um início bem definido no tempo e, que houve uma singularidade (convergência incalculável de matéria), em que a Física não apresenta sentido, nesta concepção: o Universo, o espaço e o tempo, surgiram simultaneamente. Como extrapola o fundamento conhecido para quantidades de energia totalmente inalcançáveis atualmente, segundo os conhecimentos Físicos e, por isso ele não apresenta fundamentos sólidos, sendo tema de fortes debates.

A teoria do Big Bang busca representar a evolução do Universo do momento logo após ao seu nascimento até o presente momento. Refere-se a um dos vários modelos científicos que buscam explicações para a forma do Universo. Tal teoria propõe várias possibilidades, diversas já foram confirmadas através de observações. Portanto, entre as teorias, esta é a mais conhecida, divulgada e aprovada, quanto ao desenvolvimento do Universo.

O entendimento desejado ao expor a teoria do Big Bang, é o de expansão. O qual descreve o aumento realizado pelo o próprio espaço sobre si, isto nos aponta que os elementos que fazem parte de sua composição, comprimidos em seu interior está se distanciando uns dos outros. Apesar de muitos acreditarem que a teoria do Big Bang nos propõe uma compreensão de explosão, Na verdade ela aborda a expansão do Universo. Atualmente, quando olhamos para o céu durante à noite, percebemos um espaço vazio enorme entre as galáxias, aparentando ter grandes extensões. No Entanto, toda matéria, energia e espaço que conseguimos observar, nos momentos iniciais do Universo, encontravam-se aglomerados em um único ponto de volume infinitamente próximo de “zero” e com densidade infinita.

Existia uma quantidade tão grande de energia nos momentos iniciais do Universo, que a matéria, não poderia existir, na forma que a conhecemos. Mais o Universo se expandiu rapidamente e conseqüentemente a alta temperatura diminuiu e a densidade também. À medida que se expandia, a matéria foi se transformando em radiação e perdendo energia. Em pouquíssimo tempo, o Universo se estruturou e se espalhou pelo espaço sideral, a partir de uma singularidade.

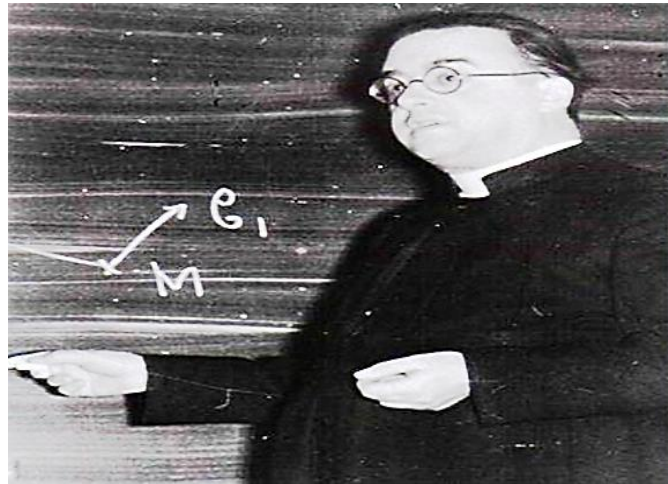
## **2.2. Quando surgiu a teoria do Big Bang?**

No final da década de 1920, o astrônomo Edwin Hubble (fig. 9) concluiu que: uma galáxia apresentava velocidade de afastamento diretamente proporcional à sua distância da Terra. Ou seja, quanto maior for a distância de uma galáxia à Terra, maior será a velocidade com que ela se afasta de nós. Entretanto, de fato as galáxias não se afastam e, sim, o Universo inteiro que se dilata com as galáxias dentro dele.

Hubble elaborou a teoria em que afirma: com passar do o Universo se expande. Isto aponta que, há bilhões de anos atrás, o Universo era bem menor e infinitamente denso. E deduziu, se retrocedermos o bastante, presenciariamos uma possível quebra do Universo formando área incrivelmente menor e com densidade infinita, por conter toda a energia, matéria, espaço e tempo do Universo.

Em 1927, foi o ano em que o astrônomo belga Georges Lemaître (figura 9) alcançou resultados teóricos que apontavam que o Universo que se expandia. Mas foi além, justificou que, o afastamento das galáxias hoje, indica que elas estiveram mais próximas no passado. Ele também pressupôs que em um único ponto já esteve junta toda a massa do Universo. E seis anos depois, Lemaître atribuiu a este princípio o título de átomo primordial, o qual, teria se dividido em incontáveis pedaços para formar o Universo.

**Figura 9-Georges Lemaître**



Fonte:<https://media.gazetadopovo.com.br/vozes/2018/08/lemaitrehubble-768x476-fc60ad7a.jpg>

A ideia a princípio de um Universo que evoluiu de um estado impressionavelmente comprimido e superaquecido da matéria não foi aceito por todos. Insultuosamente, em 1949, chamado de Big Bang - grande estrondo, por Fred Hoyle (fig. 10) cosmólogo britânico, um dos opositores mais ferrenho, numa rádio. Risivelmente, o nome ganhou popularidade, passando, a partir de então, a se referir ao modelo de expansão do Universo.

**Figura 10-Fred Hoyle**



Fonte:<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fhachette.imgix.net%2F>

Diversos cientistas tinham sérias rejeições a esse modelo. Entre eles estava o Albert Einstein, físico de peso na comunidade científica. O qual, no início apoiava a concepção, que sustentava o modelo de que o Universo era estático – em que não havia alteração, permanecendo o mesmo para sempre. Naquele momento desejava que teoria

da relatividade geral, formulada por ele, lhe favorecesse uma interpretação mais sólida sobre o desenvolvimento do Universo.

Ao finalizar a fundamentação da relatividade geral, Einstein ficou impressionado ao perceber que, segundo os cálculos por ele efetuados, o Universo deveria estar em expansão ou em contração. O que contrapunha totalmente seus conceitos em um Universo estático, o que gerou uma busca por uma explicação aceitável. A saída encontrada por ele, foi uma constante cosmológica – um valor numérico que, ao ser inserido em sua teoria da relatividade geral, apresentaria a função de neutralizar a possibilidade de expansão ou contração do Universo.

No entanto, quando Hubble apresenta as constatações, de que a inserção da constante cosmológica criada por ele, de fato, não exercia a função desejada. Einstein forçadamente aceitou seu segundo erro. Que o Universo provavelmente estaria em expansão e, o pior, esta confirmação estava fundamentada na teoria formulada por ele. Esta teoria e as observações realizadas Hubble produziram algumas previsões, entre elas estão:

i. A possibilidade do Universo ser simultaneamente homogêneo e isotrópico. Fundamentalmente, assegura que o Universo seja igual em todas as direções. Independentemente de onde você esteja, suas percepções sobre a estrutura do Universo seriam as mesmas obtidas aqui na Terra;

ii. Provavelmente o Universo tenha apresentado nos estágios iniciais do Big Bang temperaturas de altíssima intensidade e, conseqüentemente, após a expansão deve haver indícios que comprove radiação inicial. Como provas do Universo ser homogêneo e isotrópico, precisaria aparentar distribuição uniforme em qualquer ponto no Universo. Os cientistas obtiveram evidências radiação na década 1940, apesar de na época não saberem precisamente o havia encontrado.

Somente vinte anos depois em 1960 dois grupos de pesquisadores distintos descobriram o que atualmente designamos com radiação cósmica de fundo em micro ondas. A RCFM é constituída por resíduos da intensa energia liberada pela “esfera de fogo primordial” durante o bang. Pois, era incrivelmente abrasadora e esfriou absurdamente para os atuais 2,725 kelvins apenas.



A descoberta da radiação cósmica de fundo provocou intenso furor científico as expectativas à teoria do Big Bang, que adicionava aos dois pilares a seu favor: sustentava tanto o fundamento da expansão do Universo quanto a atual abundância dos elementos químicos de pouca massa (hidrogênio, deutério, hélio e lítio). Entretanto, mesmo assim sustentado por estes três pilares robustos, o modelo não estava livre de questionamentos.

### 2.3 Teorias alternativas

Foram propostas diversas teorias alternativas ao modelo do Big Bang, entre elas, a teoria do estado estacionário teve maior repercussão, conforme esta, o Universo não teve início ou fim, mas ao longo do tempo sempre existiu, o que justifica o nome do modelo. Para justificar o fato da expansão do Universo, seus principais defensores – Hoyle e os austríacos Thomas Gold e Herman Bondi – argumentavam que existia permanente criação de matéria no Universo. Existe atualmente diversos modelos apontados e investigados por pesquisadores desta área e são classificados basicamente em dois grupos: os que propõem um começo bem estruturado para o Universo e os que não apresentam início, ou seja, o Universo é eterno.

O maior embaraço que desafiava a concepção do modelo do Big Bang era justificar por que a radiação cósmica de fundo apresentava sempre essencialmente a mesma temperatura em todas as direções do espaço. A explicação apresentada foi supor que essa homogeneidade seja devido o Universo, embora muito quente e denso, possa ter expandido bruscamente durante um pequeníssimo tempo após o Big-Bang. Basicamente essa é a particularidade que sustenta a teoria inflacionária. Os acontecimentos sucessivos após o Big-Bang, segundo os estudiosos, em uma sequência cronológica (fig. 11):

$t \approx 10^{-43} s$ . Esse é o primeiro instante no qual conseguimos dizer alguma coisa que faça sentido a respeito da evolução do Universo. É nesse momento que os conceitos de espaço e tempo ganham o significado atual, e as leis da Física como as concebemos podem ser aplicadas. Nesse instante, o Universo inteiro é muito menor que um próton, e a temperatura é da ordem de  $10^{32} k$ . Flutuações quânticas de estrutura do espaço-tempo são somente que mais tarde constituem à formação de galáxias, aglomerados de galáxias e superaglomerados de galáxias.

$t \approx 10^{-35} s$ . O Universo se expande violentamente (era da inflação);

$t \approx 10^{-34} s$ . Nesse momento, o Universo passa por uma inflação assustadoramente rápida, em que seu tamanho é multiplicado por um fator da ordem de  $10^{30}$  provocando a formação de matéria com uma acomodação definidas pelas flutuações quânticas iniciais. O Universo se transforma em uma composição formada de fótons, quarks e léptons a uma temperatura da ordem de  $10^{27}$  K, elevada demais para a formação de prótons e nêutrons;

$t \approx 10^{-32} s$  Fim da inflação;

$t \approx 10^{-10} s$ . O Universo se torna uma sopa quentíssima de radiação e partículas elementares (quarks, glúons, elétrons, fótons, neutrinos etc.);

$t \approx 10^{-4} s$ . O Universo bem mais frio por causa da expansão. Os quarks se juntam para formar prótons, nêutrons e as antipartículas correspondentes. Os fótons, neste momento ainda não têm energia bastante para se libertarem das partículas recém-formadas. Partículas de matéria e antimatéria chocam e se anulam mutuamente. Um pequeno excesso de matéria que sobrevive dar origem ao mundo de matéria que conhecemos atualmente;

$t \approx 1 min$ : O Universo frio o bastante para que os prótons e nêutrons, ao chocarem, consigam formar os núclídeos leves  $^2H$ ,  $^3H$ ,  $^4H$  e  $^7Li$ . As abundâncias relativas previstas para esses núclídeos continuam as mesmas observadas atualmente. Existe uma quantidade enorme de radiação presente, mais os fótons não podem percorrer distâncias razoáveis sem interagir com o plasma formado por íons positivos e elétrons livres; motivo pelo qual, neste momento o Universo é opaco;

$t \approx 10^2 s$  : prótons e nêutrons, ambos bárions, formam núcleos de átomos leves;

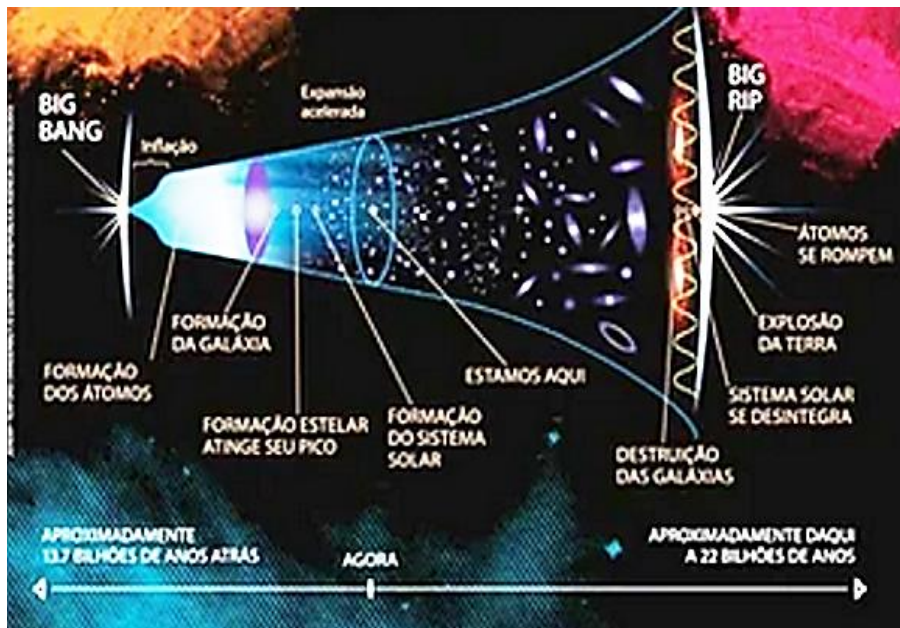
*380 mil anos*: Formam-se os primeiros átomos (núcleos mais elétrons) e os fótons da radiação cósmica de fundo passam a caminhar livremente, tornando o Universo transparente;

*200 milhões de anos*: formam-se as primeiras estrelas e galáxias;

*9 bilhões de anos* : formação do sistema solar;

*10 bilhões de anos depois do Big Bang*: início da vida na Terra.

Figura 11 - Do Big Bang ao Big Rip



Fonte: <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahU>

Não muito distante, em 1992, medidas realizadas por um satélite da NASA (*COBE*) mostraram que a radiação cósmica de fundo verdadeiramente, não é, perfeitamente uniforme. Em 2003, medidas feitas por outro satélite também da NASA, o Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (*WMAP*), possibilitaram medir a falta de uniformidade com uma resolução bem maior. Indicam que a teoria do Big-Bang, com uma inflação em  $t \approx 10^{-34}s$ , está correta. Há hoje vários modelos para o que ocorreu nos primórdios do universo. Porém, o modelo do Big Bang acoplado ao cenário inflacionário, tem obtido excelente respaldo observacional.

De acordo com Novello (2010) “no modelo de criação Big Bang, não é possível desenvolver racionalmente uma ciência completa do Universo. Isso se deve ao fato de que o modelo do átomo primordial exige a identificação de um ponto singular com o momento de criação do Universo: o volume total do espaço tridimensional seria, naquele momento, naquele ponto, estritamente zero”.

## CAPÍTULO 3

### O UNIVERSO EM EXPANSÃO

Alguns objetivos:

- i. Apresentar aos alunos do ensino médio as teorias, as observações e as descobertas que apontam evidências da expansão do Universo;
- ii. Conhecer melhor o percurso que possibilitou o ser humano ampliar seus conhecimentos sobre o Universo.

#### 3.1 O Universo em expansão

Embora houvesse intensas limitações interiores, aos poucos o conhecimento conduziu o homem a desprezar a noção de que tinha qualquer posição de destaque no Universo e no começo do último século percebeu que vivemos num planeta nada espetacular, em torno de uma estrela em nada diferente das demais, o Sol, localizada próxima a uma das extremidades da Via Láctea, uma galáxia comum.

As galáxias apresentam três formatos: elípticas, espirais e irregulares.

As galáxias elípticas, por lhes conferir semelhança elíptica em todos os ângulos de visão. Aparentemente revelam estrutura e matéria interestrelar insuficientes.

Já, as galáxias em formas de espirais, formam discos que realizam movimentos circulares. Sua composição é basicamente formada por estrelas mais velhas e poeira interestelar; apresentando braços relativamente brilhantes. A maioria deste formato de galáxias apresenta forma de barra que se estende além do núcleo e depois se une novamente à composição do braço brilhante.

As galáxias irregulares apresentam formas que ainda não são definidas, o que justifica o termo “irregulares”.

Formada por mais de 100 bilhões de estrelas e uma infinidade de nebulosas (nuvem de poeira de gás), a Via Láctea, apresenta uma faixa esbranquiçada que aparenta um caminho leitoso, quando observada da Terra. Na verdade, sua forma é de uma espiral em barras, devido ao nosso ângulo de visão da galáxia. Nós a enxergamos de lado.

Nosso sistema solar, está situado no interior da Via Láctea e se estrutura em volta de uma estrela que nasceu provavelmente à cinco bilhões de anos, o Sol. Para nós ele é mais importante, porém não é o único sistema planetário da Via Láctea.

Nossa galáxia faz parte de um conjunto de galáxias, situado na extremidade de um grande supergrupo de galáxias. O supergrupo de Virgem composto por aproximadamente de 1300 a 2000 galáxias fixas considerado pequeno em comparação com os outros supergrupos de galáxias que conseguimos ver em outros pontos do Universo. Deste modo, confirma nossa insignificante localização no Universo.

Através das imagens enviadas pelo telescópio espacial Hubble, pressupõe que o Universo tenha aproximadamente 125 bilhões de galáxias. Sendo assim, é incalculável a quantidade de planetas e estrelas no Universo. Todo esse entendimento é resultado da procura incessante por explicações sobre a origem e evolução do Universo.

Para Rosenfeld (2005) Uma das maiores descobertas do século passado certamente foi, o fato de que o Universo está em expansão e, que, durante muito tempo, imaginou-se que, desprezando o movimento aparente das estrelas por causa da órbita da Terra ao redor do sol, o Universo seria estático, imutável.

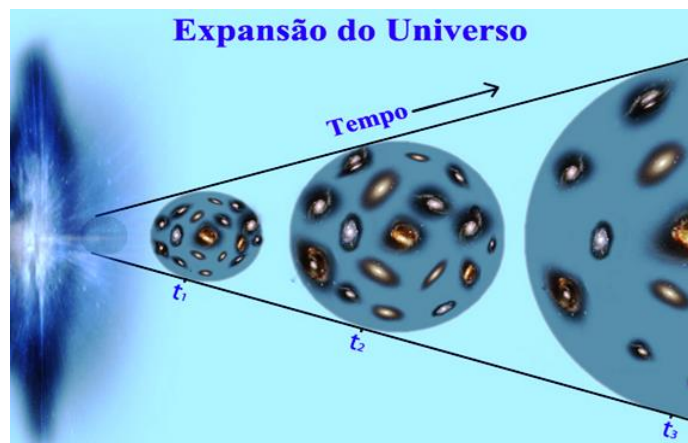
Einstein a princípio também aceitava como verdadeiro, que o Universo era imutável, estático e eterno, pois na época ainda não existiam conhecimentos práticos que provassem o contrário. Apesar de a sua teoria propor início para o Universo, o que, semente depois de ser verificada e contestada pelo Willem de Sitter e pelo belga Georges Lemaître que propôs o entendimento do átomo primordial.

A esta teoria, no final da década de 1940, foi dado pejorativamente o nome de Big Bang, durante um programa de rádio na BBC, pelo inglês Sir Fred Hoyle, para reforçar o que julgava ser um resultado grotesco apontado pela relatividade geral de Einstein, a partir do nada surgir quantidades enormes de matéria e energia.

Uma constatação observacional fundamental ocorreu, em 1929, quando o astrônomo americano Edwin Hubble (1889 – 1953), através de observações percebeu o um afastamento das galáxias em relação à Terra, Isto é, o Universo está em expansão, retrocedendo-se ao passado, ou seja, no tempo elas estariam bem mais próximas, e, a cerca de 13,7 bilhões de anos atrás, elas poderiam estar juntas, todas em um único ponto, provavelmente onde estava aglomerada integralmente a massa e a energia do Universo e, que certamente deveria ser muito quente. Este ponto é chamado pelos físicos de singularidade espaço- tempo.

Uma analogia bastante ilustrativa para a expansão homogênea e isotrópica do Universo é a de galáxias representadas por pequenos pedaços de papel pregados na superfície de um balão de festas que está sendo inflado. Suponha que vivemos na superfície do balão, à medida que está sendo inflado está se expandindo. Os pontos da superfície do balão se afastam homogeneamente uns dos outros (fig. 12), o que impede todos nós, que estamos em uma das galáxias desenhadas na superfície do balão termos percepção deste afastamento.

**Figura 12- fenômeno da expansão do Universo sem centro ampliada**



Fonte: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.ciencias.seed.pr.gov.br>

Estas observações comprovaram a expansão do Universo em todas as direções. Na verdade, o Big Bang não é uma explosão no espaço, mas, uma explosão do próprio espaço, ou seja, no Universo, igualmente a superfície do balão, todas as galáxias se afastam umas das outras, não existindo centro para expansão e, por isso, não temos consciência disto.

O Big Bang sustenta a criação não apenas da matéria e da radiação, mas, assim como, do próprio espaço e do tempo. Provavelmente foi assim o começo do Universo, que temos conhecimento.

Outra teoria, a do Estado Estacionário, na qual, o Universo era semelhante em todas as direções e imutável no tempo, com geração permanente de matéria para equilibrar a expansão adquirida e consequentemente mantendo constante densidade média. Tal teoria foi apresentada por Herman (1919- 2005), Thomas Gold (1920-2004) e Fred Hoyle (1915-2001).

Atualmente a Teoria do Big Bang apresenta maior aceitação pela maioria dos cientistas. Porém, existe uma parte que afirma existir nela alguns pontos passíveis de contestações:

i. Sustenta que uma das violações da Teoria do Big Bang é referente à primeira lei da termodinâmica, ao propor que o Universo começou do nada, enquanto a primeira lei da termodinâmica afirma que a matéria e a energia não podem ser criadas e nem destruída.

Em defesa da teoria, existem provas de que o Big Bang não discute a criação do Universo, mas sim de sua expansão e de forma que, as leis da ciência fogem a validade à medida que chegarmos próximos ao momento da criação do Universo e, as leis da termodinâmica estão inclusas;

ii. Alguns afirmam que a forma como as estrelas e galáxias são criadas contrapõe a sustentação da Entropia, ao afirmar que os sistemas perdem estrutura inicial com o passar do tempo. No entanto, se creditamos que no princípio o Universo era uniforme e apresentava as mesmas propriedades físicas, portanto, obedece à este princípio também;

iii. Outra contestação, já afirma, que o período de inflação proposto no início do Big Bang, não com o fato de que não tem algo capaz de movimentar-se com velocidade maior que a da luz, porém, os apoiadores da teoria, argumentam que, de forma semelhante que, o Universo aparenta não negar os princípios da primeira lei da termodinâmica, por não apresentar possibilidades de uso antes do seu início, enquanto, a relatividade sustenta restrições somente a velocidade da matéria e energia como sempre menor que a da luz, o que, não é válido para a velocidade do Universo em sua totalidade. Para tanto, ainda não era possível aplicar integralmente, a Teoria da Relatividade e, que eventualmente para o Universo viajar em velocidade maior que a da luz, não seria um obstáculo.

Acho que, quando morremos, voltamos ao pó. Mas, em certo sentido, continuamos a viver: na influência que deixamos, nos genes que passamos adiante para nossos filhos. Temos apenas esta vida para apreciar o grande plano do Universo, e sou extremamente grato por isso”. (HAWKING, 2018, P.34).

## ATIVIDADES PROPOSTAS

### Atividade 1

Esta atividade é composta por um debate e uma roda de conversa. Os quais têm a função de envolver os alunos por meio de uma prática diversificada, além da formação e utilização de organizadores prévios para, de fato, ancorar nova aprendizagem. Conduzindo os alunos ao desenvolvimento de novos conhecimentos a partir de conceitos essenciais (subsunçores), de modo a facilitar a aprendizagem necessária para as realizações das atividades subsequentes (atividades 2 e 3).

**Debate** é uma maneira de tornar as aulas mais dinâmicas, permitindo aos estudantes a oportunidade de desenvolverem a capacidade de coordenarem seus pensamentos e expô-los em grupo, expressam suas ideias prévias a respeito de fenômenos e conceitos científicos num ambiente estimulante e contribuindo inclusive sobre seu modo de agir em sociedade.

Para melhor utilização deste recurso pedagógico proposto neste manual, sugiro a seguinte ordem:

- primeiro momento, apresentar o tema (assunto) com antecedência para os alunos, neste caso “como a cosmologia conseguiu se desvencilhar da filosofia, da religião e ganhar autonomia como um ramo da ciência?”;
- segundo momento, antes do início do debate organizar o ambiente e estabelecer as regras, para evitar tumultos e confusões dos participantes durante a exposição;
- terceiro momento, início do debate sendo o professor mediador e provocador dos questionamentos e conclusões;
- quarto momento, finalizar o debate convergindo as conclusões e enfatizando que elas serão necessárias para a realização das futuras atividades.

**Roda de conversa** é uma possibilidade metodológica para uma comunicação dinâmica e produtiva entre alunos adolescentes e professores no ensino médio. Esta apresenta um rico instrumento para ser utilizado como recurso de aproximação entre os interlocutores do cotidiano pedagógico.



Provavelmente, quem inventou a roda de conversa foi Sócrates (469-399 a. C.) que desde o início proporcionava frequentemente uma troca de ideias com seus interlocutores, partindo de uma primeira opinião, que, aos poucos submetida à crítica, produzia outros significados até que as novas concepções apresentadas pudessem ser mais aceitáveis. No arranjo pedagógico, a roda de conversa, por meio da conversação e caracterização possa ocorrer, uma aprendizagem significativa como uma nova compreensão de significados, que interligue às experiências anteriores e as vivências dos aprendizes, permitindo a formulação de situações desafiantes que estimulem o aprender mais. Desencadeando modificações de comportamentos e contribuindo para à utilização do que é aprendido em diferentes contextos.

Com a finalidade de oferecer uma melhor estrutura que permita a realização da roda de conversa proposta neste manual, apresento a seguinte ordem:

- primeiro momento, como a roda de conversa sugerida neste material é formada por alunos e professores das áreas das ciências humanas e das ciências da natureza. É necessário que cada professor tenha conhecimento, de como sua disciplina tangencia o tema em questão;
- segundo momento, durante a realização do evento os alunos não necessitam obrigatoriamente usar uma linguagem científica sobre os temas em evidência;
- terceiro momento, ao finalizar as discussões, apresentar, a forma como a abordagem de cada disciplina, se convergem constituindo o conhecimento amplo e adequado – função principal de uma abordagem interdisciplinar.

## Atividade 2

Após a leitura dos textos, dos debates e da roda de conversa, sob a sua condução, é proposto que os mesmos grupos de alunos formados durante os debates e a roda de conversa se reúnam, para favorecer as discussões, a troca de ideias e de entendimento entre eles e os demais grupos (grupo de no máximo 3 componentes).

Solicite que respondam as questões a seguir e as entregue ao final do horário de aula para correção e discussões na próxima aula caso o tempo não seja suficiente. Caso não seja possível, é necessário que as discussões aconteçam antes da produção e exposição dos murais, que constituem a atividade 3.

**Questão 1.** Para (GLEISER, 1997, P. 396), a cosmologia é única disciplina de física que lida com questões que podem também ser legitimamente formulada fora do discurso científico. Essa característica faz com que a cosmologia, assim como os cosmólogos, seja percebida de um modo pouco diferente do resto das disciplinas científicas ou mesmo dos outros cientistas. Percebe-se uma disciplina que surge como exceção dos padrões científicos e este provavelmente tenha sido o maior obstáculo, para que, está se transformasse em uma ciência sólida estruturada sobre os trilhos das **teorias e observações.** (**Fragmento do texto sobre cosmologia**) Peça para os grupos apresentarem uma descrição bem resumida da:

- a) Contribuição teórica proposta pelo o padre católico belga Georges Lemaître em 1927;
- b) Base observacional do desenvolvimento da Cosmologia Moderna, feita pelo astrônomo americano Edwin Powell Hubble, em 1929.

**Questão 2.** Sobre a expansão do Universo, é bastante frequente os estudiosos sobre este tema, exemplificarem este fenômeno fazendo uma analogia para a expansão homogênea e isotrópica do Universo; é a de galáxias desenhadas em papel e coladas na superfície de um balão de festas de aniversário que está sendo inflado.

Agora suponha que vivemos na superfície do balão (fig. 13), e que este, está se expandindo a medida que está sendo inflado.

**Figura 13 - Ilustração da Expansão do Universo**



Fonte: <<https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=ua>>

Você consegue explicar porque nesta comparação as galáxias não foram desenhadas diretamente na superfície do balão? Argumente com os outros grupos o porquê disto, e transcreva sua explicação. (Sugestão - que cada grupo leve para este momento dois balões e façam a experiência em sala).

**Questão 3.** São comuns as expressões “*registro fóssil do Big Bang*” ou “*eco do Big Bang*” ou “*resquício do Big Bang*”; todas elas referem-se à radiação cósmica de fundo em micro ondas, descoberta em 1960, pelos os cientistas Arno Penzias e Robert Wilson, correspondendo a uma temperatura de 3k aproximadamente e constituía maior evidência observada em favor à Teoria do Big Bang. Para alguns estudiosos desta área, entre eles, Roberto de Andrade Martins, professor do Departamento de Raios Cósmicos do Instituto de Física da Unicamp: “A radiação não é mais como era antigamente, ela seria um vestígio residual da era primitiva”[disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=36496>].

Faça uma análise das informações descritas nos trechos acima e elabore uma justificativa, que explique porque esta radiação presente em todo Universo ainda hoje é evidência da ocorrência do Big Bang.

**Questão 4.** Atualmente a Teoria do Big Bang é mais aceita pelos os cientistas. Porém como toda teoria existem: contradições, defesas e equívocos. Nesta questão, os grupos já formados serão reorganizados em três grandes grupos, onde cada grupo tem a função de preencher umas das colunas da seguinte tabela:

<b>Teoria do Big Bang</b>		
<b>Contradições</b>	<b>Defesas</b>	<b>Equívocos</b>

É interessante que cada grupo tenha oportunidade de apresentar sua parte e para isso seria aconselhável que reserve um horário de aula e que não deixe parte para outra aula. Aproveitar o envolvimento dos alunos pode ser mais produtivo.

### **Atividade 3**

Está atividade consiste em produzir e expor murais sobre os temas abordados neste manual, com finalidade de divulgar para a escola os temas estudados sintetizando o que foi aprendido e, dessa forma constituir um produto final sobre os temas de cosmologia propostos neste material.

Sugere-se, que os alunos sejam divididos em três grupos e cada grupo fique responsável pela construção e exposição de um mural da seguinte forma:

#### **Grupo 1**

Construir um mural sobre Cosmologia apresentando:

- i. Sua definição;
- ii. Seu objeto de estudo e sua maior procura;
- iii. Como era sua percepção na antiguidade;
- iv. Sua evolução gradativa como ciência, a partir do momento que ela conseguiu se afastar das especulações filosóficas e religiosas e adquirir caráter puramente científico;
- v. Cosmologia moderna.

#### **Grupo 2**

Construir um mural sobre Expansão do Universo apresentando:

- i. As teorias e seus idealizadores;
- ii. As observações(descobertas) e seus autores.

#### **Grupo 3**

Construir um mural sobre a Teoria do Big Bang apresentando:

- i. Uma breve descrição da teoria;
- ii. Quando surge a Teoria do Big Bang;
- iii. As descobertas que formam os três pilares a favor desta teoria;
- iv. Breve descrição das teorias alternativas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, R. R., **Tópicos de astronomia e cosmologia**: Uma aplicação de física moderna e contemporânea no ensino médio. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – USP, Programa de Mestrado em ensino de Ciências. Modalidade Física e Química, São Paulo.
2. BORGES, E. L.; MOREIRA, M. A. **(Re) situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas**. Atas do IV Encontro Internacional Sobre Aprendizagem Significativa. Alagoas: Ufal, 2003.
3. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, Brasília: MEC, 2002.
4. \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Brasília: MEC, 1999
5. \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – ciências naturais**. Brasília: MEC, 1998.
6. BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, Maurício. **Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 10, n. 3, 2006.
7. CHEVALLARD, Yves. **La TransposicionDidactia: Del saber sábio al saber enseñado**. Argentina: La Pensé e Sauvage, 1991.
8. Editores científicos: Martins Mekler (Centro Brasileiro de Pesquisas Física/MCT) e Thyrso Villela Neto (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/MCT) **do livro “um olhar para o futuro – desafios da Física para século 21”**, ed. Vieira & Ient casa editorial Ltda, 2008, Rio de Janeiro.
9. FRÓES, André luís Delvas. **Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 2014.
10. GLEISER, Marcelo. **A dança do universo: dos mitos de Criação ao Big Bang**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.
11. GOUW, A. M. S., **As Opiniões, Interesse e Atitudes dos Jovens Brasileiro Frente à Ciência: Uma Avaliação em Âmbito Nacional**. Tese de Doutorado, USP, 2013.

12. HAWKING, Stephen. **Breves respostas para grandes questões**. Rio de Janeiro: Intrínseca, edição digital, 2018.
13. LEMOS, Evelyse dos Santos. **A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação**. Série-Estudos – Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB, junho, 2013.
14. LEMOS, E. S.; MOREIRA, M. A. **(Re)situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas**. Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 4. Atas... Alagoas: UFAL, 2003.
15. LIMA, J. A. S. e SANTOS, R. C. **100 Anos da Cosmologia Relativista (1917-2017)**. Parte I: Das Origens à Descoberta da Expansão Universal (1929). Rev. Bras. Ensino de Física, 2018, vol.40, no. 1.
16. NOVELLO, Mário. **Do Big Bang ao Universo Eterno**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, Ed.,2010.
17. \_\_\_\_\_, Mário. **O que é cosmologia? A revolução do pensamento cosmológico**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. Versão Digital, 2006.
18. OLIVEIRA, Jorge Henrique Lopes. **Noções de cosmologia no ensino médio: o paradigma criacionista do big bang e a inibição de teorias rivais**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Naturais, Universidade de Estadual de Maringá – São Paulo, 2006.
19. OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de Pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, 2000.
20. PELIZZARI, A; KRIEGK, M. L; BARON, M. P; FINCK, N. T. L; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel**. ver. PEC, Curitiba, 2002.
21. ROCHA, V. R. Peçanha. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2019.
22. ROSENFELD, Rogério. **A Cosmologia. Física na Escola**, v. 6, n. 1, 2005.
23. SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. – **A transposição didática aplicada a teoria Contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio**. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF, Londrina, 2006. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF. v. 1.

24. SOARES, Domingos S. L. **A tradução de Big Bang**, UFMG, 2002. Disponível em: <http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/aap/bgbg.htm>.
25. SOUZA, Ronaldo Eustáquio de. **Introdução à cosmologia**. Dept. Astronomia IAG/USP. Editora EDUSUP (ISBN 13: 9788531417450), 2ª edição, SP, 2019. Disponível em <https://www.edusp.com.br/livros/introducao-a-cosmologia/>
26. STEINER, J. E. **Origem do Universo e do Homem**. Estud. Av. vol. 20 n°. 58. São Paulo Sept/Dec.2006.