



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

PRODUTO EDUCACIONAL

GUIA DIDÁTICO SOBRE O ENSINO DA RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO E A NATUREZA DA CIÊNCIA

DIEGO UTPADEL

JOINVILLE, SC
2025

Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
Programa: ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS
Nível: MESTRADO PROFISSIONAL
Área de Concentração: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.
Linha de Pesquisa: Práticas Educativas e Processos de Aprendizagem no Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.

Título: GUIA DIDÁTICO SOBRE O ENSINO DA RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO E A NATUREZA DA CIÊNCIA
Autor: Diego Utpadel
Orientador: Ivani Teresinha Lawall
Data: 07/07/2025

Produto Educacional: livro
Nível de ensino: Ensino Médio.
Área de Conhecimento: Física
Tema: Cosmologia

Descrição do Produto Educacional:

O produto educacional desenvolvido, se constitui em um guia didático-pedagógico voltado para o uso de professores da educação básica que procuram um ensino científico crítico. O objetivo do material proposto é criar um ambiente em que a dialética sujeito e ambiente possa contribuir para a aprendizagem de Física, com uma abordagem pela Natureza da Ciência. O guia apresenta uma proposta dividida em 3 partes, utilizando-se de textos, vídeos, quadrinhos e simulações computacionais para se ensinar sobre o desenvolvimento de teorias cosmológicas durante o século XX.

Biblioteca Universitária UDESC: <http://www.udesc.br/bibliotecauniversitaria>

Publicação Associada: Qualidade motivacional dos estudantes de física do ensino médio a partir do episódio histórico da radiação cósmica de fundo.

URL: <http://www.udesc.br/cct/ppgecmt>

Arquivo	*Descrição	Formato
Registrar tamanho,ex. 3.707kb	Texto completo	Adobe PDF

Este item está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#)
Atribuição-NãoComercial-Compartilhual CC BY-NC-SA

Guia Didático sobre o Ensino da Radiação Cósmica de Fundo e a Natureza da Ciência

Arno Allan Penzias e
Robert Woodrow Wilson



Fonte: Oliveira Filho, Saraiva
(2017)

Diego Utpadel

Ivani Teresinha Lawall

Agradecimentos



PPGECMT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

Sumário

1 Uma Carta ao Professor	3
1.1 A Natureza das Ciências.....	4
1.2 Motivação e Suporte à Autonomia.....	7
2 Uma proposta de Ensino da Natureza da Ciência.....	9
2.1 Texto 1 - Desenvolvimento da Radiação Cósmica de Fundo.....	17
2.1.1 Sobre os paradigmas do universo.....	18
2.1.2 Quem propôs o universo em expansão?	20
2.1.3 Estado Estacionário.....	27
2.1.4 A Radiação Cósmica de Fundo.....	29
2.2 Texto 2 - Sobre os Conceitos Físico-Matemáticos.....	33
2.2.1 Teoria da Relatividade Geral.....	33
2.2.2 Modelos de Universo	35
2.2.3 Desenvolvimento do universo de acordo com a teoria do Big Bang	39
2.3 Texto 3 - A Tecnologia e a RCF.....	41
Referências	44



1 Uma Carta ao Professor

Caro(a) colega professor,

O material que lhe apresento aqui pretende agregar com o desenvolvimento de propostas voltadas para o ensino de Natureza da Ciência, assim como, por trabalhar com o desenvolvimento da Cosmologia do século XX, se enquadra como um tópico de Física Moderna e Contemporânea. Atualmente nos rodeamos das mais diversas tecnologias, a fim de conviver com os desafios da sociedade moderna, que se atualiza e se desenvolve com velocidades inesperadas. Parte do desenvolvimento dessa tecnologia que nos cerca é desenvolvida a partir de pesquisas de Física e Química, duas áreas da Ciência que nos permitiram desenvolver equipamentos e instrumentos atualmente integrados em nossa vivência. Máquinas de ressonância magnética nuclear, telas *touch screen*, fibra óptica, assim como tantos outros aparatos tecnológicos que desenvolvemos para melhorar o condicionamento da vida humana.

A Tecnologia e a Ciência devem, portanto, serem trabalhadas na Educação Básica, para que o jovem que não vá seguir em algum ramo profissional científico, compreenda alguns dos fatores que compõe ela. Um currículo que aborde tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) permite que desenvolvimentos históricos recentes da Ciência sejam introduzidos em sala de aula, tais conceitos podem ser utilizados para alguns propósitos, mas principalmente, a tentativa de cativar o interesse e a motivação dos jovens em Física.

A motivação de um estudante em participar de uma atividade em sala de aula é uma variável complexa de se interpretar, entretanto, o professor gera um impacto direto na intenção dele aprender, no seu jeito em aprender e no engajamento acadêmico (Stefanou *et al.*, 2004). O professor que busca dar suporte às necessidades psicológicas básicas dos estudantes, deve se preocupar em diversificar suas estratégias e metodologias de ensino, respeitar e compreender o desenvolvimento cognitivo de seus estudantes e buscar agir de forma a nutrir os sentimentos de autonomia, competência e pertencimento. Propor atividades que permitam ao estudante realizar escolhas, seja em formação de grupos, de organizar o conhecimento, ou ainda de resolver determinados problemas são formas de nutrir essas necessidades.

A Natureza das Ciências (NdC) é uma forma de se abordar o conhecimento científico em sala de aula, pois, por meio de História da Ciência para tratar do desenvolvimento científico, são possíveis momentos com estratégias que permitam o suporte às necessidades para o desenvolvimento de uma motivação intrínseca dos estudantes. A NdC propicia que os

estudantes reflitam sobre o desenvolvimento da Ciência, criando situações em que eles deverão refletir sobre os conhecimentos estudados, permitindo defender suas ideias com seus colegas. Durante a implementação de uma atividade que articula a historiografia da Ciência sobre o período de desenvolvimento da Cosmologia durante o século XX.

Dessa forma, a Proposta Didático-Pedagógica apresentada articula os conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea, baseados na Natureza da Ciência sobre a Radiação Cósmica de Fundo. Este material cria ambientes e situações que satisfaçam as necessidades psicológicas básicas dos estudantes, nutrindo motivações que podem ser positivas para o desenvolvimento escolar e cognitivo do aluno.

No decorrer da proposta, será apresentado o desenvolvimento das teorias Cosmológicas, com um enfoque histórico no século XX, contrastando **Temas e Questões** da NdC, com o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral, as Teorias de Expansão do Universo, a Teoria do Universo Estacionário, e como as descobertas científicas e o desenvolvimento tecnológico possuem papéis essenciais para o desenvolvimento da teoria mais aceita na atualidade, a do Big Bang.

Dessa forma, as atividades descritas nas próximas páginas, pretendem permitir um ambiente e situações em que o estudante se sinta à vontade para explorar e debater suas ideias. O professor tem um papel importantíssimo na criação desse ambiente e atmosfera propícios para o processo de ensino-aprendizagem. Portanto, antes de ir direto ao desenvolvimento da atividade, serão apresentadas características, e um recorte do desenvolvimento da teoria, a partir da pluralidade epistêmica sobre a Natureza da Ciência e os fatores que permitem nutrir as necessidades psicológicas básicas de acordo com as pesquisas sobre Motivação.

1.1 A Natureza das Ciências

Falar sobre o desenvolvimento científico não é algo prático, como muitos professores nas áreas das Ciências da Natureza sabem, não há um aprofundamento sobre o desenvolvimento dos conhecimentos científicos durante a formação inicial. Portanto, como há uma baixa incidência na abordagem da História da Ciência durante a formação do professor, pode ser difícil encontrar formas de mostrar como o conhecimento científico se desenvolveu.

A Física possui diversos conhecimentos que chamam a atenção do jovem, a própria curiosidade sobre como tentamos explicar o funcionamento do nosso universo abre um leque de oportunidades para o professor que busca um Ensino de Ciência que não seja apenas uma reprodução do conhecimento físico-matemático.

Assim, se propõe uma atividade que trabalha aspectos da Natureza da Ciência, área de pesquisa sobre Educação Científica, que propõe uma abordagem mais ampla e complexa, utilizando-se da História da Ciência, assim como questões sociais e culturais na construção do conhecimento científico. Nesse caso, consideramos desenvolvimentos científicos, a partir de Episódios Históricos da Física do último século, para tratar questões pertinentes à construção dessa área de conhecimento.

Esta proposta, está baseada no artigo de Martins (2015), no qual é proposto um ensino científico crítico e flexível, o qual deve se estruturar por meio de **Temas e Questões**, dividindo esses aspectos em um eixo histórico-sociológico e um eixo epistemológico. As questões e os temas escolhidos para a atividade foram sintetizados no Quadro 1.

A abordagem aqui proposta visa um ensino que permita o estudante a enfrentar rupturas durante o seu processo de formação, criando desafios que possam dar suporte às suas necessidades de competência e autonomia. A necessidade de se encontrar uma solução de meio termo quando se busca realizar uma abordagem baseada em NdC e História da Ciência, tendo a História da Ciência uma importância considerável para o trabalho reflexivo sobre o fazer Ciência é ressaltada por Lima, Cavalcanti e Ostermann (2021).

Da mesma forma que a Ciência é feita por meio da defesa e confronto de ideias e teorias (Rodrigues; Pereira, 2020), o processo de ensino-aprendizagem também pode trabalhar de tal forma, buscando assim momentos didáticos-pedagógicos que visem uma educação dialógica, permitindo situações significativas aos estudantes. Esses momentos de diálogo, reflexão e confronto de ideias podem refletir no suporte a necessidade de competência e autonomia do indivíduo.

Quadro 1 - Eixos, Subtemas e Perguntas.

Eixo histórico-sociológico	Eixo epistemológico		
	Problema da origem do conhecimento (científico)	Métodos, procedimentos e processos da ciência	Conteúdo / natureza do conhecimento produzido
Subtemas			
Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica	Empírico vs. Teórico	Hipóteses, previsões e testes	Ciência e tecnologia
Influências históricas e sociais	Influências teóricas sobre observações e experiências	-	-
Objetivos da ciência / objetivos dos cientistas	-	-	-
Controvérsias históricas e contemporâneas na ciência	-	-	-

Perguntas			
Os cientistas trabalham isoladamente?	A experiência é a base para a construção do conhecimento científico?	O que é uma hipótese?	-
O conhecimento científico é construído socialmente?	Há “descobertas” sem conhecimentos teóricos prévios?	Qual a sua importância para a construção do conhecimento científico?	-
Qual o papel do indivíduo? As “descobertas” são individuais ou coletivas?	A teoria influencia a observação dos fenômenos e/ou a análise de experimentos?	Como testar hipóteses? Um teste tem caráter definitivo?	-
Como o contexto histórico influencia a ciência?	Há observações “neutras”?	O que fazer quando uma predição se mostra incorreta?	De que maneiras ciência e tecnologia se interrelacionam?
Quais os objetivos da ciência?	Como a ciência e outras formas de conhecimento fazem uso de experiências e teorias?	-	O conhecimento científico, em seu conteúdo, incorpora o conhecimento tecnológico? Até que ponto?
Os cientistas podem discordar entre si?	-	O que se pode concluir quando uma predição é confirmada por testes?	-

Fonte: Elaborado com base em Martins (2015)

Martins (2015) traz em suas reflexões que o ensino de Ciências possa trabalhar com o caráter complexo de suas diversas áreas. Sua proposta traz dois eixos principais que dividem e permitem uma abordagem ampla. Propõe-se um eixo histórico-sociológico, que trata de temas como o “papel do indivíduo e da comunidade científica; a intersubjetividade; questões morais, éticas e políticas; influências históricas e sociais; ciência como parte da cultura; comunicação do conhecimento.” (MARTINS, 2015, p. 718). O segundo eixo, o sociológico, age dialeticamente com o primeiro, trabalha com temas como procedimentos e processos da ciência; imaginação; modelagem; conteúdo/natureza do conhecimento produzido.

Os dois eixos se encontram inter-relacionados, permitindo que se trabalhe, por exemplo, o tema **Ciência e outros tipos de conhecimento**, do primeiro eixo e **Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica**, do segundo eixo, na construção dos primeiros modelos cosmológicos. Tais temas se articulam com as crenças dos indivíduos, como Einstein, Lemaître, Hoyle, assim como outros, defenderam diferentes ideias de universo.

Junto de tais temas, e para uma articulação mais investigativa, são propostas questões que permitem esse lado da educação científica a partir dos temas já propostos.

Isso contempla, em certa medida, a flexibilidade necessária à incorporação da pluralidade de visões acerca dos aspectos de NdC, principalmente no que diz respeito às diferentes disciplinas científicas. Adicionalmente, evita a formulação prematura de ‘princípios gerais’ sobre NdC que não necessitam estar presentes nesse momento. A abordagem por temas evitaria, assim, diversos problemas associados à VC e aos princípios de NdC, proporcionando uma abordagem diferente no tratamento de questões sobre NdC no currículo escolar de ciências (MARTINS, 2015, p. 724)

São estes os preceitos que se apresentam a proposta didático-pedagógica aqui descrita, entretanto, conjuntamente à Natureza da Ciência, propõe-se o uso de preceitos que articulem a motivação humana. Na próxima parte, apresenta-se algumas das características da Teoria da Autodeterminação e do Suporte à Autonomia.

1.2 Motivação e Suporte à Autonomia

A motivação é um constructo complexo e multifacetado, existem diversas influências internas e externas a um sujeito que impactam diretamente no seu bem-estar psicológico. Um consenso neste campo de estudo, é que o ser humano possui algumas necessidades básicas para o seu funcionamento, sejam elas fisiológicas, como alimentação e sono, como também psicológicas.

As teorias que tratam sobre a motivação humana são diversas, mas este trabalho se baseia na teoria proposta por Ryan e Deci (2000). Os autores trazem em sua teoria um continuum sobre motivação, diferindo da forma que se trabalhou com apenas dois possíveis estados, a desmotivação e motivação. Dessa forma, trata-se como preceito para um indivíduo estar motivado, a necessária manutenção e o suporte das necessidades psicológicas básicas de autonomia, competência e pertencimento.

A autonomia do estudante deve ser desenvolvida para que o mesmo perceba sua capacidade de ser um agente central nesse processo de ensino-aprendizagem, participando de tal processo por querer fazer parte dele. Dessa forma, o estudante deve perceber o processo como interno a si, compreendendo a importância das atividades realizadas para o seu desenvolvimento como cidadão. Guimarães e Boruchovitch (2004) trazem que as percepções de comandos e exigências externas tendem a levar a pensamentos negativos dos estudantes, podendo ter impactos negativos em sua motivação para aprender.

A competência pode ser experienciada pelo estudante ao receber reforços positivos após atividades que possuem níveis de dificuldades adequados a ele, porém, ressalta-se que a competência só poderá ser experienciada pelo estudante se ele tiver autonomia no seu

processo. Portanto, é importante que o docente crie momentos de feedback, e favoreça um clima de diálogo com os jovens sobre as etapas e atividades no processo didático-pedagógico.

O pertencimento está diretamente relacionado às ligações emocionais que criamos em nossos meios sociais, dessa forma, ele também se apresenta em sala de aula e na escola. Se um ambiente não permitir que o estudante se sinta seguro, ou ainda que inexistam vínculos positivos entre colegas e professor, haverá uma dificuldade para que o estudante apresente uma motivação intrínseca. Guimarães e Boruchovitch (2004) destacam em seu trabalho que o perfil motivacional do professor também possui impacto no processo de ensino-aprendizagem, diversos trabalhos confirmam que o professor, de nível básico ao universitário, que apresentam uma prática docente que fomente as necessidades psicológicas básicas de um ser humano sucede em uma correlação positiva com o desempenho acadêmico (Reeve, 2006; Guimarães; Boruchovitch, 2004; Clement, 2013; Clement; Custódio; Alves Filho, 2015; Bojarski, 2023).

O professor, para fomentar tais necessidades e focando no suporte à autonomia, deve criar momentos em que se possibilitem regulações internas. Stefanou *et al.* (2004) caracterizam estratégias relacionadas a diferentes formas de suporte à autonomia: suporte à autonomia organizacional, suporte à autonomia procedimental e suporte à autonomia cognitiva.

O primeiro tipo de estratégia, o **suporte à autonomia organizacional**, traz a oportunidade de o estudante se sentir pertencente ao ambiente da sala de aula, parte também das atitudes do professor ao permitir que os estudantes possuam escolhas sobre procedimentos pedagógicos, como por exemplo formas de avaliações. O **suporte à autonomia procedimental** encoraja o estudante ao pertencimento enquanto a forma e estrutura do processo de ensino-aprendizagem, como por exemplo a escolha de um tipo de mídia para se trabalhar um conteúdo. Já o **suporte à autonomia cognitiva** encoraja o estudante ao sentimento de pertencimento no processo de ensino-aprendizagem, tendo como exemplo pedir que os estudantes justifiquem suas respostas e argumentos.

Com esses embasamentos teóricos, busca-se criar um ambiente propício para que o estudante apresente uma qualidade motivacional. Somando-se a isso, o professor proporcionar atividades que desafiem os estudantes em níveis a suprir sua necessidade de competência, permite a articulação das três necessidades psicológicas básicas, e assim, suceda-se um bom desempenho acadêmico.

2 Uma proposta de Ensino da Natureza da Ciência

Esta parte descreve a proposta de como articular a NdC, por **Temas e Questões**, explicitando como as atividades devem ocorrer para que sejam utilizadas estratégias de Suporte à Autonomia do jovem, com o tema Radiação Cósmica de fundo. Portanto, nas próximas páginas, você, colega professor, encontrará minhas sugestões de como relacionar a sugestão de Martins (2015) para uma abordagem da Natureza da Ciência, utilizando estratégias para um suporte à autonomia dos jovens.

A proposta didático-pedagógica apresenta três partes, divididas em três textos, de forma a não ser necessária sua aplicação integral. A primeira parte, indicada para 6 encontros de 45 minutos, terá um cunho mais reflexivo, trabalhando o desenvolvimento histórico sobre a Expansão do Universo e a Radiação Cósmica de Fundo, sendo o texto 1 para a leitura dos estudantes. A segunda parte, indicada para duas aulas de 45 minutos, apresenta foco nos resultados, fórmulas, interpretações e possíveis problemas e aspectos sobre os modelos cosmológicos, tratada no texto 2, voltado para o professor.

Finalizando, a terceira parte apresenta um enfoque social e tecnológico, tentando evidenciar como esses dois aspectos foram e são utilizadas para o desenvolvimento do conhecimento científico. Visa uma articulação com a aplicação do conhecimento na tecnologia desenvolvida e aplicada pelo conhecimento científico, com mais uma aula de 45 minutos. A terceira parte está descrita no texto 3, que também é voltado ao professor.

O desenvolvimento histórico tratado apresenta conceitos físicos que caso o professor ou os estudantes não viram previamente, é interessante discutir com eles nos momentos de dúvidas durante as atividades. Por exemplo, houve teorias de criação de universo que se utilizaram da Segunda Lei da Termodinâmica e da Radioatividade, é necessária a compreensão do que é um comportamento ondulatório, como também se inteirar sobre os decaimentos radioativos.

Voltando, a NdC é a metodologia de ensino de Ciências utilizada neste trabalho, portanto, busca-se tratar do desenvolvimento da concepção de um universo em expansão e a Radiação Cósmica de Fundo, “proporcionando caráter investigativo que o tratamento a temática NdC deve assumir na educação científica.” (MARTINS, 2015, p. 726).

A primeira aula deverá servir como um momento de introdução ao assunto, portanto, pode-se iniciar com alguns questionamento e provocações, para chamar a atenção e curiosidades dos jovens. Sugere-se aqui abordar o tema do telescópio James Webb, atualmente o instrumento que recebeu as informações mais antigas que se encontram viajando no espaço há aproximadamente 13,4 bilhões de anos.

Atualmente, a maioria da comunidade científica credita a Teoria Cosmológica Padrão (Teoria do Big Bang) como o modelo adotado na maioria dos estudos. Porém, recentemente o James Webb encontrou informações sobre a existência de formação de galáxia, anteriores o que a atual teoria previa. Pode-se questionar os estudantes: Como essa descoberta tem impacto na Teoria do Big Bang? Como podemos confiar no James Webb? Como a Ciência se desenvolve e se organiza?¹

Neste momento inicial, sugere-se de 10 minutos para a explanação sobre o tema. Na sequência, o professor deve realizar uma apresentação de 30 minutos sobre a evolução das teorias cosmológicas, podendo, se quiser, utilizar os slides disponibilizados no Anexo A².

O Texto 1 servirá para o desenvolvimento da atividade em sala de aula, este texto guiará os estudantes em seus grupos para que eles possam realizar reflexões e debates em grupos a partir do conhecimento que for exposto a eles. O desenvolvimento histórico do episódio selecionado foi dividido em quatro seções, as quais pretendem articular os temas e perguntas do Quadro 1.

Como o Texto 1 foi dividido em quatro seções, ao final de cada parte, são colocadas perguntas que servirão de reflexão, explicitando que “a ciência é um empreendimento social complexo demais para que dela se possa ter uma caracterização única.” (MARTINS, 2015, p. 706). Ao final de cada parte do texto, as respostas dos estudantes devem ser debatidas em grupos, para que eles tenham momentos de **suporte à autonomia** e a **necessidade de competência**. Após esses momentos de conversa e reflexão, deverão criar materiais de organização do conhecimento.

¹ O professor, para se aprofundar um pouco sobre o assunto, pode ler o artigo <https://periodicos.ufes.br/astronomia/article/view/38762/25572>

² Pode ser acessado no link: “https://udesc-my.sharepoint.com/:p:/g/personal/10382290909_edu_udesc_br/ESb_bcyw1VNIPacv1b62cABg2BGBPPjseEi-UdarZJhw?e=TuScwl”

Primeira Parte – Texto 1

Os primeiros encontros, programados da aula 1 até a aula 7, abordam o momento histórico no qual foram desenvolvidas as Teorias Relativísticas e Teorias de Universo, assim como as previsões da RCF e a “descoberta” de tais ondas. Indica-se a formação de grupos de 4 a 5 estudantes, ressaltando o caráter investigativo da atividade, estudando o período histórico selecionado. Você, colega, pode permitir que os estudantes se organizem em sala, como explicitar que eles têm total liberdade para sua forma de leitura, debate e reflexão. Propõe-se trabalhar dessa forma para se permitir o **suporte a autonomia organizacional**, com o intuito de favorecer o sentimento de pertencimento ao ambiente e de autonomia na realização da atividade. Stefanou *et al.* (2004) traz que as características desse tipo de suporte a autonomia estão centradas nas declarações dos professores que indicam uma responsabilidade compartilhada na tomada de decisões procedimentais.

Como estratégias de **suporte à autonomia procedimental**, são colocadas as perguntas da proposta de Martins (2015), para a reflexão e apresentação de ideias em grupos, possibilitando que o estudante pense por si em formas de organizar o conhecimento trabalhado, permitindo se sentir pertencente ao seu processo de ensino-aprendizagem, conforme proposto por Stefanou *et al.* (2004).

O Quadro 2 apresenta uma sistematização dos temas e as três partes para organizar qual o objetivo de cada atividade os temas que se pretendem relacionar ao conteúdo ministrado.

Quadro 2 - Momentos didáticos e temas da NdC

Momento Didático		Aula (45 min)	Eixo histórico-sociológico	Eixo epistemológico		
				Problema da origem do conhecimento (científico)	Métodos, procedimentos e processos da ciência	Conteúdo / natureza do conhecimento produzido
				Subtemas		
Primeira Parte	Aula inicial	1	-	-	-	-
	Sobre os paradigmas do universo	2 e 3	Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica	-	Hipóteses, previsões e testes	
			Influências históricas e sociais			
	Quem propôs o universo em expansão?		Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica	Empírico vs. Teórico	Hipóteses, previsões e testes	-
			-			
	Sobre o estado estacionário	4 e 5	Objetivos da ciência / objetivos dos cientistas	Influências teóricas sobre observações e experiências	Hipóteses, previsões e testes	-
	A Radiação Cósmica de Fundo		-	-	Hipóteses, previsões e testes	Ciência e tecnologia
	Momento de debates e de júri.	6 e 7	-	-	-	-
Segunda Parte	Objetivos da ciência / objetivos dos cientistas	7 e 8	-	-	Hipóteses, previsões e testes	-
Terceira Parte	Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica	9	Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica			Ciência e tecnologia

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Martins (2015)

Na primeira seção do Texto 1, que trata de alguns conceitos iniciais sobre a cosmologia o desenvolvimento histórico de teorias sobre o universo, desenvolve-se o eixo histórico-

sociológico os subtemas das **Influências históricas e sociais e o Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica**. Já o eixo epistemológico desenvolve o subtema **Hipóteses, previsões e testes**. Os temas são relacionados ao serem apresentados argumentos nos desenvolvimentos dos primeiros modelos cosmológicos, destacando-se o papel de outros cientistas, o início da hipótese de um universo infinito, o sucesso e fracasso das previsões dos modelos cosmológicos da época, a influência de outras teorias, o desenvolvimento social e tecnológico e o desdobramento histórico do início do século XX. Com as seguintes perguntas ao final:

- De que modo Einstein apresentou suas crenças no desenvolvimento científico da Teoria da Relatividade Geral e nos resultados encontrados por seus pares?
- Qual era a ideia de universo apresentada por Einstein? Quais são as características de seu modelo cosmológico apresentadas no texto?
- Os cientistas compartilham ideias e interpretações? Como essa coparticipação dos pares é representada nesse trecho do texto?

A segunda seção do Texto 1, “Quem propôs o universo em expansão?”, aborda as teorias advindas das equações propostas por Albert Einstein, que permitem diferentes perspectivas em modelos de universo. Os subtemas articulados nesse caso, no eixo histórico-sociológico foi **Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica**, no eixo epistemológico se tem **Empírico vs. Teórico e Hipóteses, previsões e testes**. Tais temas investigativos são importantes para o desenvolvimento da temática da NdC, caro professor, só se deve ter cuidado, pois a aprendizagem sobre Ciência não se dá implicitamente (Martins, 2015).

Como foco temático estão os papéis dos cientistas em novas propostas de modelos, como os resultados teóricos e empíricos influenciaram o desenvolvimento de novas soluções, assim como o embate entre teorias concorrente. Para se atuar com os temas, foram realizadas as seguintes perguntas ao final do texto:

- O que é uma hipótese? Há alguma hipótese sendo tratada nesta parte do texto?
- Qual a importância de um método/procedimento para a construção do conhecimento científico?
- Conforme lemos no texto, existem teorias e observações realizadas, como elas se relacionam com experimentos e dados, assim como suas respectivas análises?
- Qual o papel do indivíduo? As “descobertas” são individuais ou coletivas?

- Cientistas apresentam discordâncias?

A teoria do Estado Estacionário é uma das teorias concorrentes a teoria do Big Bang, que é abordada na terceira seção do Texto 1, trazendo algumas questões sobre o embate e argumentação a favor e contra teorias concorrentes. Para isso, os subtemas trabalhados no eixo histórico-sociológico foram **Objetivos da ciência / objetivos dos cientistas**, no eixo epistemológico se trata de **Hipóteses, previsões e testes** e **Influências teóricas sobre observações e experiências**. A partir da exposição de um forte modelo a época, são colocados em pauta os objetivos da Ciência e dos cientistas, principalmente ao proporem e defenderem novas teorias, em sua proposta Martins (2015) traz como um currículo que trabalhe modelos da Ciência pode agregar a educação científica, em contraponto a uma abordagem pela VC. São feitas as seguintes perguntas articulando os temas ao texto:

- A partir da leitura feita nesta parte do texto, o que se pode concluir quando uma predição é confirmada por testes? Qual o papel do cientista nesse processo?
- Voltando com o tema das hipóteses, como podemos testar uma? Um teste tem caráter definitivo?

Por fim, trata-se na quarta seção do Texto 1, “A Radiação Cósmica de Fundo”, sobre os pontos positivos que influenciaram na crescente aceitação da comunidade científica por uma teoria de universo em expansão. São articulados os subtemas **Hipóteses, previsões e testes**, **Ciência e tecnologia** no eixo epistemológico. Aborda-se a consolidação da teoria do Big Bang como paradigma cosmológico, articulam-se os subtemas as propostas de diversos cientistas em torno de um universo em expansão, junto ao encontro e análise de dados que fortaleceram a heurística da teoria.

Martins (2015) aponta a necessidade de relação entre diferentes tipos de conhecimento, permitindo assim “um caráter mais aberto, plural e heterogêneo para o tratamento da temática NdC, permitindo comparações entre disciplinas e áreas do conhecimento humano, tanto do ponto de vista histórico e social quanto epistemológico.” (MARTINS, 2015, p. 726). Encerra-se com as seguintes perguntas:

- A partir do enredo histórico visto, de que maneiras ciência e tecnologia se interrelacionam?
- O conhecimento científico, em seu conteúdo, incorpora o conhecimento tecnológico? Até que ponto?
- O que se pode concluir quando uma predição é confirmada por testes?

É solicitado que cada estudante realize alguma forma de organização do conhecimento, havendo total liberdade para tal escolha pelo estudante. Pode-se sugerir algumas ideias como texto corrido, mapa mental, ou algum outro esquema da preferência por ele. Tal liberdade de escolha se propõe a criar um fator para que o ambiente não se torne tão controlador e dessa forma possa dar **suporte à autonomia procedimental** do estudante, pois Stefanou *et al.* (2004) traz que esse suporte se dá por meio de declarações do professor sobre a forma da aprendizagem e sua liberdade de escolha, incentivando os estudantes buscarem diferentes formas de estudar e organizar seu conhecimento.

A leitura na íntegra do Texto 1 se estima um total de quatro aulas (180 min) das seis aulas para a primeira parte. Ao final da leitura e discussão das quatro partes do texto sobre o desenvolvimento histórico e as Teorias Cosmológicas, a atividade a ser realizada se resume em um debate cronometrado que será direcionado pelo professor, com questões colocadas pelas equipes e se necessário pelo docente, com direito a réplica, que se sugere mais duas aulas para a realização (90 min), finalizando os 270 minutos propostos para a primeira parte.

Para essa parte da atividade, a turma pode ser dividida em três ou quatro novas equipes, para que ocorram novas trocas de ideias e opiniões entre os estudantes. Há também a composição do júri, formada por alguns estudantes, o professor deverá escolher alguns alunos para a sua composição, caso ninguém se disponha. Essa atividade é indicada com o intuito de se dar **suporte à autonomia cognitiva**, permitindo que os estudantes se expressem e se comuniquem com seus colegas, criando um sentimento de pertencimento à atividade e sua aprendizagem. Esse tipo de suporte se dá pelo professor ao criar um ambiente no qual os estudantes justifiquem suas escolhas, para compreenderem melhor sua própria forma de pensar, considerando também diferentes formas de se abordar um problema, como apresentado por Stefanou *et al.* (2004).

Cada equipe terá o direito de fazer pelo menos uma pergunta para cada uma das outras equipes, a equipe que for desafiada a responder à pergunta terá 2 minutos para apontar seus argumentos, em caso de discordância da equipe que realizou a pergunta, haverá mais 2 minutos para que ela apresente seu argumento contrário. Essas perguntas a serem realizadas pelos grupos devem ser baseadas nas perguntas do Texto 1 e possíveis questionamentos que surgiram durante sua leitura. As perguntas das equipes devem ser desenvolvidas fora da sala e devem ser enviadas ao professor para conferência de contexto e nexos textuais, também para se verificar que não haverá repetição delas.

Ao final do debate o grupo de jurados deverá apontar suas considerações sobre os argumentos das equipes, colocando seu veredito sobre o que foi apresentado por cada uma delas, apontando quem obteve sucesso ou não em defender suas ideias. Assim, os jurados devem se organizar durante o debate para que seja possível apresentar suas conclusões até o fim da aula. Caso o debate dure mais do que o previsto, sugere-se que as conclusões sejam apresentadas na aula seguinte.

Nessa parte final da atividade o professor terá um papel mais de espectador, podendo auxiliar os jurados em caso de dúvidas ou problemas que eles encontrem. Ainda é possível realizar uma roda de conversa com os estudantes, para debaterem suas opiniões e o professor apresentar a sua visão do episódio histórico. Tem-se como sugestão utilizar como material de apoio o texto produzido pelos professores Alexandre Bagdonas Henrique e Cibelle Celestino Silva³ para se adquirir mais subsídio para as aulas.

Sobre os Conceitos Físico-Matemáticos – Texto 2

A segunda parte, as aulas 7 e 8 da proposta didático-pedagógica, deverá se articular de forma conceitual-matemática sobre os modelos de universo, abordando tópicos como a Teoria de Origem do Universo, Partículas Fundamentais, Radiação de Corpo Negro e a variação para o vermelho, relacionando-se a RCF. Acredita-se que dois encontros de 45 minutos cada um, são o suficiente para esta atividade. No primeiro momento os estudantes terão tempo para terem contato com alguns recortes do Texto 2 que trata das Teorias do Universo, os recortes devem ser feitos pelo professor como achar melhor. Parte-se para uma exposição dialogada sobre os conceitos trabalhados, utilizando-se de simulações computacionais, projetor e quadro. É interessante o professor destacar alguns resultados, durante ou ao final da aula, principalmente aqueles que tiveram impacto a partir de dados coletados por tecnologias.

Tal momento se propõe a articular o eixo histórico-sociológico com o subtema **Objetivos da ciência/objetivos dos cientistas**, assim como o eixo epistemológico aborda **Hipóteses, previsões e testes**. Esses temas serão articulados conforme são apresentados os modelos de universo e suas características, quais eram os pontos que tornavam sua heurística positiva ou negativa, com o intuito de articular os temas do Quadro 1.

Seguindo-se a indicação de Stefanou *et al.* (2004) para incentivar o **suporte à autonomia cognitiva** do estudante, o professor deve criar um ambiente em que o estudante possa refletir e se sentir parte do seu processo de ensino-aprendizagem, sugere-se, portanto,

³ http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/222/00_Texto%20Auxiliar%20-%20Controversias%20na%20cosmologia.pdf

que durante os momentos expositivos-dialógicos sejam realizados questionamentos e se abra momentos para que os jovens compartilhem suas concepções sobre as teorias cosmológicas apresentadas.

A Tecnologia e a RCF – Texto 3

A terceira parte da proposta didático-pedagógica, a aula 9, é programada para uma aula de 45 min, apresenta o desenvolvimento tecnológico de forma expositiva e dialogada sobre o fazer científico, tendo o foco em como as pesquisas são realizadas a partir dos dados obtidos por satélites. É interessante trazer fotos e notícias de satélites e como a tecnologia contribuiu para visualizarmos determinados fenômenos e previsões de teorias. A aula abordará como o COBE, LIGO e o Planck auxiliaram na heurística positiva à teoria de RCF e expansão do universo.

Neste momento o Eixo histórico-sociológico **Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica** e o eixo epistemológico **Ciência e Tecnologia** são abordados na parte final da proposta ao permitir um momento expositivo-dialógico com os estudantes com o trabalho realizado pelos cientistas ao coletarem e analisarem dados que podem apontar resultados positivos para previsões e hipóteses de algumas teorias a serem trabalhadas de forma teórica, comentando como o desenvolvimento tecnológico de nossas antenas, satélites e computadores nos permitiram progredir o conhecimento científico de forma acelerada.

Da mesma forma que a segunda parte da atividade proposta, neste momento da terceira parte pretende-se criar situações que podem dar **suporte à autonomia cognitiva**. Assim, é interessante que o professor permita momentos de diálogo e que os estudantes possam expressar o conhecimento desenvolvido durante a proposta didático-pedagógica. Parte-se então para a apresentação dos Textos 1, 2 e 3.

2.1 Texto 1 - Desenvolvimento da Radiação Cósmica de Fundo

O primeiro texto trata de uma descrição do episódio histórico sobre o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral e seus desdobramentos até a Teoria Cosmológica Padrão (Big Bang) e o papel da que dados evidenciando a Radiação Cósmica de Fundo impactaram no desenvolvimento de teorias sobre o universo.

2.1.1 Sobre os paradigmas do universo

O físico alemão Albert Einstein (1859-1955), em 1905, posteriormente em 1915, trouxe a fundamentação para um novo paradigma, a mecânica relativística. O paradigma anterior foi estabelecido a partir da Gravitação Universal e da Mecânica Newtoniana, trouxe algumas questões sobre os movimentos dos corpos celestes serem elipses, interações entre corpos e grandes massas atuavam no equilíbrio da mecânica celeste. Em seu modelo, Issac Newton também trazia a existência do vácuo, diferindo de alguns modelos da época, sua obra demonstrou com um formalismo matemático suas hipóteses, algo que começou a acontecer nesse período de Filosofia Natural (Martins, 1994).

Nos dois anos citados, Einstein publicou, respectivamente, dois artigos, no primeiro tratando da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) e no segundo a Teoria da Relatividade Geral (TRG). É interessante destacar que sua teoria não foi desenvolvida sem qualquer embasamento de trabalhos anteriores. As transformações de Lorentz que tratam do espaço e tempo, até o resultado que as equações de Maxwell davam sobre a constância da velocidade da luz, permitiram que o físico alemão propusesse sua solução físico-matemática para o universo.

Uma das grandes contribuições que Einstein trouxe em seu paradigma⁴ foi uma nova interpretação para características de um sistema, como espaço e tempo. Após o paradigma do éter ter sido descartado⁵ era necessária uma explicação para alguns fenômenos que foram estudados sobre o comportamento da luz. Fresnel e diversos outros cientistas tentaram trabalhar na hipótese de algo que permitia que a luz se propagasse em qualquer meio, porém, com os experimentos de Michelson-Morley ao final do século XIX, deixou-se de se considerar tão fortemente a existência do éter.

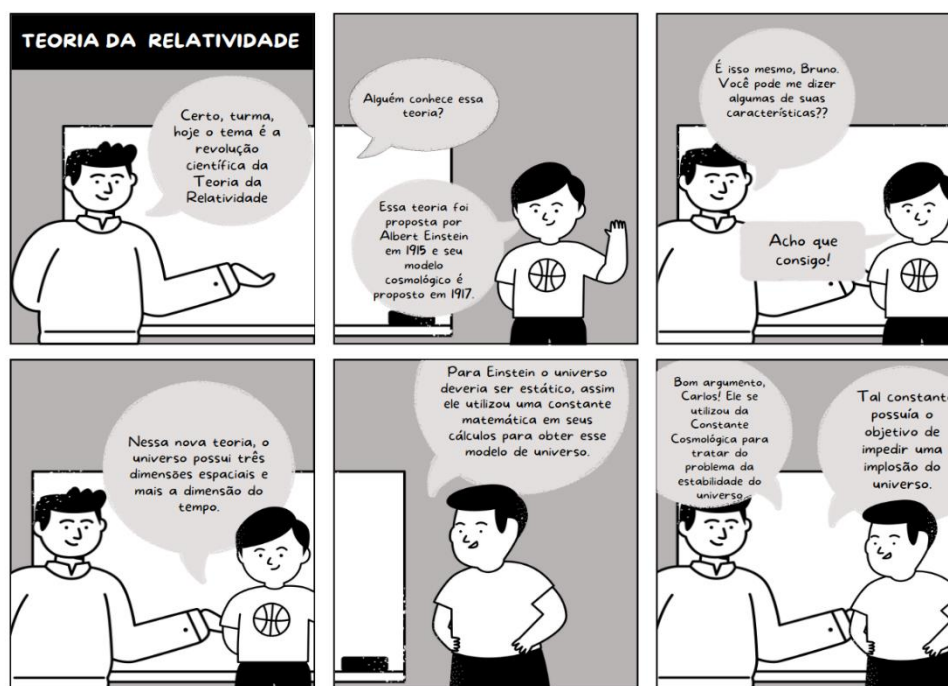
A Teoria Geral da Relatividade trazia assim um novo tratamento para um modelo de universo, não sendo mais um universo que possuía três dimensões, tendo o espaço e o tempo absoluto, como muitos acreditavam até então, mas de que seria possível ocorrer a contração do

⁴ “Considero “paradigmas” as realizações científicas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 1997, p.13).

⁵ Durante algum tempo, esteve em vigência na física a concepção de que não poderia existir algum meio sem matéria, duvidando-se até da existência do vácuo em certos momentos do desenvolvimento científico. O éter surgiu como uma explicação para alguns fenômenos físicos observados, entretanto, nunca foi possível encontrar uma prova definitiva de sua existência. Martins (2012) aborda em seu trabalho o processo do desenvolvimento da Teoria da Relatividade e como o éter teve um papel epistemológico e histórico de grande interesse para abordagem em sala.

espaço e a dilatação do tempo, sendo o próprio tempo a quarta dimensão, conforme pode se observar na Figura 1.

Figura 1 - Quadrinho sobre a Teoria da Relatividade Geral



Fonte: Autores (2025)

Houve uma certa dificuldade da parte de Einstein em aceitar que sua proposição talvez não fosse uma heurística⁶ positiva para a teoria, apontando como Friedmann teve sucesso ao descrever um universo em expansão a partir das equações propostas pelas TRG, tendo reconhecimento do Einstein apenas em 1932. Vale ressaltar que Einstein escreveu sua teoria trazendo alguns conceitos de teorias cosmológicas anteriores, como por exemplo a necessidade de um universo estático e infinito, que vinham das teorias de Aristóteles e Isaac Newton.

Um físico holandês, Willem de Sitter (1872-1934), no mesmo ano em que Einstein publicou seu modelo cosmológico, trouxe outra interpretação a partir das equações propostas pelo físico alemão. Seu modelo é considerado uma abstração matemática, mas que trouxe resultados importantes para o desenvolvimento da cosmologia. Ele adaptou a interpretação da constante cosmológica como uma força de repulsão, quando eram analisadas partículas de

⁶ Heurística positiva é quando uma teoria é colocada a prova, cada vez ganhando força teórica em seu desenvolvimento e aceitação da comunidade científica.

teste, elas deveriam se afastar de forma a existir uma proporcionalidade entre a velocidade e a distância.

S, como parte do comportamento dual da luz, quando existe uma diferença de velocidade entre o emissor e o receptor, ocorre uma mudança no comprimento e frequência de onda, quando emissor e receptor estão se afastando um do outro o comprimento de onda aumenta, e quando se aproximam, diminui. Portanto, vemos desvios da luz, quando a fonte emissora está se aproximando de nós, o desvio tende a ocorrer para o azul ($\lambda \cong 450 \text{ nm}$), ocorrendo uma diminuição do comprimento de onda. Porém, quando uma fonte luminosa se afasta do receptor, o desvio de onda tendia para o vermelho ($\lambda \cong 650 \text{ nm}$).

Willem de Sitter, cientista de renome e membro da Royal Society de Londres, também teve outro papel fundamental durante a Primeira Guerra Mundial, por viver em um país neutro na guerra, pode manter contato com Einstein, assim como pode compartilhar os resultados da TRG com outros cientistas (Bagdonas, 2011). Durante tal período, e principalmente pelos meios de comunicação da época, não era fácil o contato entre cientistas, dificultando a troca de conhecimentos e pesquisas sendo realizadas em períodos próximos, porém, distantes e de difícil confluência.

Perguntas Para reflexão:

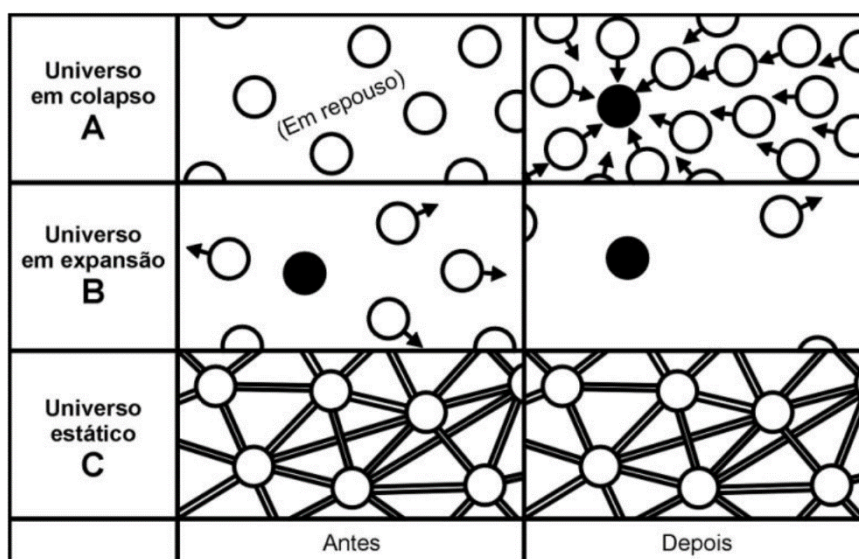
- 1) De que modo Einstein apresentou suas crenças no desenvolvimento científico da Teoria da Relatividade Geral e nos resultados encontrados por seus pares?
- 2) Qual era a ideia de universo apresentada por Einstein? Quais são as características de seu modelo cosmológico apresentadas no texto?
- 3) Os cientistas compartilham ideias e interpretações? Como essa coparticipação dos pares é representada nesse trecho do texto?

2.1.2 Quem propôs o universo em expansão?

Como contraponto a tal teoria de universo estático, proposta por Einstein, o físico russo Alexander A. Friedmann, em 1922, propôs um modelo no qual os resultados a partir das equações diferenciais propostas por Einstein poderiam apontar para um universo em expansão. Entretanto, no artigo original de Friedmann, o físico não constatou tal resultado, apenas propondo soluções matemáticas que posteriormente foram interpretadas como um resultado de um universo em expansão.

É interessante pontuar que os resultados propostos por Friedmann, assim como de Sitter, eram mais matemáticos do que físicos. O físico russo mostrou que era possível encontrar outras soluções a partir das equações da TRG. Dessa forma, ele trouxe três resultados: 1) universo em colapso, no qual as distâncias entre os corpos diminuem com o tempo; 2) universo em expansão, no qual as distâncias entre os corpos aumentam com o tempo; 3) universo estático ou estacionário, propondo que as distâncias entre os corpos são constantes, conforme representação na Figura 2.

Figura 2 - Interpretações das soluções de Friedmann



Fonte: Bagdonas (2011)

É interessante que Friedmann não explicita em suas obras sua visão de universo propriamente, considerando soluções matemáticas, entretanto, seus resultados diferiam do que foi abordado por Einstein em 1917, apontando entre eles um universo em expansão. O próprio Einstein aceita a ideia de uma possibilidade de universo em expansão publicamente a partir de 1932 apenas.

Na continuação de tal debate, levantam-se outros nomes que podem ser cogitados como defensores de uma teoria de um universo em expansão. Um desses cientistas é o belga, e padre, Georges Lemaître, que, em 1927, propôs soluções de um universo em expansão. O que deve ser destacado é que a publicação dos seus resultados ocorreu cinco anos após a publicação do primeiro artigo de Friedmann que trazia uma nova interpretação matemática do universo. Diferente do russo, o físico belga apontou em seu artigo que suas soluções descreviam um universo em expansão.

Ele, em diversas cartas e publicações posteriores, afirma que não houve contato com as soluções de Friedmann, entretanto, as soluções matemáticas são idênticas. Outro ponto importante de se destacar é que a sua formação como padre incitou questionamentos de pares sobre a influência da religião em sua proposta, defendendo-se, Lemaître afirmou que se houve influência, foi inconscientemente.

Lemaître, mesmo tendo estudado para virar padre, também realizou seu ingresso na vida acadêmica em Física, tendo Eddington como orientador em parte de sua formação. Em parte de seus estudos, trabalhava com seu orientador em teorias de universo estático, entretanto, durante certo período desenvolveu concepções que tendiam para hipóteses que posteriormente culminaram em seu trabalho de 1927. É importante destacar que as concepções de cientistas sempre são fruto de um contexto cultural e histórico, Lemaître foi trabalhar com Eddington, que estudava resultados da Teoria da Relatividade Geral que tendiam para o modelo defendido por Einstein, de um universo estático e infinito, mas, desenvolveu visões distintas do modelo proposta à época.

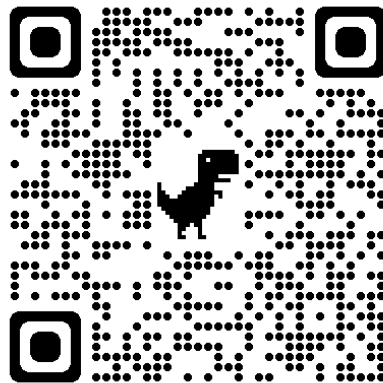
Outro contribuinte para o desenvolvimento da teoria física de um universo em expansão foi Edwin Powell Hubble. O físico começou a trabalhar no Observatório Monte Wilson em 1919, tendo acesso ao que era na época o maior telescópio disponível na Terra. Com tal aparelho, conseguiu constatar a partir de observações e tratamento de dados que as nebulosas⁷ espirais que ele vinha estudando se encontravam fora de nossa galáxia, suas publicações sobre o tema ocorreram nos anos de 1924 e 1925. Vale ressaltar, que até então, não se tinha certeza de que alguns dos objetos observados por astrônomos estariam fora da Via Láctea, mas um fato interessante para se destacar o desenvolvimento e crescimento recente do conhecimento humano sobre o próprio universo.

Ao final da década de 1920, Hubble voltou sua atenção para o que hoje em dia é chamado de redshift (desvio espectral para o vermelho, como apresentado na primeira aula). Se este fenômeno estudado pelo físico fosse interpretado como uma situação derivada do Efeito Doppler, sua conclusão seria de que as galáxias estavam se afastando da Terra.

Caro estudante, peço que agora tire um momento e tente lembrar o que é o Efeito Doppler. Pode utilizar a simulação computacional escaneie o QR code na próxima página para melhor visualização do fenômeno. O que acontece quando as ondas estão se afastando de nós,

⁷ Na época ainda não se conheciam outras galáxias, fora a nossa, como também não era levado em consideração a existência de outras galáxias, acreditando que tais nebulosas eram condensados de gás e estrela.

observadores? O que acontece quando ocorre uma aproximação da fonte e da emissão de ondas?



Fonte: Canzian

Voltando para nossa história...

Assim, Hubble encontrou um novo desafio, foi necessário buscar diversas formas de tentar calcular a distância que essas galáxias estariam da Terra, para que se pudesse encontrar uma relação entre o fenômeno de *redshift* visualizado.

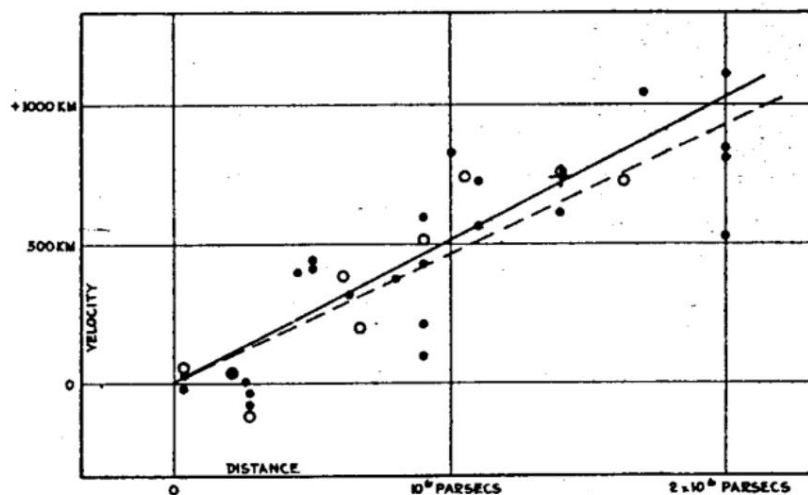
Quando, em 1929, Hubble descreveu suas primeiras pesquisas sobre os desvios para o vermelho, ele possuía valores para as "velocidades radiais" de 46 nebulosas extragalácticas e, afirmou ele, distâncias precisas para 24 delas. Quando ele traçou os desvios para o vermelho dessas 24 nebulosas contra suas distâncias, ele julgou que uma relação velocidade-distância linear era a mais simples forma de representar seus dados. Quando ele examinou as nebulosas restantes para as quais ele conhecia as distâncias com menos certeza, novamente calculou que os resultados apoiavam a existência de uma relação velocidade-distância linear (KRAGH; SMITH, 2003, p. 150).

A partir de seus cálculos e observações, Hubble tentou demonstrar uma relação entre a velocidade e a distância, propondo uma relação linear entre os *redshift* das galáxias e a sua distância.

$$V_{radial} = H_0 d$$

Sendo a velocidade radial igual a distância d do observador vezes a constante de Hubble (H_0). Tal relação pode ser vista a partir do gráfico no artigo publicado em 1929 que relaciona as velocidades radiais e as distâncias encontradas, como pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3 - Relação entre distância e velocidade radial



Fonte: Hubble (1929) apud Bagdonas (2011)

É importante destacar que Hubble não decidiu realizar tais estudos e cálculos por qualquer motivo frívolo, sua motivação se baseava em tentar provar ou descartar alguns resultados previstos por uma teoria proposta por Willem de Sitter e continuou uma pesquisa que havia sido iniciada sobre o cálculo de *redshifts* e *blueshifts* por outro colega o mesmo observatório onde ele atuava, tal cientista era Vesto Slipher. Também se ressalta que Edwin Hubble não estava sozinho em sua pesquisa, tendo auxílio durante o processo de seu colega de observatório Milton Humason. Percebe-se que a Ciência é um conhecimento construído de forma coletiva e não individual, juntamente pelos cientistas, ajudantes, estudantes e colaboradores.

A dupla de físicos (Hubble e Humason) continuou a observar galáxias, conferindo o mesmo resultado encontrado para as demais realizadas anteriormente. Em 1931 publicaram um artigo com mais de 40 nebulosas observadas, na qual uma delas possuía uma distância estimada em 100.000.000 de anos-luz. Tais resultados levaram a aceitação de boa parte da comunidade científica sobre a existência da relação linear entre distância e velocidade.

Entretanto, ainda ocorriam dúvidas de físicos que defendiam um modelo estático de universo. É importante destacar que a Ciência se constrói por meio do questionamento e enfrentamento de teorias e dados. Por exemplo, Hubble foi questionado por um físico sobre

seus dados de velocidade radial de uma galáxia que anteriormente havia sido medido como 300 km/s, enquanto seus cálculos apontavam para um valor de -220 km/s. Foi necessária uma justificativa da parte de Hubble, trazendo que suas medições ocorreram a partir de um ponto fixo no núcleo da galáxia, pois em diversos casos esse ponto de análise se afasta do núcleo. Na figura 4 se apresenta um diálogo que trata um pouco sobre o tema.

Pode-se concluir então que tais construções foram a origem do Princípio Cosmológico, Lei de Lemaître-Hubble, que admite um universo homogêneo e isotrópico. Tal proposição, apoiada na teoria de universo de Friedmann, resultava em uma singularidade quando o tamanho do universo fosse mínimo, em $t = 0$. Existiam também, físicos que ainda adotavam um universo estacionário, ocorrendo até comentários em programas de televisão, ironizando a proposta de tal singularidade como se fosse uma super explosão, chamando de Big Bang.

Após os resultados de Hubble, outros físicos passaram a tomar a ideia de um espaço em expansão como sendo o modelo mais provável, entretanto, ainda faltava uma teoria que apresentasse argumentos de como ocorreu essa criação e expansão do universo, tendo como um dos problemas a se resolver a definição da idade do universo.

Figura 4 - Quadrinho sobre Hubble e o *redshift*



O físico George Gamow (1904–1968) propôs um modelo de universo em expansão em 1946. Na sua teoria, o início do universo teria se dado a partir de uma grande quantidade de matéria muito quente e densa, sendo constituída basicamente de nêutrons e fótons, que com o passar do tempo passou a resfriar. Sua explicação para a criação dos elementos químicos foi de que os nêutrons sofreriam decaimento Beta (β)⁸, gerando prótons e elétrons, baseado na teoria nuclear da época. Baseado no modelo de expansão proposto por Lemaître e Friedmann, Gamow também se utilizou da ideia de um início no qual toda matéria estaria concentrada em uma singularidade, onde o volume inicial era nulo e a densidade era infinita.

Gamow, tentou utilizar a constante de Hubble para realizar o cálculo da idade do universo, porém, seu resultado era inferior ao esperado, chegando a apenas 2 bilhões de anos. Tal resultado era um problema, tendo em vista que se supunha que a Terra possuía 4 bilhões

⁸ Como retratado na pesquisa de Oliveira (2025), um cientista brasileiro, Mario Schenberg, trabalhou diretamente com Gamow sobre o papel de radiação Beta e seu papel no processo de evolução estelar.

de anos de existência. Este cientista, por volta de 1952, pontuou que tal problema pode ter sido o precursor para a criação de uma nova teoria, o universo de Estado Estacionário.

Perguntas:

- 1) O que é uma hipótese? Há alguma hipótese sendo tratada nesta parte do texto?
- 2) Qual a importância de um método/procedimento para a construção do conhecimento científico?
- 3) Conforme lemos no texto, existem teorias e observações realizadas, como elas se relacionam com experimentos e dados, assim como suas respectivas análises?
- 4) Qual o papel do indivíduo? As “descobertas” são individuais ou coletivas?
- 5) Cientistas apresentam discordâncias?

2.1.3 Estado Estacionário

Um dos modelos que ganhou fama, com uma ideia contrária à de um universo em expansão, que teve um início, como proposto por Lemaître e Gamow, era a ideia do trio da Cambridge Hermann Bondi (1919-2005), Thomas Gold (1920-2004) e Fred Hoyle (1915-2001), que em 1948 trouxe uma nova interpretação para um universo infinito. Destaca-se que a teoria não se referia a um universo estático, como a proposta de Einstein e De Sitter, mas sim de que o universo aparentava estar em expansão devido a sua contínua produção de massa, pois para se manter a densidade média, deveria ocorrer um processo contínuo de criação de matéria por uma taxa determinada pela velocidade de expansão.

Uma boa descrição para essa diferença na percepção do que seria um universo estacionário é a seguinte:

Já o modelo de Bondi, Gold e Hoyle não é estático, mas sim estacionário e em expansão. Um rio pode estar em um Estado Estacionário, mas a água está fluindo e, portanto, ele não é estático. Da mesma forma o universo pode estar em expansão, mas ser estacionário. Sendo assim, utilizamos o conceito de estacionário utilizado por estes autores, que é equivalente ao Princípio Cosmológico Perfeito: o universo não muda em larga escala, apesar de haver mudanças locais. (Bagdonas, 2011, p. 87).

No ano seguinte à proposta deste modelo, o físico Fred Hoyle passou a dar palestras na rádio BBC de Londres, as quais posteriormente formaram um livro intitulado *The Nature of the Universe*. Durante o programa, Hoyle utilizou o termo Big Bang para ironizar a ideia de que o universo teve um início.

Um pouco sobre o Estado Estacionário pode ser resumido no vídeo:



Fonte: Araujo (2023)

Fred Hoyle também apontou os problemas que as teorias sobre um possível início do universo possuíam a época, como por exemplo, não conseguiam realizar uma predição razoável para a idade do universo, assim como tinha dificuldades em apresentar como os elementos e as galáxias foram criadas. Em contraponto, a teoria do universo estacionário propunha um universo infinito, havendo tempo suficiente para que as galáxias se formassem, pois em um universo em expansão, caso a velocidade de expansão fosse muito forte, não seria possível a formação dessas galáxias pela contração da matéria no espaço.

A teoria dos três físicos (Bondi, Gold e Hoyle) foi desenvolvida durante conversas que eles realizavam periodicamente, até que publicaram seus resultados em dois artigos em 1948. Porém, houve um número considerável de opositores as propostas, de forma que Gold e Bondi trouxeram uma hipótese mais qualitativa, colocando dois postulados, sendo o primeiro a Constante Cosmológica Perfeita:

1. O universo deve ter sempre o mesmo aspecto, em larga escala, para qualquer observador, em qualquer posição no espaço e no tempo.
2. Como o universo está em expansão, para a densidade média se manter constante, a matéria deve ser continuamente criada numa taxa determinada pela velocidade de expansão

Um dos argumentos dos três cientistas é de que as leis da física devem ser constantes, colocando que se houvesse um universo em expansão, ele poderia sofrer grandes alterações e tais leis poderiam não funcionar durante todo tempo, impactando nos resultados experimentais encontrados atualmente na Terra.

Perguntas:

- 1) Quais eram as teorias e hipóteses apresentadas no modelo cosmológico de Hoyle, Bondi e Gold? Como os três físicos defendiam sua teoria?
- 2) Quais eram os argumentos apresentados por Hoyle em contrapartida a teoria de um universo em expansão?

2.1.4 A Radiação Cósmica de Fundo

A Teoria do Universo Estacionário recebeu apoio de muitos cientistas até o final da década de 1950, sendo considerada uma teoria alternativa à do Big Bang. Tal resultado pode ter ocorrido pelas tentativas de defesa da teoria pelo trio de Cambridge. Um dos autores da teoria, Hermann Bondi, era um popperiano, sendo adepto da teoria do Falsificacionismo⁹, tendo o Princípio Cosmológico Perfeito levado a diversas hipóteses que tiveram sucesso ao serem testadas. Em contraponto, ainda se encontrava a dificuldade de precisão no cálculo da idade do universo.

Bondi também pontuou que a própria constante de Hubble poderia não ser tão precisa, já que os dados obtidos por ele até 1929 eram de galáxias relativamente próximas de nós. Neste ponto, um físico-astrônomo alemão, Walter Baade, em 1952 apontou que havia alguns erros na calibração da curva período-luminosidade utilizada por Hubble para mensurar distâncias de estrelas variáveis. Tal conclusão trouxe à tona a possibilidade de se melhorar os dados para o cálculo da idade do universo a partir do inverso da constante de Hubble, que com a correção de Baade já apontava para 3,6 bilhões de anos.

Em 1964, em Nova Jérsei, nos EUA, Robert Wilson e Arno Penzias encontraram um ruído no meio das transmissões de rádio captadas pela antena utilizada em seu local de trabalho. Ambos os cientistas atuam no Bell Laboratories, e se utilizavam de uma antena corneta Holmedl, que já havia sido utilizada para auxiliar no processo de amplificação de sinal de ondas de rádio, mas pela atualização do sistema, não tinha mais esse propósito.

A dupla de cientistas se utilizava do equipamento para estudar sinais que estavam chegando de diversas regiões do universo. Certo dia se depararam com o ruído, o qual persistia mesmo após testes, o qual vinha de qualquer direção em que o equipamento era apontado. Após

⁹ Esta teoria é criada por Karl Popper, na qual para que uma teoria seja considerada científica, ela precisa ser passível de ser falsificável, ou seja, pode passar por testes a fim de verificar se possui é uma boa preditora de fenômenos físicos, ou não.

o devido tratamento, concluíram que se tratava de ondas com um comprimento de onda próximo ao 7,5 cm.

Durante esse período, o pesquisador Robert H. Dicke (1916-1997), liderava uma equipe que estudava a possibilidade da Radiação Cósmica de Fundo (RCF) em Princeton, junto de James Peebles (1935-). Os dois cientistas não possuíam conhecimento dos trabalhos de Gamow, Alpher e Hermann¹⁰. A pesquisa da equipe de Princeton trabalhava com o modelo de universo oscilante proposto por Friedmann, de forma que quando ocorriam os processos de expansão e contração, também haveria a criação e destruição de elementos químicos, chegando a um cálculo de aproximadamente uma temperatura de 10 K para a RCF.

No ano seguinte, em 1965, Dicke, Peebles e outros cientistas construíram um equipamento para a detecção da radiação prevista. Ao ter ciência da pesquisa, Penzias buscou um contato com o grupo de pesquisadores para verificar se o que foi encontrado por ele e Wilson poderia ter algo a ver o que eles estavam procurando.

Após o contato da dupla sobre as suas descobertas, os três chegaram à conclusão de que só poderia ser o fenômeno previsto, o qual apresentava uma temperatura de 3,5 K. Dessa forma, Wilson e Penzias publicaram um artigo na revista *Astrophysical Journal Letters*, em julho de 1965, apontando seus dados coletado e a aproximação de uma temperatura de 3.5 ± 1 K. Em tal artigo, não houve qualquer menção ou suposição sobre a ligação dos dados encontrados com uma teoria cosmológica. Tal constatação, rendeu a Wilson e Penzias o prêmio Nobel de física de 1978

As interpretações cosmológicas foram realizadas por Dicke e Peebles, sendo a radiação um fóssil do universo primordial. A tabela 1, mostra como que a predição sobre a radiação e a temperatura do universo foi algo trabalhado por outros físicos, não apenas Dicke e Peebles.

¹⁰ Foi o físico George Gamow e os físicos norte-americanos Ralph A. Alpher, Robert C. Hermann e Robert H. Dicke, que chegaram a predições sobre a existência da Radiação Cósmica de Fundo (Kragh, 2011)

Tabela 1 - Predições sobre a radiação e a temperatura do universo

Ano	Universo Estático	Big Bang	Temperatura (K)
1896	Guillaume		5,6
1926	Eddington		3,2
1933	Regener		2,8
1937	Nernst		2,8
1949		Alpher & Hermann	5
1952		Gamow	50
1954	Finlay-Freundlich		1T 6

Fonte: Neves, 2000a, p. 194.

Em 1992, com os dados do satélite espacial COBE coletados em 1990, George Smoot (1945-) e John Mather (1946-) publicaram um artigo que continha as medidas e suas interpretações teóricas. Onze anos depois, com os dados do Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), foi possível obter medidas mais precisas, apontando uma concordância com previsões da teoria do Big Bang (Bagdonas, 2011). A atual estimativa para a idade do universo é de 13,7 bilhões de anos.

Caso queira visualizar o processo de concentração da matéria, há o seguinte vídeo de 30 segundos:



Fonte: Hydra (2024)

A predição atual é de que após o Big Bang, houve um momento em que apareceram os bárions, formados por três quarks, além dos elétrons que ali estavam, formando os primeiros núcleos mais leves. Neste momento, houve a emissão de fótons no espectro do infravermelho, que podem ser encontrados até hoje.

Tal característica de existência, com os objetos quânticos já mencionados, gera um modelo físico conhecido Corpo Negro, pois ele não é reflexivo, mas reemite toda radiação que

recebe. A Radiação de Corpo Negro, objeto de estudo de muitos físicos ao longo dos anos, teve sua interpretação atual iniciada a partir dos trabalhos publicados por Planck, em 1900.

A Teoria do Big Bang propõe um modelo inflacionário, o qual passou por um momento de maior expansão. Só depois de 350.000 anos do início do universo, para então ocorrer o que ficou conhecido como período de recombinação, onde ocorrerá tal expansão, que mesmo com a desproporcionalidade da relação de fótons com bárions, a distância era tal que os fótons não conseguiriam mais alcançar elétrons. Tal radiação vem sendo captada por quaisquer objetos no espaço após o seu último espalhamento.

Entretanto, atualmente a faixa de comprimento de onda recebida se encontra no espectro de micro-ondas, diferente de como saiu no último espalhamento. Tal fenômeno pode ser compreendido pelo efeito Doppler. Então, quando a fonte se afasta do observador, ocorre um desvio para o vermelho¹¹, caso ocorrer uma aproximação entre observador e fonte, o desvio tende para o azul.

A temperatura do universo há 13,45 bilhões de anos era de aproximadamente 3.000 K, de tal forma que os fótons emitidos naquele momento se espalharam no espectro do infravermelho. Em diversos estudos, Alpher, Gamow e Hermann, previram uma temperatura que poderia variar de 4,8 K até 50 K.

É importante destacar que a Radiação Cósmica de Fundo não é uma prova experimental que valide a teoria do Big Bang, já que ela pode ser resultado de outros modelos de universo, como apresentado anteriormente. Entretanto, a história e o desenvolvimento dos modelos cosmológicos podem servir ao propósito de trazer um conteúdo de Física Moderna e Contemporânea que aguce a curiosidade dos estudantes, permitindo que se trabalhem questões referentes ao desenvolvimento do conhecimento científico e suas nuances.

Perguntas:

- 1) A partir do enredo histórico visto, de que maneiras ciência e tecnologia se interrelacionam?
- 2) O conhecimento científico, em seu conteúdo, incorpora o conhecimento tecnológico? Até que ponto?
- 3) O que se pode concluir quando uma predição é confirmada por testes?

¹¹ Este efeito só ocorre para grandes distâncias no universo, não é possível identificar tal fenômeno para objetos de nossa própria galáxia, por exemplo.

2.2 Texto 2 - Sobre os Conceitos Físico-Matemáticos

Aqui são abordados alguns conceitos físicos matemáticos que podem ser aprofundados pelo professor na aula, destacando alguns aspectos físicos importantes para a compreensão dos modelos de universo que temos e como explicamos um modelo de universo em expansão. Neste momento, o material busca revisar com os estudantes o conteúdo estudado na primeira aula e durante a leitura dos textos. Para que assim possa se ter uma compreensão melhor de como algumas questões matemáticas se relacionam com o desenvolvimento da Cosmologia no século XX.

2.2.1 Teoria da Relatividade Geral

Com alguns problemas na física, seja a questão do Éter, o início de constatações sobre o elétron, como diversos outros, a década de 1890 desencadeou resultados positivos para as décadas seguintes. Em 1905, um jovem físico, chamado Albert Einstein, que trabalhava em um escritório de patentes, trouxe alguns resultados em um curto período. Em 5 meses, publicou cinco artigos, com propostas de soluções para algumas questões da época, seja o efeito fotoelétrico, ou movimento browniano, entre estes se encontrava a Teoria da Relatividade Especial.

A teoria trazia alguns resultados novos para uma compreensão físico-matemática de um modelo cosmológico. Sua teoria propunha alguns conceitos que se debatiam à época, como a “velocidade da luz no vácuo é constante, independente da velocidade da fonte, que a massa depende da velocidade, que há dilatação do tempo durante movimento em alta velocidade, que massa e energia são equivalentes e que nenhuma informação ou matéria pode se mover mais rápido do que a luz no vácuo” (OLIVEIRA FILHO, 2004). Entretanto, tal teoria considerava casos apenas com campos gravitacionais desprezíveis, já sabendo que tal aspecto não fortalecia a heurística da teoria.

Uma diferença sobre concepções dessa nova teoria, com a de Gravitação do Newton, era de que o universo até então era considerado rígido, e a TRG propunha que a partir das massas os corpos interagiam com o espaço e o tempo, apresentando uma curvatura, sendo o universo também homogêneo e isotrópico. Assim, em 1917, foi proposto por Einstein um modelo cosmológico, com a interpretação de constante cosmológica como um artífice matemático, agindo como uma força repulsiva devido às forças de atração gravitacional, para que seu modelo se mantivesse com um universo estático.

Entretanto, sua teoria também trazia aspectos como a invariabilidade da velocidade da luz no vácuo, se utilizando dos valores encontrados por James Clerk Maxwell. Vale ressaltar que a TRG manteve a teoria eletromagnética como preceitos de modelos físicos válidos.

Alguns resultados que foram encontrados a partir da TRG também é o fato de que massas aceleradas emitem ondas gravitacionais. Também traz que a energia de um corpo é diretamente proporcional a sua massa relativística ($E = mc^2$), é importante destacar que este formato da famosa fórmula é um caso particular da seguinte equação $E = p^2c^2 + m_0^2c^2$.

Por mais que a Teoria da Relatividade Geral desencadeou diversos resultados positivos para um modelo de universo que pudesse explicar alguns problemas que o modelo newtoniano não era capaz, são necessárias heurísticas positivas para uma teoria se firmar e ser aceita por outros cientistas.

Um caso a favor da teoria de Einstein foi a expedição organizada pelo Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944) no ano de 1919. Essa expedição possuía o objetivo de verificar o desvio da luz devido a corpos com grandes massas, dessa forma, ocorreram estudos em “Sobral, no Ceará, e à ilha de Príncipe, na África, para medir a posição das estrelas durante um eclipse total do Sol de 29 de maio de 1919, na constelação do Touro, com as 13 estrelas brilhantes das Hyades no campo. A expedição ao Brasil foi coordenada pelos ingleses Andrew Claude de la Cherois Crommelin (1865-1939) e Charles Rundle Davidson (1875-1970) e retornou com 7 fotografias boas.” (Oliveira Filho, 2004)

Foram medidas as distâncias das estrelas ao Sol durante o curto período do eclipse, que permitia verificar estrelas próximas do arco do Sol, e dois meses depois, quando as estrelas apareciam no céu noturno, foram medidas novamente tais distâncias. A TRG propunha que deveria haver um desvio do arco de luz na seguinte proporção:

$$\theta - \theta_0 = \frac{1,7 \text{ segundo de arco}}{\Delta}$$

Os resultados encontrados pelas equipes foram favoráveis ao que a teoria propunha até então. Em anos seguintes continuou a haver questões que aumentaram a heurística positiva da teoria, entretanto, ocorreram divergências de outros físicos em relação a algumas interpretações do modelo cosmológico einsteiniano, como por exemplo a ideia de universo estático, dessa forma, podemos é interessante conversar sobre tais modelos, que são apresentados na próxima parte.

2.2.2 Modelos de Universo

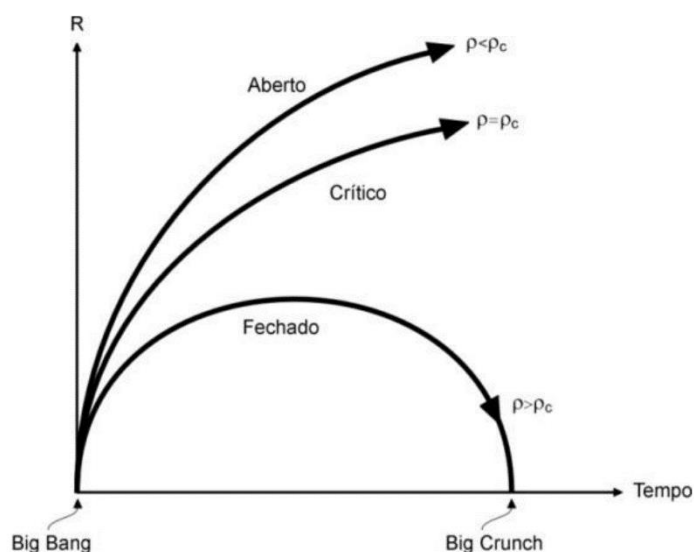
Um dos resultados a partir das equações propostas por Einstein foi o do físico russo, Alexander Friedmann. Friedmann não se preocupou em trazer uma interpretação cosmológica de modelo de universo, mas sim, explorou resultados matemáticos que permitiam algumas interpretações.

A Figura 4 ilustra os três tipos básicos de modelos cosmológicos propostos por Friedmann:

- A) universo em colapso: as distâncias entre os corpos diminuem com o tempo
- B) universo em expansão: as distâncias entre os corpos aumentam com o tempo
- C) universo estático ou estacionário: as distâncias entre os corpos são constantes

A Figura 4 apresenta possíveis resultados evolucionários a partir dos resultados do físico russo. De forma geral, se diferenciam em três modelos, aberto, crítico e fechado

Figura 4 - Possíveis resultados da evolução de um universo



Fonte: Bagdonas (2011)

As proposições de Friedmann postulam que o determinante à evolução do universo é sua densidade de matéria. Dessa forma, temos três possíveis resultados:

1. Se a densidade for alta, a atração gravitacional é muito forte, de forma que a expansão é interrompida e o universo aumenta de tamanho até um ponto máximo.

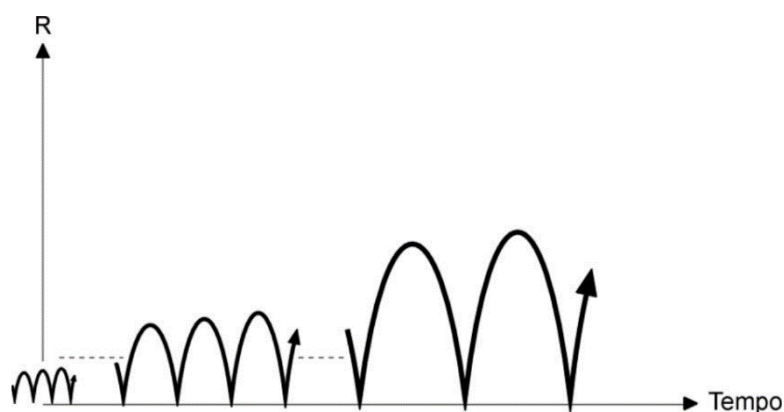
Então volta a contrair e o raio tende a zero novamente. Esse tipo de universo é chamado fechado e finito.

2. Se a densidade for baixa, a expansão continua indefinidamente e o universo é aberto e infinito.

3. O estado intermediário entre esses dois regimes é chamado universo crítico. Ele se expande cada vez mais lentamente, até atingir uma velocidade marginal. No limite, a uma distância infinita, a velocidade de expansão seria nula. Esse tipo de universo é chamado marginalmente aberto. (Bagdonas, 2011 p. 76)

Um resultado que impactou em pesquisas posteriores é que um universo fechado pode ser também cíclico, a equipe de Robert H. Dicke estudava tal modelo. Nele, o universo realiza um processo de expansão, até atingir um limite, realizando o processo inverso de contração na sequência, repetindo o mesmo ciclo. A Figura 5 traz em síntese que este tipo de universo apresenta instantes em que o tamanho do universo é nulo.

Figura 5 - Representação de um universo cíclico



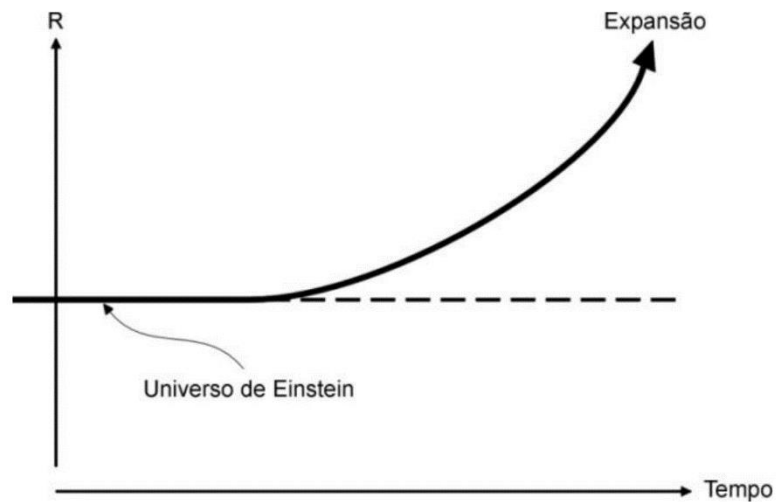
Fonte: Bagdonas (2011)

Modelo Lemaitre- Eddington

O físico e padre belga Georges Lemâitre (1894-1966) foi quem trouxe algumas novas interpretações sobre um modelo de universo. Lemâitre realizou sua graduação enquanto se preparava para a vida de padre. Durante sua pós-graduação foi aluno de Arthur Eddington (1882-1944), com quem conjuntamente se empenhou em encontrar novos resultados para as equações da TRG. Entretanto, o estudante e seu professor possuíam concepções distintas sobre o comportamento do universo. O físico belga, diferente de seu professor, defendia a ideia de um universo em expansão, afirmando ter chegado às mesmas soluções de Friedmann, sem haver qualquer contato anterior, tendo publicado seu principal trabalho em 1927.

Quatro anos após a publicação do artigo de Lemaître, seu professor passou a apoiar os resultados apresentados pelo padre, tendo dessa forma a consolidação do modelo de universo *Lemaître-Eddington*, apresentado na Figura 6, foi-se proposto um universo inicialmente com uma distribuição uniforme de matéria em equilíbrio instável que lentamente passou a evoluir.

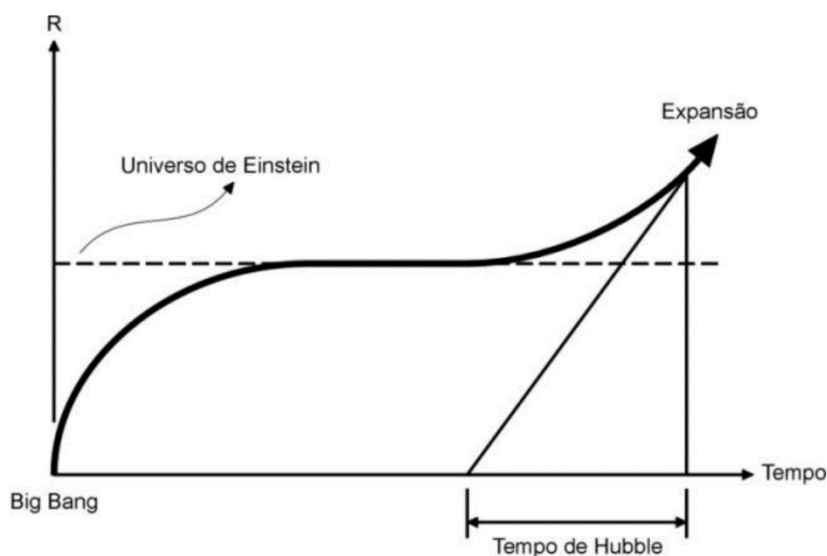
Figura 6 - Modelo Lemaître- Eddington



Fonte: Bagdonas (2011)

Porém, em pouco tempo Lemaître propôs algo que cessou o apoio de seu professor, ele apresentou uma interpretação do universo com um começo, desafiando a ideia de universo infinito, aceita pela maioria dos cientistas. Seu modelo ficou conhecido como átomo primordial, apontando um começo com expansão, na sequência um período estático, seguido de um novo momento de expansão, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Modelo Lemaître



Fonte: Bagdonas (2011)

O Estado Estacionário

A teoria do Estado Estacionário é uma teoria cosmológica com muitos fatores qualitativos, entretanto, apresentou uma série de acertos em previsões, sendo que os cientistas que defendiam esse modelo também reagiam de forma cética aos astrônomos que não contabilizassem sua teoria. Um dos autores da teoria também trazia argumentos contra a teoria do Big Bang, criticando problemas da teoria, como o caso de uma velocidade intensa de expansão não permitiria a formação de galáxias, devido a contração gravitacional de matéria no universo. Já em sua teoria, com a infinitude do tempo de existência do universo, seria tempo o suficiente para a formação que conhecemos atualmente.

Na teoria também apresentava a criação lenta de matéria, de forma a ser criada continuamente, pela infinitude do tempo. A ideia dessa existência e contínua criação teria como resultado uma expansão do universo, entretanto, essa expansão atua de forma dinâmica em um sistema estático. Nesse sistema, olhando-se externamente ao sistema, ele pareceria estático, entretanto, há matéria em movimento. Um exemplo passível de analogia é água em um fluxo laminar, na qual ao olhar a torneira com fluxo de água, o sistema como um todo aparenta estar estático, entretanto, há água correndo.

Em 1948 o trio propôs os seguintes preceitos em sua teoria cosmológica:

1. O universo deve ter sempre o mesmo aspecto, em larga escala, para qualquer observador, em qualquer posição no espaço e no tempo.
2. Como o universo está em expansão, para a densidade média se manter constante, a matéria deve ser continuamente criada numa taxa determinada pela velocidade de expansão.

Outro argumento utilizado pela dupla contra a teoria do Big Bang era de que com um início de universo instável e imprevisível poderia se considerar que as leis da Física poderiam variar com o tempo, pois o estado atual poderia não se comparar ao início da expansão com um início inesperado. Outro ponto para a teoria do Estado Estacionário era uma previsão de criação de matéria, estimada quantitativamente, sendo aproximadamente $10^{-43} \text{ g.s}^{-1}.\text{cm}^{-3}$, comparando-se a massa de um átomo de hidrogênio a cada um bilhão de anos, no volume de um litro, entretanto, não havia como ser detectada experimentalmente.

2.2.3 Desenvolvimento do universo de acordo com a teoria do Big Bang

Vamos começar pelo início, no qual o nosso universo estaria com um ponto extremamente denso e quente, tendo toda matéria e radiação estando contidas em um espaço muito pequeno. Durante a evolução da teoria houve algumas propostas, hoje uma das primeiras tentativas de se explicar esse estado inicial do universo foi de Lemaître, entretanto, é a explicação de E. Tyron de 1973 que é atualmente aceita, nela a expansão do universo se iniciou a partir de uma flutuação quântica do vácuo.

Devido ao estado naquele momento, sendo de uma elevada temperatura e certa pressão e volume variáveis, fótons possuíam energia o suficiente para produzir partículas materiais. Com a expansão se alterava o volume, dessa forma, a temperatura do universo diminui gradativamente. No Quadro 3 se apresenta um resumo da evolução do universo pelo modelo do Big Bang.

Quadro 3 – Eventos marcantes no modelo do Big Bang

Idade cósmica	Temperatura	Eventos marcantes
$< 10^{-44}$ segundos	$>10^{32} \text{ K}$	Big Bang. Unificação das 4 forças. Era de Planck.
$< 10^{-44}$ segundos	10^{32} K	Gravidade se separa das outras forças. Era das GUT's (teorias da grande unificação das forças nucleares forte e fraca e da força eletromagnética).
10^{-35} segundos	10^{28} K	Força nuclear forte se separa da força eletrofraca.

10 ⁻³² segundos	10 ²⁷ K	Fim da era da Inflação. Universo se expande rapidamente.
10 ⁻¹⁰ segundos	10 ¹⁵ K	Era da radiação. Forças eletromagnéticas e fracas se separam.
10 ⁻⁷ segundos	10 ¹⁴ K	Era das partículas pesadas (era hadrônica). A colisão de fótons dá origem a prótons, antiprótons, quarks, e antiquarks.
10 ⁻¹ segundos	10 ¹² K	Era das partículas leves (era leptônica). Fótons retêm energia suficiente apenas para construir partículas leves como elétrons e pósitrons.
3 minutos	10 ¹⁰ K	Era da nucleossíntese. Prótons e elétrons interagem para formar nêutrons. Prótons e nêutrons formam núcleos de deutério, hélio, e pequena quantidade de lítio e berílio. Todos os átomos encontram-se ionizados.
380.000 anos	10 ³ K	Era da recombinação. Os elétrons se unem aos núcleos para formarem os átomos. A radiação pode fluir livremente pelo espaço. (O universo fica transparente.)
10 ⁹ anos	20 K	Formação das galáxias.
10 ¹⁰ anos	3 K	Era presente. Formação do sistema solar. Desenvolvimento da vida.

Fonte: OLIVEIRA FILHO (2024)

Existem alguns argumentos a favor da teoria do universo, como a percepção de expansão evidenciada por alguns dados observacionais, inicialmente sendo propostos com maior força heurística na teoria por Hubble e Slipher. Pode-se utilizar também que o Paradoxo de Olbers, que trata sobre a escuridão da noite, é um ponto para a possibilidade de um universo em expansão. Muitos cientistas tratam a Radiação Cósmica de Fundo como um ponto de heurística positiva para a teoria do Big Bang, indo de encontro com demais dados observacionais e postulados teóricos.

Outro ponto é a quantidade de hélio existente no universo, os dados que temos atualmente tratam que apenas 10% do hélio do universo é formado no interior das estrelas, tendo uma composição de 25% de hélio e 75% de hidrogênio. Portanto, parte do hélio foi criado antes, a partir do nucleossíntese inicial do hidrogênio.

A lei de Hubble, que pode ser resumida com a fórmula $v = H_0 \cdot d$, no qual v é a velocidade de recessão em km/s, H_0 é a taxa de expansão atual, chamada também de constante de Hubble, que equivale a 71 km/s/Mpc, significa que a velocidade de recessão das galáxias aumenta 71 km/s a cada megaparsec de distância, e d , a distância em megaparsec (Mpc). Disso concluímos que não é uma expansão das galáxias no espaço, mas sim a expansão do próprio espaço. Outro resultado obtido a partir de uma proposta de universo sem um centro de origem da expansão, dessa forma, qualquer observador, em qualquer lugar, vê a mesma expansão.

A Radiação de Corpo Negro teoriza um modelo com condições perfeitas para absorção e radiação emitida. Essa radiação térmica é emitida ou absorvida por um corpo, dependendo de sua temperatura. A teoria traz que as taxas de absorção e radiação corpos tornam-se iguais

ao atingir o equilíbrio térmico. Para tanto, o corpo negro é um absorvedor térmico por excelência, conforme a lei de Kirchhoff para radiação, também é o melhor radiador.

A teoria de Corpo Negro já era trabalhada quando Max Planck trouxe sua interpretação. Na época as teorias utilizadas, como de Stefan-Boltzmann e Rayleigh-Jeans, apresentavam problemas em extrapolações, uma quando o comprimento de onda era muito baixo, enquanto a outra apresentava esse problema para valores altos de comprimento de onda, conhecido como *catástrofe ultravioleta*.

Dessa forma, a Radiação Cósmica de Fundo prediz uma radiação com temperatura de corpo negro de aproximadamente 3K, que poderia ser detectável em todas as direções do espaço. Ela foi gerada na época da recombinação, quando a idade do universo era de aproximadamente 700.000 anos e uma temperatura de 3.000 K. Foi proposta por alguns físicos, como Alpher, Herman e Gamow, de forma teórica, em 1948. Em 1963, Arno Penzias e Robert Wilson se deparam com a radiação, que posteriormente é levada a um grupo de físicos composto por David Dick, James Peebles, Peter Roll e David Wilkinson, resultando na publicação de um artigo de Penzias e Wilson em 1965.

2.3 Texto 3 - A Tecnologia e a RCF

Como foi visto em momentos anteriores da atividade, a tecnologia se encontra atrelada ao desenvolvimento da Ciência, neste caso histórico, os satélites foram os instrumentos que trouxeram quantidades de informações que conversassem com o que as teorias previam. O COBE, o Planck, o WMAP, assim como outros, tiveram impactos consideráveis no desenvolvimento da cosmologia, auxiliando no desenvolvimento do conhecimento científico.

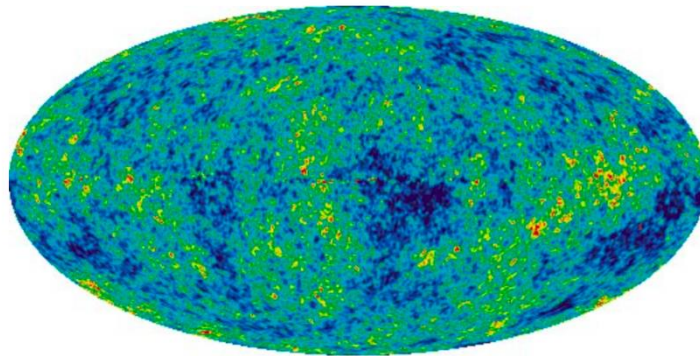
O Cosmic Background Explorer (COBE), foi lançado dia 18 de novembro de 1989, pela NASA, para analisar detalhadamente a radiação do fundo do universo, operando na faixa de micro-ondas. A teoria prevê que após 380 mil anos do Big Bang, devido às condições da matéria presente, assim como a pressão e temperatura do universo, ele era opaco. Entretanto, após a época da recombinação, a matéria pode viajar livremente no espaço, em tal processo foi emitida uma radiação, no espectro do infravermelho, que após 13 bilhões de anos, está na faixa da micro-onda.

O coordenador do projeto, John Cromwell Mather (1946-), publicou resultados que se enquadravam a teoria de corpo negro para uma radiação do universo com temperatura de 2,735

K, a incerteza era na casa de 1%, assim, a expansão no universo estica o comprimento de onda pelo mesmo fator que o universo se expande entre a emissão e a observação.

Outro projeto é o Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), que foi lançado em 2001. Charles L. Bennett, Gary F. Hinshaw, David Nathaniel Spergel (1961-) e colaboradores trouxeram alguns resultados durante 9 anos. Um deles é o fato de que é possível mapearmos o universo visível, dividindo-o em regiões vermelhas mais quentes (200 μ K) do que a média e as azuis mais frias (-200 μ K). Apresentaram também uma previsão para a idade do universo, que seria de (13,7 $\pm$ 0,08) bilhões de anos. A Figura 8 apresenta um mapeamento de universo observável, produzido a partir do WMAP.

Figura 8 - Mapeamento do universo visível pelo WMAP



Fonte: OLIVEIRA FILHO (2024)

O satélite Planck foi lançado pela Agência Espacial Europeia (ESA), com valores consideráveis de resolução e sensibilidade, o qual tinha como objetivo medir as escalas das flutuações da radiação cósmica de fundo observada pelo WMAP. Na época a constante de Hubble era estimada em $67,66 \pm 0,42$ km/s/Mpc, atualmente é de 71,9 km/s/Mpc.

Assim, podemos calcular a idade do universo, claro, deve-se lembrar que se calcula o tempo em que galáxias distantes chegaram à sua posição atual, movendo-se com a velocidade que tem atualmente, desconsiderando a energia escura. Como a lei de Hubble, que relaciona a velocidade de expansão da galáxia, v , com a distância a esta, d , é dada por:

$$v = H_0 \cdot d, \text{ se } v = \frac{d}{t_0} \Rightarrow t_0 = H_0^{-1}$$

Atualmente o valor da constante de Hubble, H , resulta em $t_0 \leq 13$ a 15 bilhões de anos, considerada de 13,9 bilhões de anos.

Dessa forma, finaliza-se a proposta de se trabalhar a Natureza da Ciência, considerando os diversos aspectos que compõem o fazer científico, considerando as teorias cosmológicas, e como questões sociais e tecnologias impactaram no desenvolvimento deste conhecimento.

Referências

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. **The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural.** *Science Education*, v. 82, n. 4, 1998. p. 417-437.

ADÚRIZ-BRAVO, A. **A proposal to teach the nature of science (NOS) to science teachers: The ‘structuring theoretical fields’ of NOS.** *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 1(2), 2007. p. 41-56.

ALLCHIN, Douglas. **Evaluating knowledge of the nature of (Whole) Science.** *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ARAÚJO, Clisman. **Teoria do Estado Estacionário.** [S.l.]: YouTube, 2023. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?si=Ek3ADNHO0_tHplHJ&v=JHhzJxd-tb0&feature=youtu.be

BOJARSKI, Ana Maria. **Relações entre o estilo motivacional de professores e os recursos de suporte à autonomia dos estudantes em salas de aula de física.** Dissertação de mestrado em ensino de ciências, matemática e Tecnologias - Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2023.

CANZIAN, Nelson. **Efeito Doppler.** Física com JavaScript. Disponível em: <https://canzian.prof.ufsc.br/fisicacomjavascript/exemplos/fjs-ex-efeito-doppler.html>.

CLEMENT, Luiz. **Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para promoção da autonomia em aulas de física.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2013.

CLEMENT, Luiz; CUSTÓDIO, José Francisco; ALVES FILHO, José de Pinho. **Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica.** *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 1, p. 101-129, 2015.

FERREIRA, Gabriela Kaiana. **Reflexões sobre a natureza da ciência: contabções e intenções na formação de professores de física.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2018.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. **Historiografia e natureza da ciência na sala de aula.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores Física*, v. 28, n. 1: p. 27-59, abr, 2011.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; HENRIQUE Alexandre Bagdonas; TESTONI, Leonardo. **Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores.** *Enseñanza de las Ciencias*, n.º extraordinário, p. 3511-3516. (2017)

GIL-PÉREZ, Daniel; GUIASSOLA, Jenaro; MORENO, Antonio; CACHAPUZ, Antonio; CARVALHO, Anna M. Pessoa De; TORREGROSSA, Joaquín Martínez; SALINAS, Julia; VALDÉS, Pablo; GONZÁLEZ, Eduardo; DUCH, Anna Gené; DUMAS-CARRÉ, Andrée; TRICÁRICO, Hugo; GALLEGO, Rómulo. Defending constructivism in science education. *Science & Education*, v. 11, p. 557-571, 2001 . Acesso em: 12 out. 2023.

GUIMARÃES Sueli Édi Rufini; BORUCHOVITCH, Evely. **O estilo motivacional do professor e a motivação intrínseca dos estudantes: uma perspectiva da Teoria da Autodeterminação**. *Psicol Reflex Crit* [Internet], v. 17, n. 2, p. 143–50. (2004) Available from: <https://doi.org/10.1590/S0102-79722004000200002>

HENRIQUE, Alexandre Bagdonas. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/D.81.2011.tde-19072011-112602. Acesso em: 2024-05-05.

HENRIQUE, Alexandre Bagdonas; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. **O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n.1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n1p97>

HYDRA (canal). *Hydra 1 – formação de estruturas (animação)*. [S.l.]: YouTube, 12 mar. 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DeLixtpPjuk>.

IRZIK, G.; NOLA, R. **A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education**. *Science & Education*, v. 20, n. 7-8, p. 591-607, 2011.

KRAGH, Helge; SMITH, Robert W. **Who Discovered the Expanding Universe?** *History of Science*, v. 41, n. 2, p. 141-162, 2003. <https://doi.org/10.1177/007327530304100202>

KRAGH, Helge. **Cosmic Radioactivity and the Age of the Universe, 1900–1930**. *Journal for the History of Astronomy*, v. 38, n. 4, p. 393-412, 2007. <https://doi.org/10.1177/002182860703800401>

KRAGH, Helge. **Cosmology and the Origin of the Universe: Historical and Conceptual Perspectives**. arXiv: History and Philosophy of Physics (2017).

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A, 1997.

LEDERMAN, N.G. **Students’ and teachers’ conceptions of the nature of science: a review of the research**. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331 359, 1992.

LEDERMAN, N.G.; ABD-EL-KHALICK, F; BELL, R.; SCHWARTZ, R.S. **Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners’ Conceptions of Nature of Science**. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n.6, 2002.

LIMA, Nathan; CAVALCANTI, Cláudio; OSTERMANN, Fernanda. **Concepções de Dualidade Onda-Partícula: Uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica**. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, n. 43, 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0270>.

MARTINS, Roberto de Andrade. **O universo: teorias sobre sua origem e evolução**. São Paulo: Editora Moderna, 1994

MARTINS, Roberto Andrade. **O que é a ciência, do ponto de vista da epistemologia?** Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa, n. 9, p. 5-20, 1999.

MARTINS, Roberto Andrade. **O éter e a óptica dos corpos em movimento: a teoria de Fresnel e as tentativas de detecção do movimento da Terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley (1818-1880)**. Caderno Brasileiros de Ensino de Física, v. 29, n. 1, 2012.
MARTINS, André Ferrer P. **Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”**. Caderno Brasileiro De Ensino De Física, v. 32, n. 3, p. 703-737. 2015.

MATTHEWS, M.R. **In defense of modest goals for teaching about the nature of science**. Journal of Research in Science Teaching, v. 35, n. 2, p. 161–174, 1998.

MATTHEWS, M.R. **Changing the focus: from nature of science to features of science**. In: KHINE, M. S. (Ed.). *Advances in nature of science research*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 3-26.

McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. **The Nature of Science in Science Education: an introduction**. Science & Education, v. 7, n. 6, p. 11-532. 1998a.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M.; ALMAZROA, H. **The role and character of the Nature of Science in Science Education**. In: McCOMAS, W. F. (Ed.). *The Nature of Science in Science Education: rationales and strategies*. The Netherlands: Kluwer, p. 3-39. 1998b.

McCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. **The Nature of Science in international science educational standards documents**. In: McCOMAS, W. F. (Ed.). *The Nature of Science in Science Education: rationales and strategies*. The Netherlands: Kluwer, 1998. p. 41-52.

OLIVEIRA, Cleyton Alves de. **Mário Schenberg: Processo Urca, a intuição e a conceitualização**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências) – Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema, Diadema, 2025.

RODRIGUES, Renato Felix; PEREIRA, Alessandro Pereira de. **The inference to the best explanation as heuristic to address historical episodes in science education through explanatory controversies**. Investigações Em Ensino de Ciências, v. 25, n. 3, p. 557–576, 2020. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.IENCI2020V25N3P557>

REEVE, John Marshall. **Motivação e Emoção**, 4ª edição. Grupo GEN, 2006. E-book. ISBN 978-85-216-2366-3. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2366-3/>. Acesso em: 19 mar. 2024.

RYAN, Richard M.; Edward L. Deci. **Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions**. *Contemporary Educational Psychology* v. 25, p. 54–67 (2000). doi:10.1006/ceps.1999.1020

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **O Universo como um Todo**. Astro.IF.UFRGS, 2024. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/univ/univ.htm#bigbang>.

STEFANO, C. R., et al. **Supporting autonomy in the classroom: ways teachers encourage student decision making and ownership.** Educational Psychologist, v. 39, p. 97-110, 2004.



Alguns dos primeiros modelos



Modelo Geocêntrico de Aristóteles e Ptolomeu.



Modelo Heliocêntrico de Copérnico, Kepler, Galileu e Newton.



Mudança de Paradigma

Novos desdobramentos

- A segunda Lei da Termodinâmica, a Radioatividade e as teorias sobre o universo.
- O Éter e a Luz.
- Einstein e a Teoria da Relatividade Geral



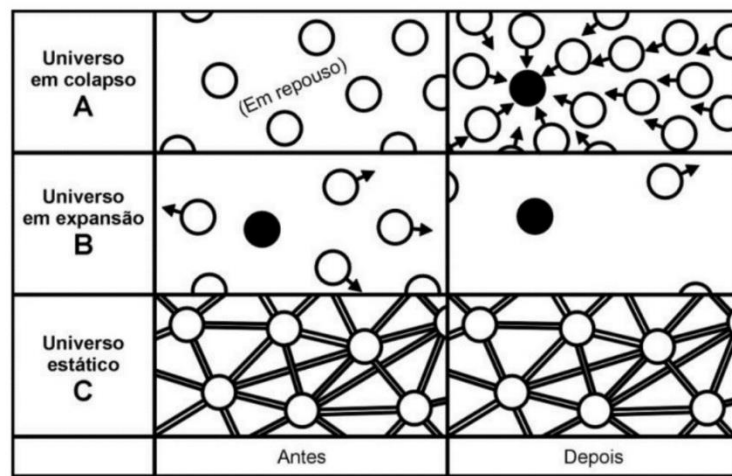
Novas contribuições

- Willem de Sitter (1872-1934) e sua abstração matemática: Ele adaptou a interpretação da constante cosmológica como uma força de repulsão, quando era analisadas partículas de teste, elas deveriam se afastar de forma a existir uma proporcionalidade entre a velocidade e a distância. Concluindo no resultado de que as linhas espectrais das galáxias, ao serem observadas deveriam tender para o vermelho.
- O cientista na guerra...



Um russo entrou na conversa

- Alexander A. Friedmann em 1922 trouxe alguns resultados a partir das equações da TRG:
 - 1) universo em colapso, no qual as distâncias entre os corpos diminuem com o tempo;
 - 2) universo em expansão, no qual as distâncias entre os corpos aumentam com o tempo;
 - 3) universo estático ou estacionário, propondo que as distâncias entre os corpos são constantes.



O tal padre na Física



- Georges Lemaître em 1927 propôs soluções de um universo em expansão, com resultados muito similares aos de Friedmann.
- Um universo em expansão!



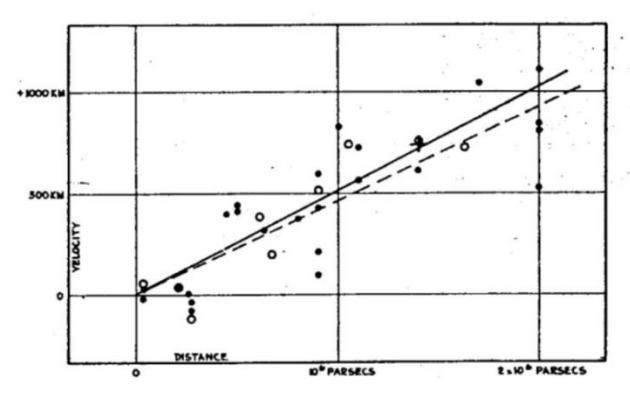
Edwin Powell Hubble

- Começou a trabalhar no Observatório Monte Wilson em 1919, tendo acesso ao que era na época o maior telescópio disponível na Terra.
- Efeito Doppler - fenômeno ondulatório que se percebe na razão entre a velocidade da fonte emissora de ondas e do receptor:

<https://canzian.prof.ufsc.br/fisicacomjavascript/exemplos/fjs-ex-efeito-doppler.html>

- Objetos fora de nossa galáxia.

"Em 1929, Hubble descreveu suas primeiras pesquisas sobre os desvios para o vermelho, ele possuía valores para as "velocidades radiais" de 46 nebulosas extragalácticas e, afirmou ele, distâncias precisas para 24 delas. Quando ele traçou os desvios para o vermelho dessas 24 nebulosas contra suas distâncias, ele julgou que uma relação velocidade-distância linear era a mais simples forma de representar seus dados. Quando ele examinou as nebulosas restantes para as quais ele conhecia as distâncias com menos certeza, novamente calculou que os resultados apoiavam a existência de uma relação velocidade-distância linear" (Kragh; Wilson, 2003, p. 150).



$$V_{\text{radial}} = H_0 d$$

<https://www.youtube.com/live/LfuQhQk0-WY?si=RdxT8HET4Hh3in3x&t=1607>

ou



Cientistas trabalham sempre sozinhos?

- Vesto Slipher e o observatório Milton Humason.
- Houve algum questionamento?

Hubble foi questionado por um físico sobre seus dados de velocidade radial de uma galáxia que anteriormente havia sido medido como 300 km/s, enquanto seus cálculos apontavam para um valor de -220 km/s. Foi necessária uma justificativa da parte de Hubble, trazendo que suas medições ocorreram a partir de um ponto fixo no núcleo da galáxia, podendo diversos caso esse ponto de análise se afasta-se do núcleo.



George Gamow (1904–1968)

- Propôs um modelo de universo em expansão em 1946, no qual o início do universo teria se dados a partir de uma grande quantidade de matéria muito quente e densa, sendo constituída basicamente de nêutrons e fótons, que com o passar do tempo passou a resfriar.
- Tudo certo com a teoria de um universo em expansão então?! Podemos já a aceitar?



O Trio de Cambridge

- Hermann Bondi (1919-2005), Thomas Gold (1920-2004) e Fred Hoyle (1915-2001).
- Um universo que aparentava estar em expansão devido a sua contínua produção de massa.
- Fred Hoyle palestra...



Os dois artigos em 1948

- Publicaram artigos bem criticados, levando Gold e Bondi a trazer dois postulados:
 1. O universo deve ter sempre o mesmo aspecto, em larga escala, para qualquer observador, em qualquer posição no espaço e no tempo.
 2. Como o universo está em expansão, para a densidade média se manter constante, a matéria deve ser continuamente criada numa taxa determinada pela velocidade de expansão (Kragh 1996, p. 142 apud Bagdonas, 2011, p. 91).
- As leis da Física são sempre as mesmas?

A reviravolta

- Até a década de 1950, a teoria do estado estacionária possuía um número considerável de adeptos.
- Hermann Bondi, o popperiano...
- Walter Baade e os erros no cálculo da idade do universo.



<https://www.youtube.com/live/LfuQhQk0-WY?si=r-iR14oEZTCtVyTk&t=2090>

ou





Robert Wilson e Arno Penzias

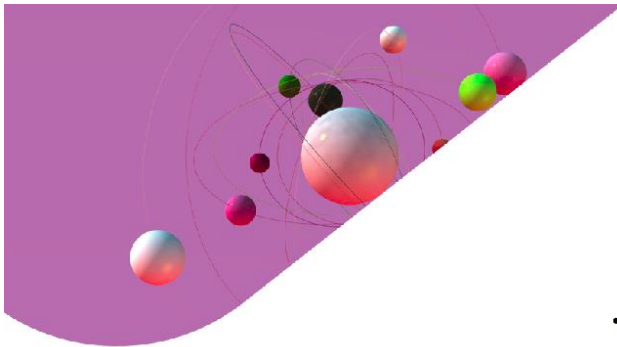
- O Bell Laboratories
- Um ruído incômodo...

O pessoal de Princeton

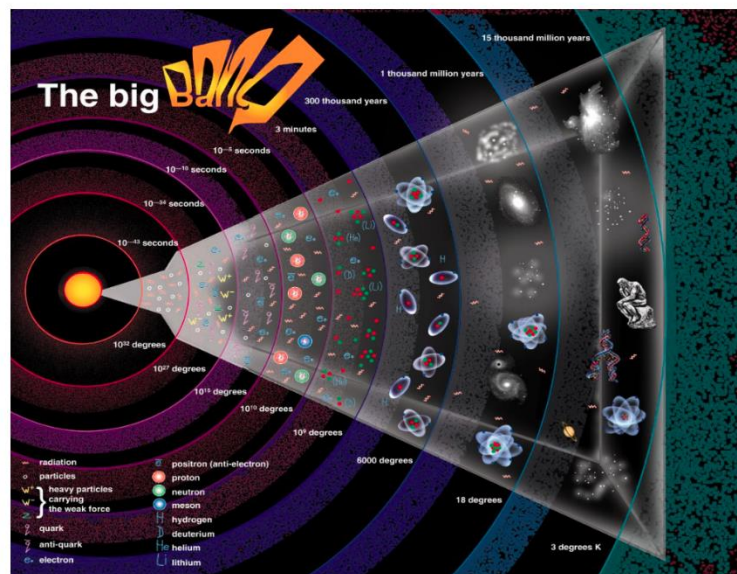
- Robert H. Dicke (1916-1997) e James Peebles (1935-).
- A Radiação Cósmica de Fundo, o modelo oscilante e previsões.
- Penzias entra na jogada...
- No *Astrophysical Journal Letters*, em julho de 1965, publicaram um artigo apontando seus dados experimentais e a aproximação de uma temperatura de 3.5 ± 1 K para a RCF.



- Em 1992, com os dados do satélite espacial COBE coletados em 1990, George Smoot (1945-) e John Mather (1946-) publicaram um artigo que continha as medidas e suas interpretações teóricas. Onze anos depois, com os dados do Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), foi possível obter medidas mais precisas, apontando uma concordância com previsões da teoria do Big Bang (Bagdonas, 2011).



- A predição atual é de que após o Big Bang, houve um momento em que apareceram os bárions, formados por três quarks, além dos elétrons que ali estavam, formando os primeiros núcleos mais leves. Neste momento, houve a emissão de fótons no espectro do infravermelho, que podem ser encontrados até hoje.



Fonte: UFRGS

Referências

- ARTHURY, L. H. M.; TERRAZAN, E. A. A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. Revista Brasileira De Ensino De Física, v. 40, n. 3, 2018.
- GIL-PÉREZ, Daniel; GUIASSOLA, Jenaro; MORENO, Antonio; CAHCAPUZ, Antonio; CARVALHO, Anna M. Pessoa De; TORREGROSSA, Joaquin Martinez; SALINAS, Julia; VALDES, Pablo; GONZÁLEZ, Eduardo; DUCH, Anna Gené; DUMAS-CARRÉ, Andrée; TRICÁRICO, Hugo; GALLEGÓ, Rómulo. Defending constructivism in science education. Science & Education, v. 11, p. 557-571, 2001. Acesso em: 12 out. 2023.
- LEDERMAN, N.G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. Journal of Research in Science Teaching, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. The Nature of Science in Science Education: an introduction. Science & Education, v. 7, n. 6, p. 11-532. 1998a.
- McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M.; ALMAZROA, H. The role and character of the Nature of Science in Science Education. In: McCOMAS, W. F. (Ed.). The Nature of Science in Science Education: rationales and strategies. The Netherlands: Kluwer, p. 3-39. 1998b.
- McCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The Nature of Science in international science educational standards documents. In: McCOMAS, W. F. (Ed.). The Nature of Science in Science Education: rationales and strategies. The Netherlands: Kluwer, 1998. p. 41-52.
- MOURA, Breno Arsjoli. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan-jun 2014.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA
REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT

ATESTADO DE VERSÃO FINAL

Eu, IVANI TERESINHA LAWALL, professor(a) do curso de PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS, declaro que esta é a versão final aprovada pela comissão julgadora do Produto Educacional intitulado: **“GUIA DIDÁTICO SOBRE O ENSINO DA RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO E A NATUREZA DA CIÊNCIA”** de autoria do(a) acadêmico DIEGO UTPADEL.

Joinville, 2 de setembro de 2025.

Assinatura digital do(a) orientador(a):



Documento assinado digitalmente

IVANI TERESINHA LAWALL

Data: 18/09/2025 08:53:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

IVANI TERESINHA LAWALL