



# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

## **O uso da sequência didática como um instrumento para o Ensino de Astronomia: a radiação cósmica de fundo em micro-ondas e a expansão do universo**

**Arian Rodrigues Batista**

**Itajubá, 22 de fevereiro de 2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM**  
**EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

**Arian Rodrigues Batista**

**O uso da sequência didática como um instrumento para o**  
**Ensino de Astronomia: a radiação cósmica de fundo em**  
**micro-ondas e a expansão do universo**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências.**

**Área de Concentração: Educação em Ciências**

**Orientador: Agenor Pina da Silva**

**Coorientador: Prof. Newton de Figueiredo Filho**

**Itajubá, 22 de fevereiro de 2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE MESTRADO EM**  
**EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

**Arian Rodrigues Batista**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 22 de fevereiro de 2019, conferindo ao autor o título de “*Mestre em Educação em Ciências*”, Área de Concentração: **Educação em Ciências**.

**Banca Examinadora:**

Prof. Agenor Pina da Silva (Orientador)

Prof. Newton de Figueiredo Filho (Coorientador)

Prof. João Ricardo Neves da Silva

Prof. Artur Roberto Justiniano Júnior

Itajubá

2019

## **Resumo**

Este trabalho teve como objetivo elaborar, aplicar e analisar os resultados de uma sequência didática para o ensino dos temas Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas e expansão do universo, que são dois pilares do modelo cosmológico do Big Bang. Essa sequência didática foi aplicada nos meses de junho e julho de 2018, num total de 12 aulas, cada uma de 50 minutos. Ela foi aplicada na disciplina Conceitos de Astronomia do curso de Licenciatura em Física da UNIFEI. Como instrumento de coleta de dados foram utilizados questionários com perguntas abertas no decorrer da aplicação da sequência didática. A construção da sequência didática foi baseada em Dolz e os dados analisados foram agrupados em categorias. Além da discussão dos temas de Astronomia indicados, também foram discutidos conceitos da Física que fundamentam os estudos teóricos relacionados a esses pilares. Nesse sentido, discutiu-se: a radiação eletromagnética: seu espectro, polarização e intensidade; efeito Doppler; o espectro de corpo negro; conceitos de óptica física; a retirada de informações por meio da utilização de gráfico; e a lei de Hubble. A sequência didática elaborada consta dos seguintes elementos: avaliação dos conceitos prévios; utilização de atividade experimentais; avaliação de aprendizagem. A partir da análise do Pré-teste e do Pós-teste foi possível constatar o aumento do desempenho dos alunos com relação ao domínio dos conteúdos trabalhados dentro da sequência didática, com o emprego de argumentos mais consistentes nas respostas, identificou-se também algumas fragilidades nas explicações dos alunos que podem ser associadas a fatores atrelados a formação dos próprios estudantes.

Palavras-chave: Big-Bang; Sequência didática; Astronomia.

## **Abstract**

This work aimed to elaborate, apply and analyze the results of a didactic sequence for the teaching of the themes Cosmic Background Radiation in Microwaves and Expansion of the Universe, which are two pillars of the cosmological model of the Big Bang. This didactic sequence was applied in the months of June and July 2018, for a total of 12 classes, each of 50 minutes. It was applied in the Astronomy Concepts discipline of the UNIFEI Physics Degree course. As an instrument of data collection, questionnaires with open questions were used during the application of the didactic sequence. The construction of the didactic sequence was based on Dolz and the analyzed data were grouped into categories. In addition to the discussion of the indicated Astronomy themes, concepts of Physics were also discussed that underlie the theoretical studies related to these pillars. In this sense, it was discussed: electromagnetic radiation: its spectrum, polarization and intensity; Doppler effect; the blackbody spectrum; concepts of physical optics; the removal of information through the use of graphics; and the Hubble law. The didactic sequence consists of the following elements: evaluation of previous concepts; use of experimental activities; evaluation of learning. From the analysis of the Pre-test and Post-test it was possible to verify the increase in the students' performance in relation to the domain of the contents worked within the didactic sequence, with the use of more consistent arguments in the answers, it was also identified some weaknesses in the students' explanations that can be associated with factors linked to the students' own education.

Keywords: Big-Bang; Didactic sequence; Astronomy.

## Lista de Figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Esquema da Sequência Didática proposto por Dolz e Schneuwly                                                                                                                                                                                                            | 19 |
| Figura 2: Ilustração representando o modelo do BB a partir de sua suposta origem até os dias atuais                                                                                                                                                                               | 25 |
| Figura 3 - Espectro Eletromagnético                                                                                                                                                                                                                                               | 26 |
| Figura 4 - Cavidade de um corpo negro                                                                                                                                                                                                                                             | 27 |
| Figura 5: Curvas de corpo negro para diferentes temperaturas                                                                                                                                                                                                                      | 28 |
| Figura 6: Espectro de corpo negro da RCFM obtido por diferentes experimentos. A linha tracejada em vermelho representa a curva de um corpo negro com temperatura de 2,726 K. As medidas obtidas pelo FIRAS estão representadas pelos pontos pretos                                | 32 |
| Figura 7: Mapa 1- Temperatura do céu (2,726 K). Mapas 2, 3 e 4- Anisotropias da RCFM do DMR/COBE, WMAP e PLANCK, respectivamente                                                                                                                                                  | 32 |
| Figura 8: Ilustração do Efeito Doppler - uma fonte emissora movendo-se para a esquerda, de forma que observadores à esquerda receberão ondas de luz deslocadas para o azul (blueshift), enquanto que observadores à direita receberão ondas deslocadas para o vermelho (redshift) | 33 |
| Figura 9: Relação entre a velocidade de afastamento das galáxias em relação à distância delas em relação à Terra - quanto mais longe a galáxia, mais rápido é o movimento para um observador na Terra                                                                             | 34 |
| Figura 10 - Ano de conclusão do ensino médio                                                                                                                                                                                                                                      | 41 |
| Figura 11 - Assuntos de Astronomia abordados no ensino básico                                                                                                                                                                                                                     | 41 |
| Figura 12 - Atividades envolvendo Astronomia fora do ambiente escolar                                                                                                                                                                                                             | 43 |
| Figura 13 - Temas que despertam o interesse dos estudantes                                                                                                                                                                                                                        | 43 |
| Figura 4.1 - Espectros (1-Espectro da lâmpada incandescente, 2- Espectro da vela, 3- Espectro da lâmpada de LED, 4- Espectro da lâmpada fluorescente, 5- Espectro do sol)                                                                                                         | 71 |
| Figura 4.2 - Dispersão da luz no CD                                                                                                                                                                                                                                               | 72 |
| Figura 4.3 - Difração                                                                                                                                                                                                                                                             | 72 |
| Figura 4.5.1 - Aspectra Mini                                                                                                                                                                                                                                                      | 73 |
| Figura 4.6 - Rádio de Galena                                                                                                                                                                                                                                                      | 74 |
| Figura 4.7.1 - Expansão do universo A                                                                                                                                                                                                                                             | 75 |
| Figura 4.7.2 - Expansão do universo B                                                                                                                                                                                                                                             | 75 |
| Figura E1 - Slide 1 - Bloco de aula 1                                                                                                                                                                                                                                             | 79 |
| Figura E2 - Slide 2 - Bloco de aula 1                                                                                                                                                                                                                                             | 79 |
| Figura E3 - Slide 3 - Bloco de aula 1                                                                                                                                                                                                                                             | 79 |
| Figura E4 - Slide 4 - Bloco de aula 1                                                                                                                                                                                                                                             | 80 |
| Figura E5 - Slide 5 - Bloco de aula 1                                                                                                                                                                                                                                             | 80 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| Figura E6 - Slide 6 - Bloco de aula 1   | 80 |
| Figura E7 - Slide 7 - Bloco de aula 1   | 81 |
| Figura E8 - Slide 8 - Bloco de aula 1   | 81 |
| Figura E9 - Slide 9 - Bloco de aula 1   | 81 |
| Figura E10 - Slide 10 - Bloco de aula 1 | 82 |
| Figura E11- Slide 11 - Bloco de aula 1  | 82 |
| Figura E12- Slide 12 - Bloco de aula 1  | 82 |
| Figura E13- Slide 13 - Bloco de aula 1  | 83 |
| Figura E14- Slide 14 - Bloco de aula 1  | 83 |
| Figura E15 - Slide 15 - Bloco de aula 1 | 83 |
| Figura E16 - Slide 16 - Bloco de aula 1 | 84 |
| Figura E17 - Slide 17 - Bloco de aula 1 | 84 |
| Figura E18 - Slide 18 - Bloco de aula 1 | 84 |
| Figura E19 - Slide 1 - Bloco de aula 2  | 88 |
| Figura E20 - Slide 2 - Bloco de aula 2  | 88 |
| Figura E21 - Slide 3 - Bloco de aula 2  | 88 |
| Figura E 22 - Slide 4 - Bloco de aula 2 | 88 |
| Figura E 23 - Slide 5 - Bloco de aula 2 | 89 |
| Figura E 24 - Slide 6 - Bloco de aula 2 | 89 |
| Figura E25 - Slide 7 - Bloco de aula 2  | 89 |
| Figura E26 - Slide 8 - Bloco de aula 2  | 90 |
| Figura E27 - Slide 9 - Bloco de aula 2  | 90 |
| Figura 28 - Slide 10 - Bloco de aula 2  | 90 |
| Figura E29 - Slide 11 - Bloco de aula 2 | 91 |
| Figura E30 - Slide 12 - Bloco de aula 2 | 91 |
| Figura E31 - Slide 13 - Bloco de aula 2 | 91 |
| Figura E32 - Slide 14 - Bloco de aula 2 | 92 |
| Figura E33 - Slide 15 - Bloco de aula 2 | 92 |
| Figura E34 - Slide 16 - Bloco de aula 2 | 92 |
| Figura E35 - Slide 17 - Bloco de aula 2 | 93 |
| Figura E36 - Slide 18 - Bloco de aula 2 | 93 |
| Figura E37 - Slide 19 - Bloco de aula 2 | 93 |

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| Figura E38 - Slide 20 - Bloco de aula 2     | 94  |
| Figura E39 - Slide 21 - Bloco de aula 2     | 94  |
| Figura E40 - Slide 22 - Bloco de aula 2     | 94  |
| Figura E41 - Slide 23 - Bloco de aula 2     | 94  |
| Figura E42 - Slide 1 - Bloco de aula 3      | 97  |
| Figura E43 - Slide 2 - Bloco de aula 3      | 97  |
| Figura E44 - Slide 3 - Bloco de aula 3      | 97  |
| Figura E45 - Slide 4 - Bloco de aula 3      | 98  |
| Figura E46 - Slide 5 - Bloco de aula 3      | 98  |
| Figura E47 - Slide 6 - Bloco de aula 3      | 98  |
| Figura E48 - Slide 8 - Bloco de aula 3      | 99  |
| Figura E49 - Slide 8 - Bloco de aula 3      | 99  |
| Figura E50 - Slide 9 - Bloco de aula 3      | 99  |
| Figura E51 - Slide 10 - Bloco de aula 3     | 100 |
| Figura E52 - Slide 11 - Bloco de aula 3     | 100 |
| Figura E53 - Slide 12 - Bloco de aula 3     | 100 |
| Figura E54 - Slide 13 - Bloco de aula 3     | 101 |
| Figura E55 - Slide 15 - Bloco de aula 3     | 101 |
| Figura E56 - Slide 16 - Bloco de aula 3     | 101 |
| Figura E57 - Slide 17 - Bloco de aula 3     | 102 |
| Figura E58 - Slide 18 - Bloco de aula 3     | 102 |
| Figura E59 - Slide 19 - Bloco de aula 3     | 102 |
| Figura E60 - Slide 20 - Bloco de aula 3 102 | 103 |
| Figura E61 - Slide 21 - Bloco de aula 3     | 103 |
| Figura E62 - Slide 22 - Bloco de aula 3     | 103 |
| Figura E63 - Expansão do universo A         | 106 |
| Figura E64 - Expansão do universo B         | 106 |
| Figura E65 - Slide 1 - Bloco de aula 4      | 107 |
| Figura E66 - Slide 2 - Bloco de aula 4      | 107 |
| Figura E67 - Slide 3 - Bloco de aula 4      | 107 |
| Figura E68 - Slide 4 - Bloco de aula 4      | 107 |
| Figura E69 - Slide 5 - Bloco de aula 4      | 108 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| Figura E70 - Slide 5 - Bloco de aula 4   | 108 |
| Figura E71 - Slide 6 - Bloco de aula 4   | 108 |
| Figura E72 - Slide 6 - Bloco de aula 4   | 108 |
| Figura E73 - Slide 7 - Bloco de aula 4   | 109 |
| Figura E74 - Slide 8 - Bloco de aula 4   | 109 |
| Figura E75 - Slide 9 - Bloco de aula 4   | 109 |
| Figura E76 - Slide 10 - Bloco de aula 4  | 110 |
| Figura E77 - Slide 11 - Bloco de aula 4  | 110 |
| Figura E78 - Slide 12 - Bloco de aula 4  | 110 |
| Figura E79 - Slide 13 - Bloco de aula 4  | 111 |
| Figura E80 - Slide 14 - Bloco de aula 4  | 111 |
| Figura E81 - Slide 1 - Bloco de aula 5   | 113 |
| Figura E82 - Slide 2 - Bloco de aula 5   | 113 |
| Figura E83 - Slide 3 - Bloco de aula 5   | 113 |
| Figura E84 - Slide 3 - Bloco de aula 5   | 113 |
| Figura E85 - Slide 4 - Bloco de aula 5   | 114 |
| Figura E86 - Slide 5 - Bloco de aula 5   | 114 |
| Figura E87 - Slide 6 - Bloco de aula 5   | 114 |
| Figura E88 - Slide 7 - Bloco de aula 5   | 115 |
| Figura E89 - Slide 8 - Bloco de aula 5   | 115 |
| Figura E90 - Slide 9 - Bloco de aula 5   | 115 |
| Figura E91 - Slide 10 - Bloco de aula 5  | 116 |
| Figura E92 - Slide 10 - Bloco de aula 5  | 116 |
| Figura E93 - Slide 11 - Bloco de aula 5  | 116 |
| Figura E94 - Slide 12 - Bloco de aula 5  | 117 |
| Figura E95 - Slide 13 - Bloco de aula 5  | 117 |
| Figura E96 - Slide 14 - Bloco de aula 5  | 117 |
| Figura E97 - Slide 15 - Bloco de aula 5  | 118 |
| Figura E98 - Slide 16 - Bloco de aula 5  | 118 |
| Figura E99 - Slide 17 - Bloco de aula 5  | 118 |
| Figura E100 - Slide 18 - Bloco de aula 5 | 119 |
| Figura E101 - Slide 19 - Bloco de aula 5 | 119 |

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| Figura E102 - Slide 1 - Bloco de aula 6           | 120 |
| Figura E103 - Slide 2 - Bloco de aula 6           | 121 |
| Figura E104 - Slide 3 - Bloco de aula 6           | 121 |
| Figura E105 - Slide 4 - Bloco de aula 6           | 121 |
| Figura E106 – Conceitos de Física abordados na SD | 122 |

## **Lista de Tabelas**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 2.1 - Atividades experimentais                                     | 38 |
| Tabela 3.1 - Categorias de assuntos abordados no ensino básico dos alunos | 42 |
| Tabela 3.2 - Temas que despertam a atenção dos alunos                     | 42 |

## **Lista de Abreviaturas**

|      |                                                 |
|------|-------------------------------------------------|
| BB   | Big Bang                                        |
| BNCC | Base Nacional Curricular Comum                  |
| CBC  | Conteúdo Básico Comum do estado de Minas Gerais |
| ENEM | Exame Nacional do Ensino Médio                  |
| LDB  | Lei de Diretrizes e Bases                       |
| PCN  | Parâmetros Curriculares Nacionais               |
| PSSC | Physical Science Study Committee                |
| RCFM | Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas        |
| REM  | Radiação Eletromagnética                        |
| SD   | Sequência Didática                              |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido      |

## Sumário

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Introdução - O Ensino de Astronomia                               | 15  |
| Objetivos                                                         | 20  |
| Capítulo 1 - O Modelo Cosmológico do Big Bang                     | 22  |
| 1.1 - Contexto Geral                                              | 22  |
| 1.2 - Modelo Cosmológico - Big Bang                               | 22  |
| 1.3 - Radiação Eletromagnética e o Espectro                       | 25  |
| 1.4 - Corpo Negro                                                 | 27  |
| 1.5 - Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas                    | 29  |
| 1.6 - Expansão do universo                                        | 32  |
| 1.6.1 - Redshift                                                  | 32  |
| 1.6.2 - A lei de Hubble                                           | 33  |
| Capítulo 2 - Metodologia                                          | 37  |
| Capítulo 3 - Análise dos questionários                            | 40  |
| 3 - Os questionários                                              | 40  |
| 3.1 - Pré-teste                                                   | 40  |
| 3.1.1 - Formação dos estudantes                                   | 40  |
| 3.1.2 - Questões relacionadas aos conteúdos da sequência didática | 43  |
| 3.2 - Pós-teste                                                   | 55  |
| Capítulo 4 - Atividades desenvolvidas                             | 71  |
| 4.1 - Espectrômetro de baixo-custo                                | 71  |
| 4.2 - Decomposição da luz no CD                                   | 72  |
| 4.3 - Difração                                                    | 72  |
| 4.4 - Outros modelos de espectrômetros                            | 73  |
| 4.5 - Espectrômetro – Aspectra Mini                               | 73  |
| 4.6 - Rádio de galena                                             | 74  |
| 4.7 - Expansão do universo com imagens                            | 74  |
| 4.8 - Idade do Universo                                           | 75  |
| Capítulo 5 - A Sequência Didática                                 | 77  |
| Considerações Finais                                              | 123 |
| Referências                                                       | 127 |
| Anexo A - Pré-teste                                               | 130 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| Anexo B - Pós-teste                                  | 133 |
| Anexo C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido | 135 |

## **Introdução**

Este capítulo apresenta uma breve introdução com relação à importância da Astronomia para o ensino de ciências, fazendo apontamentos de sua relevância ao longo do desenvolvimento das civilizações, e de como esta proporcionou benefícios à sociedade. Com relação ao seu ensino serão apresentadas as dificuldades enfrentadas no cenário atual, e de como ela é abordada nos documentos oficiais da educação brasileira, destacando também o conceito de sequência didática.

## **O Ensino de Astronomia**

A Astronomia é uma das ciências mais antigas desenvolvidas pelo homem. O seu estudo está registrado nos documentos escritos mais primitivos, em monumentos paleolíticos e até em pinturas rupestres. Ela desperta a curiosidade das pessoas em relação a vários fenômenos como, por exemplo, a origem do Universo e da vida. De acordo com Queiroz (2008), essa ciência começou a ser desenvolvida pelas primeiras civilizações devido a questões de sobrevivência, como demarcação de tempo, o aprimoramento da agricultura, da caça e localização.

Ainda de acordo com Queiroz (2008), a Astronomia é uma importante ferramenta para despertar a curiosidade do homem com relação aos fenômenos naturais, sendo primordial para a vida do ser humano e, graças a ela, o conhecimento do homem evoluiu, devido a descobertas decorrentes da corrida espacial. Por isso, esse ramo da ciência é de grande relevância para o desenvolvimento da sociedade. Possui um papel essencial no ensino de ciências e pode estimular e enriquecer o processo de formação de cidadãos. Esse aspecto é enfatizado por exemplo, nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN ao destacar que os temas relacionados à Astronomia devem ser abordados de modo multidisciplinar ao longo do currículo (BRASIL, 2000).

No programa nacional de 1951 (programa expedido pelo Ministério da Educação para ser implantado em nível nacional, válido até 1961, ano em que termina a obrigatoriedade do currículo nacional), temas relacionados à Astronomia tinham pouquíssima relevância, sendo abordados apenas em Geografia e Física (dentro do tópico gravitação e mecânica).

A sua importância é destacada também em outros documentos da educação brasileira. Em ordem cronológica, a primeira Lei de Diretrizes e Bases (LDB), de 1961, deu maior autonomia para os estados realizarem suas propostas curriculares e instituiu como obrigatório

o ensino de ciências em todas as séries ginasiais<sup>1</sup>. Com o fim de um currículo nacional, poucos estados construíram um currículo, sendo que nas décadas seguintes o Ensino de Astronomia esteve restrito, sendo trabalhado apenas dentro das disciplinas de Geografia e Física (associada a gravitação).

A segunda LDB, de 1971 (BRASIL, 1971), estendeu a obrigatoriedade do ensino de Ciências às oito séries do primeiro grau<sup>2</sup>. Esse era um momento em que a educação brasileira era influenciada, de certo modo, pelos projetos curriculares americanos, instituídos na década de 1950 e trazidos para o Brasil na década de 1960, como, por exemplo, o Physical Science Study Committee (PSSC), que apresentavam conteúdos de Astronomia, como afirmam Leite *et al* (2013).

Em 1996 foi sancionada a terceira LDB (BRASIL, 1996). Nela foram elaborados pelo Ministério da Educação (MEC) os novos referenciais curriculares nacionais para a educação básica, que foram, mais tarde, sistematizados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Fundamental I, de primeira à quarta série (BRASIL, 1997), para o Ensino Fundamental II, de quinta a oitava série (BRASIL, 1998), e para o Ensino Médio (BRASIL, 2000). Os PCN têm como objetivo estabelecer as diretrizes para nortear os currículos construídos pelo país, possuindo o principal objetivo educacional de formação dos estudantes para exercerem a cidadania (BRASIL, 1998, p. 5).

Em relação aos PCN, a Astronomia recebeu grande destaque em Ciências, no ensino fundamental (especialmente na quinta e oitava série), e na Física no Ensino Médio. Essa mudança se dá devido a fatores como a ampliação da carga horária e a ênfase no ensino de Ciências nas LDB de 1961 e 1971, e com o desenvolvimento do Ensino de Ciências a partir de 1960 e das pesquisas em Ensino de Física e da Educação em Ciências a partir de 1970.

Tópicos relacionados à Astronomia surgem de modo destacado nos “eixos temáticos” ou “temas estruturadores” adotados nos PCN. No PCN do ensino fundamental, de quinta a oitava série, um dos quatro eixos temáticos em que deve se desenvolver o ensino de ciências é o eixo “Terra e Universo”. No ensino médio, segundo os PCN+ (BRASIL, 2002) e as “Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias” (BRASIL, 2006), um dos seis temas estruturadores que articulam competências e conteúdos e apontam para novas práticas pedagógicas em Astronomia é “Universo, Terra e

---

<sup>1</sup> Referente ao Ensino Fundamental II.

<sup>2</sup> Referente ao Ensino Fundamental I e II.

Vida”, envolvendo as unidades temáticas “Terra e sistema solar, o Universo e sua origem e Compreensão humana do Universo” (BRASIL, 2006: 57).

No estado de Minas Geras, de modo mais específico, temos o CBC (Conteúdo Básico Comum do estado de Minas Gerais), que possui uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, apresentando os conteúdos a partir de experiências que permitem estabelecer relações entre estes fenômenos naturais e alguns conceitos fundamentais da Física. A Astronomia é abordada de forma indireta dentro do CBC no eixo I: Energia na Terra, ela aparece no tópico 2- O Sol e as fontes de energia, 3-Distribuição de energia na Terra. No eixo temático V: Força e movimento, a Astronomia é retomada no tema:13, tópico 39, gravitação universal (MINAS GERAIS, 2005).

Já o documento mais atual da educação brasileira (BRASIL, 2018), a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) (BRASIL, 2018), em específico a parte que aborda o ensino médio, na área Ciências da Natureza, estão os três componentes curriculares: Biologia, Física e Química. De maneira mais específica, o currículo de Física é dividido em seis unidades. Dessas, a que está ligada diretamente com a Astronomia é a unidade Terra e Universo - Formação e Evolução. Nela são abordados assuntos como a gravitação universal, visão contemporânea do universo, galáxias, o estudo do funcionamento e da evolução de estrelas, modelos cosmológicos, compreensão e formação do sistema solar, condições para o surgimento de vida. Percebe-se também uma atenção maior para a História da Ciência inserida nas observações científicas, o que é importante para se entender o contexto em que tais conceitos se desenvolveram. Assim, de acordo com Pereira Silva Junior (2015), houve um aprofundamento em cada tema no BNCC com relação a astronomia, sendo a principal característica que o difere dos PCN.

Esse destaque dado à Astronomia traz diversas possibilidades no ensino. De acordo com Dias e Rita (2008), ela pode ser utilizada como um eixo norteador no ensino de Ciências e desenvolve diversas habilidades, entre elas a capacidade de análise e observação. Os autores ainda ponderam que a Astronomia tem importância no ensino formal devido à motivação que ela pode propiciar nos alunos. Além disso, ainda segundo esses autores, cabe destacar que ela é uma fonte integradora do conhecimento, uma vez que contribui para o desenvolvimento tecnológico e por tratar de vários fenômenos do cotidiano. Ela também está presente nos meios de comunicação, e proporciona discussões constantemente na mídia, por meio de debates de ideias. No processo de ensino e aprendizagem o professor pode trabalhar os conceitos de

Astronomia por meio da história da ciência, uma vez que isso possibilita uma abordagem mais humanística da construção do conhecimento.

Por outro lado, pesquisas na área de ensino de Astronomia apontam as dificuldades conceituais e metodológicas apresentadas pelos docentes para trabalhar com essa ciência (LANGHI e NARDI, 2005; QUEIROZ, 2008; FERREIRA e MEGLHIORATTI, 2011). Marins (2013) salienta que isso está relacionado à deficiência na formação de professores, a ausência de uma contextualização histórica, livros didáticos com distorções conceituais nas descrições e ilustrações, a falta de recursos didáticos e paradidáticos e a falta de uma política governamental destinada à Alfabetização Científica. Com isso, em sala de aula, os alunos têm dificuldade, por exemplo, para compreender que a Terra possui um formato aproximadamente esférico, entender a formação dos dias e noites e até mesmo sobre as estações do ano e fases da Lua.

Desse modo, para o docente potencializar o ensino de Astronomia considera-se que é preciso verificar os conhecimentos prévios dos alunos, planejar antecipadamente as aulas, utilizar experimentos e contextualizar o conteúdo. Sobre esse aspecto, Ferreira e Meglhioratti (2011) ponderam que o professor pode utilizar espaços não formais de ensino, como museus e planetários, e recursos de tecnologias, entre eles os simuladores em sala de aula. Além disso, o professor pode buscar cursos de formação continuada, uma vez que ela permite o constante aprimoramento. No entanto, considera-se que essa formação deve ser pautada em atividades que vislumbrem a prática e não somente a teoria. Em relação a este ponto, esses autores enfatizam que este fato leva à organização e elaboração de cursos que procuram suprir apenas esta necessidade imediata, enfatizam-se apenas conceitos e teorias que envolvem o ramo da Astronomia (TEIXEIRA e CARVALHO, 2011, p. 1).

Outro fator importante para potencializar o ensino de Astronomia é o ensino contextualizado através de temas motivadores, temas que sejam instigantes e façam parte da realidade dos alunos. Macedo e Silva (2010), Kato (2007) e Ricardo (2005), apontam a possibilidade de inovar nas práticas docentes para que os estudantes não aprendam conceitos desvinculados de um contexto, sendo que o uso de situações do cotidiano nas aulas gera subsídios capazes de estimular o ensino, uma vez que as abordagens tradicionais têm apresentado pouco significado para os alunos.

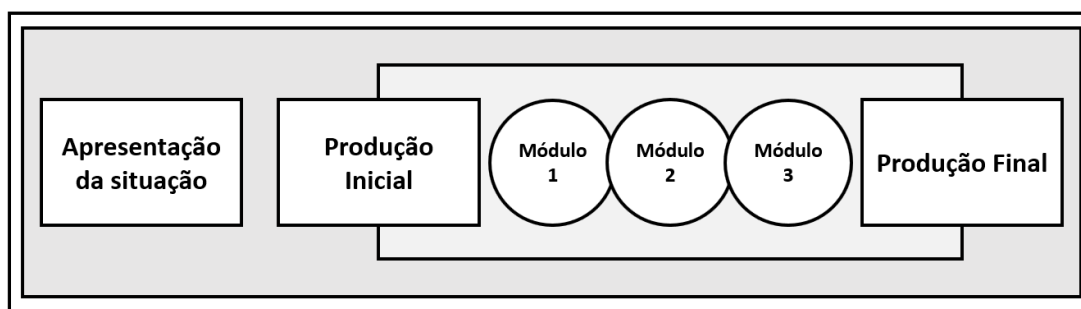


Figura 1 - Esquema da Sequência Didática proposto por Dolz e Schneuwly

Fonte: Adaptação Dolz *et al* (2004)

Uma possível maneira de se trabalhar o ensino de forma contextualizada é através da construção de uma sequência didática (SD). Segundo Dolz *et al* (2004), a SD é um conjunto de atividades interligadas e já estabelecidas em ordem cronológica, com o objetivo de se ensinar determinado assunto ou tema. Ela pode auxiliar os docentes na condução das aulas, permitindo que os alunos utilizem seus conhecimentos prévios, possibilitando a transformação gradual de suas capacidades.

A estrutura base da SD proposta por esses autores é representada na Figura 1. Segundo Araújo (2013), a SD é uma maneira do docente dispor atividades de ensino através de núcleos temáticos, visando o desenvolvimento dos discentes. De acordo com Miquelante *et al* (2017), pode-se explicar mais especificamente as fases da construção de uma SD baseada em Dolz e Schneuwly em quatro etapas. A primeira delas é a "apresentação da situação", que visa situar o estudante no contexto que a SD será desenvolvida. Nesta etapa os conteúdos que serão trabalhados podem ser apresentados, traçando objetivos. Esta etapa é crucial para o desenvolvimento da SD, pois é nesta etapa que os alunos irão tomar conhecimento da finalidade da SD, trazendo à tona um papel social, provocando a participação dos alunos como sujeitos curriculares.

A segunda etapa consiste em propor a "produção inicial", em que o estudante entre em contato com textos envolvendo a temática da SD, podendo ser produção escrita ou oral, ou por meio de alguma atividade em que o estudante possa expressar seu conhecimento prévio sobre o assunto, sendo um momento rico, que não deve ser levado em conta na avaliação, que pode ser retomado ao longo da SD. Ela é uma atividade diagnóstica para que o professor possa ter conhecimento a respeito das facilidades e dificuldades dos alunos com relação ao assunto, para que possam ocorrer alguns ajustes referentes a SD.

Segundo Miquelante (2017), as primeiras etapas da SD são preciosas e devem ser retomadas posteriormente. No entanto, não devemos encará-las como um processo de avaliação

somativa. A terceira etapa consiste em que o docente organize os módulos da forma que for mais conveniente, constituindo-se por atividades, exercícios, debates, que têm como objetivo desenvolver as capacidades de linguagem dos estudantes.

A última etapa da SD consiste em colocar em prática as aprendizagens que ocorreram na SD, visando a produção final, concretizando um produto da SD. Essa ordem das etapas não é exatamente rígida, a SD não deve "prender" o professor, que por sua vez deve fazer as transposições didáticas que achar necessárias.

O número de etapas depende das necessidades e da organização de acordo com os objetivos da SD, que pode ser constituída por várias atividades e exercícios, visando sempre ao desenvolvimento do aluno. Na última etapa da SD o aluno pode colocar em prática tudo o que aprendeu, apresentando uma produção final, que tem como objetivo concretizar a ação do agir perante a apresentação da situação. Apesar da SD ter suas etapas definidas, isso não significa que ela esteja "engessada", fechada para modificações e adaptações, a SD não deve aprisionar os docentes e discentes.

Conforme Alves e Matos (2018) e Guimarães e Giordan (2011), existem outros tipos de modelos ou esquemas para a elaboração de uma SD. Como por exemplo a perspectiva apresentada por Zabala (que teve como base Dolz e Schneuwly 2004). Neste trabalho optou-se por utilizar o esquema de SD como descrito por Dolz *et al* (2004), ilustrada na Figura 1. Essa escolha se deu devido ao fato dela possuir suas etapas muito bem definidas, facilitando o desenvolvimento na hora da elaboração e aplicação da SD.

A temática escolhida para a SD se encontra na Cosmologia, ramo da Astronomia que estuda o surgimento e a evolução do universo, que é um dos temas que mais chamam a atenção das pessoas no ensino de ciências. Segundo Arthury e Peduzzi (2015), a Cosmologia vem se estruturando ao longo do século XX até a atualidade, é um ramo que se desenvolveu muito nas últimas décadas, através de sua crescente valorização no campo de pesquisa, resultando em inúmeras descobertas, sendo o Big Bang (BB) o modelo mais aceito ultimamente para explicar o universo em que vivemos. O BB é uma fonte inesgotável de discussões e curiosidades, fascinando os estudantes com indagações relacionadas à origem do universo.

Diante de um tema tão instigante, seguem os objetivos deste trabalho.

### **A. Objetivo Geral:**

- Elaborar, aplicar e analisar os resultados de uma sequência didática para o ensino dos temas Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas (RCFM) e expansão do universo, que são, como discutidos anteriormente, dois pilares do modelo cosmológico do BB.

### **B. Objetivos específicos:**

- Discutir os conceitos da Física que fundamentam os estudos teóricos relacionados à RCFM. Nesse sentido, vamos discutir a radiação eletromagnética (REM): seu espectro, polarização e intensidade.
- Discutir os conceitos da Física que fundamentam os estudos teóricos relacionados à expansão do universo. Nesse sentido, vamos discutir a lei de Hubble e a utilização de gráficos.
- Elaborar uma sequência didática voltada aos temas de interesse deste trabalho que contenha os seguintes elementos: avaliação dos conceitos prévios; utilização de atividade experimentais; avaliação de aprendizagem.
- Analisar as produções escritas pelos licenciandos, buscando caracterizar a aprendizagem com relação a SD.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: na introdução é descrita a situação atual do ensino de Astronomia no Brasil e como ela é proposta nos documentos oficiais da educação brasileira, seguido da fundamentação teórica sobre o uso da SD no ensino, descrevendo a justificativa para a escolha do tema e os objetivos. No capítulo 1 é descrita toda a Física que embasa o desenvolvimento da SD elaborada, sendo o Big Bang o tema principal, destrinchando de seus dois pilares (Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas e a Expansão do universo) em destaque em subtemas desta sequência didática. No Capítulo 2 é descrita toda a metodologia utilizada neste trabalho, desde a elaboração, aplicação e análise da SD. Esta pesquisa por sua vez é de cunho qualitativo, o Capítulo 3 é dedicado a análise dos questionários aplicados durante a SD, já no Capítulo 4 são apresentadas as atividades desenvolvidas ao longo da SD, no Capítulo 5 é descrito o passo a passo da SD, encerrando com as considerações finais.

# **Capítulo 1 - O Modelo Cosmológico do Big Bang**

Neste capítulo são apresentados, de forma simplificada, os temas da Física e Astronomia que foram discutidos durante a aplicação da SD. Esses temas explorados aqui tiveram como ponto de partida o modelo cosmológico padrão, o Big Bang, que é uma fonte quase inesgotável de debates, pois ele é um tema fomentador de discussões, que nos leva a perguntas sobre a origem da vida e existência, o começo de tudo, a criação do espaço e do tempo.

## **1.1 - Contexto Geral**

De acordo com Henrique (2011), há um interesse muito grande das pessoas pelos mistérios do universo, nos quais desde pequenos somos rodeados de algumas perguntas que muitas vezes são deixadas de lado, perguntas que parecem simples, mas que muitas vezes não conseguimos entendê-las. Tais questões podem fomentar as discussões e reflexões nas aulas de Física, na tentativa de buscar soluções para indagações, como afirma Duarte (2016). Ainda segundo esses autores, poucos textos didáticos trabalham temas da cosmologia ou temas que envolvam o BB, apesar da grande importância que eles possuem para o ensino de ciências, e dos destaques dados a eles pelos documentos oficiais no ensino, o que se torna mais um fator positivo para se trabalhar temas desta natureza em sala de aula.

## **1.2 - Modelo Cosmológico - Big Bang**

Desde a antiguidade o homem tenta responder algumas indagações, como por exemplo: De onde viemos? Para onde vamos? Como tudo surgiu? Essas perguntas, dentre muitas, deram origem à cosmologia, ciência que estuda o universo e sua origem, composição, evolução e estrutura. Segundo Henrique (2011), após o fim da primeira guerra mundial pesquisadores começaram a investigar possíveis soluções para as equações de Einstein, como por exemplo: Friedmann, Lemaître e Eddington. Surgiram então alguns modelos que tentavam explicar o Universo que hoje observamos. O modelo mais aceito atualmente e que ganhou mais respaldo da comunidade científica é o chamado modelo do Big Bang.

O Big Bang (BB) é o modelo cosmológico predominante que descreve o universo observável. De acordo com o BB, o universo surgiu de um estado de alta densidade e temperatura, em que toda a matéria e toda a radiação estavam contidas num espaço

infinitamente pequeno (chamado de singularidade) há 13,8 bilhões de anos atrás<sup>3</sup>. Desde então, o universo se expandiu, como observado por Edwin Hubble em 1929, e como consequência foi se resfriando. Segundo Oliveira Filho (2004), esse estado de alta densidade e temperatura criou a matéria, a radiação, o espaço e o tempo.

Segundo Oliveira Filho (2004), o belga Georges-Henri Édouard Lemaître, padre e cosmólogo, foi um dos primeiros a propor o modelo do Big Bang em 1927. Ele considerou que toda a matéria estivesse reunida em único ponto do espaço, que ele chamou de átomo primordial, e que começou a se fragmentar mais, e cada vez mais, até formar os átomos presentes no universo. Sabemos que esta proposição não está correta, mas a mesma serviu de fonte de inspiração para inúmeros cosmólogos. De modo independente, Alexander Alexandrovitch Friedmann, matemático e meteorologista russo, já tinha descoberto uma família de soluções para equações da Relatividade Geral, que também descreviam um universo em expansão. Por tal feito a eles foi atribuído o apelido de pais da cosmologia.

O modelo do Big Bang depende de duas suposições principais, que o universo é homogêneo e isotrópico. Está baseado em quatro resultados experimentais, chamados de pilares, que dão sustentação ao modelo. O primeiro deles é a RCFM, que é a radiação eletromagnética que remonta as fases iniciais do Universo e permeia todo o espaço. Ela apresenta um espectro de corpo negro, o que evidência que o Universo era mais quente e denso do que é atualmente. Ela foi produzida quando o Universo em torno de 400 mil anos de idade e uma temperatura de aproximadamente 3000 K e, devido a sua expansão, resfriou-se e hoje é detectada a uma temperatura de 2,726 K (o pico do espectro está na faixa de micro-ondas). Por não ter sido afetada pela evolução, ela é considerada uma ferramenta que proporciona uma excelente oportunidade de estudar as condições físicas do Universo primordial e, ainda, entender a origem e a evolução das estruturas, como galáxias e aglomerados de galáxias, que hoje vemos no Universo.

O segundo pilar deste modelo é a expansão do universo, que pode ser comprovada através de dados de observacionais. A comprovação deste resultado foi feita por Slipher em 1912 e por Hubble em 1929, sendo considerada uma das grandes descobertas científicas do século XX. Juntamente com a teoria da Relatividade Geral, estas duas descobertas foram fundamentais para o desenvolvimento da moderna cosmologia<sup>4</sup>. Hubble observou que a grande

---

<sup>3</sup> Resultado experimental obtido pelo satélite Planck: <http://sci.esa.int/planck/>.

<sup>4</sup> SOUSA, R.E. Departamento de Astronomia - IAG - USP <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/expansao-cosmologia.pdf>. Acesso em 30 de maio de 2018. Notas sem publicação.

maioria das galáxias têm espectros que estão deslocados para maiores comprimentos de onda. Esses deslocamentos são chamados de redshifts ( $z$ ). Ele interpretou que esse redshift está relacionado ao efeito Doppler e que era devido ao movimento de afastamento das galáxias. A partir dos resultados obtidos a partir do espectro da luz emitida pelas galáxias, Hubble obteve o redshift e depois a velocidade de recessão  $v$  dessas galáxias ( $v = cz$ ). A lei de Hubble estabelece a correlação linear entre a velocidade de uma galáxia e a sua distância até nós<sup>5</sup>. A constante de proporcionalidade entre elas é a chamada constante de Hubble ( $H$ ).

O terceiro pilar é a nucleossíntese primordial. Ela se refere ao período no qual foram formados os elementos químicos mais leves, como o hidrogênio (H) e o hélio (He). Por não ser o interesse deste trabalho, não será apresentada uma descrição mais aprofundada deste tema. Nesta proposta serão trabalhados apenas os dois primeiros pilares, isso é, a RCFM e a Expansão do Universo.

O quarto e último pilar é a aceleração da expansão, “em termos dinâmicos, podemos dizer que o Universo é plano e, ao invés de ter a expansão gradualmente freada pela gravidade da matéria existente, a expansão é dominada pela presença da energia escura, causando uma aceleração da expansão”<sup>6</sup>. Os cientistas norte-americanos Saul Perlmutter, Adam Riess e Brian Schmidt receberam o Nobel de física de 2011 por pesquisas que comprovaram a aceleração da expansão do Universo.

A expressão "Big Bang" é uma ironia de um “adversário” do Big Bang, que surgiu de um debate radiofônico entre Gamow (que defendia o modelo do universo em expansão) e Fred Hoyle (que defendia o modelo de universo estático estacionário). Durante o debate, quando Gamow descrevia o modelo cosmológico que defendia, Hoyle ironizou esse modelo, falando, é como se tivesse ocorrido um "Big Bang", uma grande explosão, e esse termo utilizado por Hoyle foi tão impactante que acabou sendo utilizado pela comunidade científica para batizar esse modelo, o modelo cosmológico do Big Bang. Essa ironia ajuda a perpetuar a ideia errônea de que o Big Bang teria sido uma explosão convencional, em que a matéria se espalha de um ponto central para regiões circundantes. E uma curiosidade é que o instante do Big Bang, não faz parte do modelo cosmológico padrão, pois o modelo não dá conta desta singularidade

---

<sup>5</sup> MÜLLER, A.M. Disponível em: [https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29\\_Muller/aula3/aula3f.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/aula3/aula3f.pdf). Acesso em 15 de setembro de 2018.

<sup>6</sup> SARAIVA, M.F.O. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/universo-atual.htm>. Acesso em 19 de fevereiro de 2019.

inicial, o modelo descreve muito bem a partir do tempo de Planck, que é  $10^{-43}$  segundos. A Figura 2 ilustra um conceito artístico do modelo do BB.

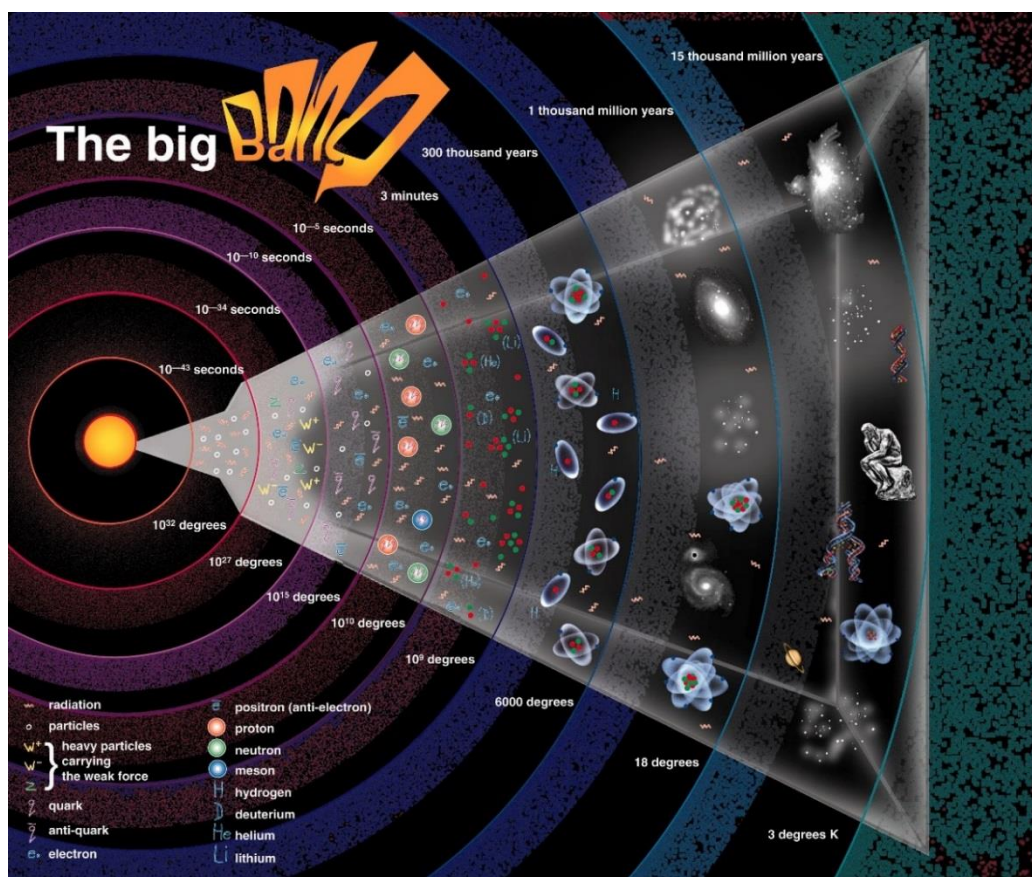


Figura 2: Ilustração representando o modelo do BB a partir de sua suposta origem até os dias atuais. Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/cosmo3.html>.

### 1.3 - Radiação Eletromagnética e o Espectro

De acordo com Barreto (2016), os primeiros experimentos para se entender a natureza da luz foram realizados por Isaac Newton em 1666, quando decompôs a luz branca em um prisma, dando o nome de espectro a tal fenômeno. O primeiro cientista a estudar a relação entre as cores do espectro eletromagnético e a temperatura foi o astrônomo inglês William Herschel (BARRETO, 2016), que repetiu a mesma experiência de Newton, só que após a luz passar pelo prisma de vidro ele mediu a temperatura associada a cada cor com um termômetro de mercúrio, da cor violeta até o vermelho e, para a sua surpresa, ele percebeu que depois do vermelho a temperatura ainda continuava variando. Assim, percebeu-se uma nova faixa do espectro que não era visível ao olho, mais tarde denominada de infravermelho. Ao longo da história outras faixas do espectro eletromagnético foram sendo descobertas, trazendo inúmeras contribuições para o desenvolvimento da ciência.

A radiação eletromagnética é resultante da aceleração de partículas carregadas. A teoria da radiação eletromagnética foi desenvolvida por James C. Maxwell e publicada em 1865. Existem vários tipos de radiação eletromagnética dependendo do comprimento de onda e frequência, como é mostrado na Figura 3. Como afirma Barreto (2016), quando se tem uma carga elétrica sendo acelerada são produzidos em todos os pontos do espaço um campo magnético e um campo elétrico. Esses campos, que são perpendiculares entre si e se propagam pelo espaço com velocidade constante, que no vácuo é  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s, chamada de velocidade na luz no vácuo. Os campos elétrico e magnético também são perpendiculares à direção de propagação da onda. Uma característica intrínseca das ondas eletromagnéticas é que elas não precisam de um meio material para se deslocar.

As ondas eletromagnéticas podem ser caracterizadas em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição chamada de "espectro eletromagnético". Este apresenta subdivisões de acordo com as características de cada faixa. Cada faixa interage de forma diferente com a matéria na qual incide, através do processo chamado de interação radiação matéria<sup>7</sup>.

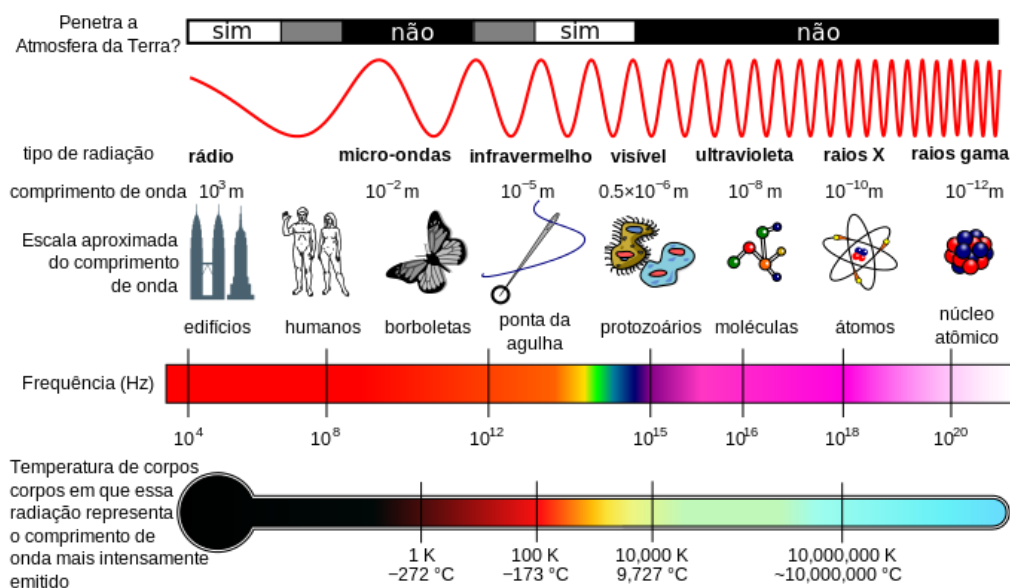


Figura 3 - Espectro Eletromagnético  
(Fonte: <https://www.gratispng.com/png-ekg19u/>)

Como pode se ver na Figura 3 o espectro eletromagnético é bem amplo, possuindo vários tipos de ondas eletromagnéticas, cada uma com sua respectiva frequência e comprimento

<sup>7</sup> Disponível em: <http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/rem.html>. Acesso em 13 de agosto de 2018.

de onda. Apesar do espectro ser amplo, só conseguimos enxergar a faixa do visível do espectro eletromagnético, devido à sensibilidade de nossos olhos. Os raios de luz atravessam a córnea, humor aquoso, pupila, cristalino, humor vítreo e chegam até a retina, onde os raios de luz são transformados em estímulos elétricos, que são encaminhados ao cérebro através do nervo ótico. Podemos perceber as cores pois dentro da retina existem os cones e os bastonetes, células que são sensíveis aos estímulos luminosos<sup>8</sup>.

Para poder captar outros tipos de radiações são necessárias outras ferramentas, como, por exemplo, radiotelescópios e telescópios em outros comprimentos de onda, entre eles Raios X e Gama. Em nosso dia a dia utilizamos aparelhos eletrônicos que detectam variados tipos de radiações, como a televisão, o rádio, o celular, entre outros, o que nos mostra a importância de se ter noções básicas a respeito de um conteúdo tão importante que está presente em inúmeras tecnologias na sociedade no nosso cotidiano.

## 1.4 - Corpo Negro

Segundo Villela (2004), um corpo negro é um sistema ideal hipotético, que absorve completamente toda a radiação que nele incide, e emite radiação na mesma taxa de absorção quando ele está em equilíbrio térmico. O espectro de emissão descreve uma curva contínua de intensidade por comprimento de onda, descrita pela lei de Planck. O corpo negro é um emissor e absorvedor de luz perfeito, na prática ele pode ser substituído por uma cavidade com uma

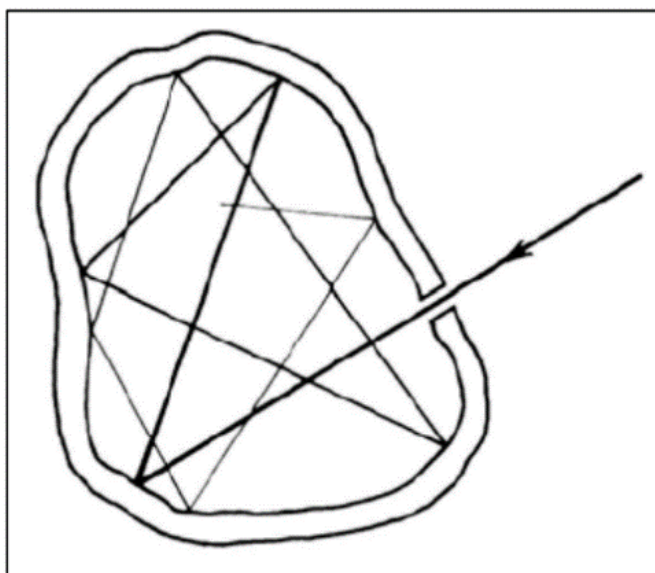


Figura 4 - Cavidade de um corpo negro (Fonte: <http://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/quanta/mq-unid2-textocompl-1.pdf>)

<sup>8</sup> Disponível em: <http://drerickabrilmassa.site.med.br/index.asp?PageName=como-enxergamos>. Acesso em 12 de agosto 2018.

pequena abertura. A radiação incidente sobre o orifício é refletida seguidamente pelas paredes internas da cavidade, e dificilmente conseguirá sair pelo orifício. Logo, o orifício tem o comportamento de um corpo negro, já que quase toda a radiação incidente sobre ele é absorvida<sup>9</sup>, como ilustrado na Figura 4.

A radiação emitida por um corpo negro é isotrópica, isto é, não depende da direção. Além disso, ela depende apenas da temperatura na qual o corpo se encontra, não depende de sua forma ou constituição – é uma emissão é perfeitamente térmica. A distribuição de energia emitida por um corpo negro é dada pela Lei de Planck. A distribuição de energia em função da frequência é chamada de espectro de emissão de corpo negro. Na Figura 5 são mostradas curvas da emissão de um corpo negro para diferentes temperaturas. É possível verificar que essas curvas apresentam um pico de emissão e que a emissão ocorre em todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético.

A Astrofísica utiliza com bastante sucesso esse conhecimento, pois, a partir da intensidade de fontes estelares medida por meio da utilização de telescópios é possível estimar a temperatura da fonte na frequência que está sendo realizada a medida. Isso pode ser feito porque as estrelas e os planetas são bons modelos de corpo negro.

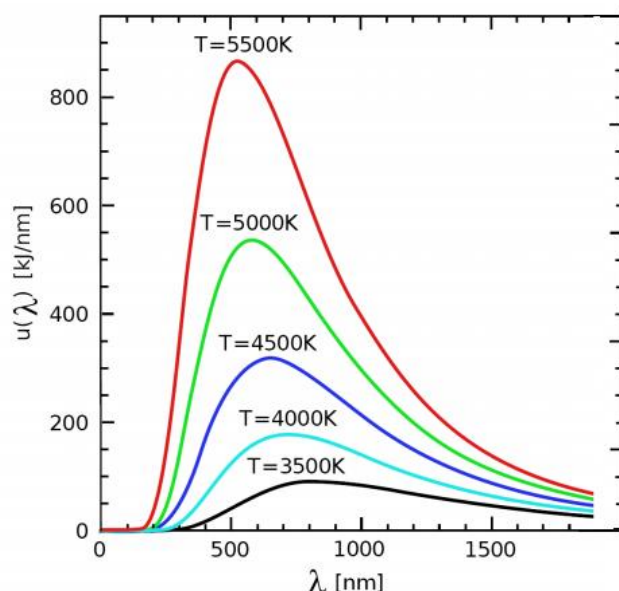


Figura 5: Curvas de corpo negro para diferentes temperaturas.

Fonte: [http://www.if.ufrgs.br/~riffel/fundamentos/notas\\_aula/FundamentosAeA\\_Aula20.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~riffel/fundamentos/notas_aula/FundamentosAeA_Aula20.pdf)

<sup>9</sup> BAHIANA. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/quanta/mq-unid2-textocompl-1.pdf>. Acesso em 11 de setembro de 2018.

## 1.5 - Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas

No ano de 1964 a RCFM foi descoberta por Arno Penzias e Robert Wilson, contribuindo para o fortalecimento do modelo do Big Bang, sendo descrito pelos pesquisadores como um eco do Big Bang, isso é, como um fóssil da radiação proveniente da origem do universo. Essa descoberta ocorreu acidentalmente quando Penzias e Wilson faziam pesquisas na área de telecomunicações, trabalhando com receptores para serem usados em medidas da emissão em micro-ondas de nossa galáxia. Quando se depararam com um ruído nos seus dados, tal ruído não desaparecia, independentemente da região do céu para qual se apontava a antena. Na mesma época, um grupo de físicos liderados por Robert Dicke, da Universidade de Princeton nos EUA, tentava detectar o sinal previsto por Gamow e colaboradores quando souberam dos resultados encontrados por eles. De acordo com Villela (2004)<sup>10</sup>;

Quando eles souberam dos resultados de Penzias e Wilson, perceberam que o objetivo do experimento que estavam construindo já havia sido atingido e, tendo já uma ideia clara do que ele significava, concordaram que a publicação dos resultados e a interpretação correspondente fossem feitas simultaneamente: Penzias e Wilson mostrariam as medidas num artigo e Dicke e colaboradores interpretariam a descoberta de Penzias e Wilson como sendo a radiação produzida nos primórdios do Universo. Essa descoberta é considerada como uma das mais importantes da história da ciência e, por isso, Penzias e Wilson ganharam o Prêmio Nobel de Física em 1978.

De acordo com Villela (2004), a existência desta radiação foi prevista por George Gamow, Ralph Alpher e Robert Herman na década de 1940, quando estudavam o surgimento da matéria e do universo. Eles propuseram que inicialmente a matéria deveria estar comprimida em um único ponto, pressupondo a liberação de uma determinada radiação. Segundo Souza (2010) e Villela (2004), podemos descrever perfeitamente a RCFM por uma curva de corpo negro a uma temperatura de 2,726 K, o que corresponde a uma intensidade máxima na região de micro-ondas do espectro eletromagnético, o que sugere que o universo estava em equilíbrio térmico.

A RCFM, portanto, é um resquício de uma época em que o universo era muito jovem. Inicialmente, o sistema era formado por uma "singularidade". Nesta singularidade, algumas grandezas físicas, como a densidade e temperatura são infinitas. O sistema se expandiu rapidamente, até atingir a temperatura de aproximadamente 3000 K, os fótons e a matéria que formavam o plasma primordial estavam fortemente acoplados, sendo que isso impedia a formação do átomo de hidrogênio, pois os fótons apresentavam energia cinética média mais

<sup>10</sup> <http://www.das.inpe.br/cosmo/intro-rcf/node1.html>. Acesso em 27 de julho de 2018.

elevada do que o potencial de ionização do átomo de hidrogênio. Conforme a temperatura diminuiu, a energia dos fótons tornou-se menor que o potencial de ionização, e, como consequência, os elétrons foram capturados pelos prótons, tornando-se possível a formação do átomo de hidrogênio.

Com a diminuição do número de elétrons livres, a matéria e a radiação não mais interagiram de forma significativa e ocorreu o que denominamos de desacoplamento entre a radiação e a matéria. Dizemos, então, que o Universo se tornou transparente à radiação e todos os efeitos provocados pelos processos físicos que ocorreram antes do desacoplamento apareceriam como uma assinatura do Universo jovem na distribuição espacial dessa radiação, que pode ser lida hoje através das observações da RCFM. Esta radiação nos fornece, portanto, informações sobre uma época em que o Universo tinha cerca de 370 mil anos de idade e pode ser estudada a partir de medidas de seu espectro, polarização e distribuição espacial. Os estudos do espectro e da distribuição espacial do RCFM no céu são fatores importantes na discriminação entre os diversos tipos de modelos cosmológicos, ou seja, de modelos que tentam explicar como surgiram as estruturas de matéria que observamos hoje no Universo, como estrelas, galáxias, aglomerados de galáxias, planetas e, em última instância, até mesmo a vida<sup>11</sup>(VILLELA, 2004).

A RCFM é a radiação eletromagnética que permeia todo o espaço. Por não ter sido afetada pela evolução, ela é considerada uma ferramenta que proporciona uma excelente oportunidade de estudar as condições físicas do Universo primordial e, ainda, entender a origem e a evolução das estruturas. Por este motivo o estudo da RCFM proporciona um excelente tema de debate e motivação para entender o universo em que vivemos.

A RCFM, conforme já citado anteriormente, fornece informações sobre o universo quando ele tinha cerca de 400 mil anos de idade. Por ser uma radiação eletromagnética, ela pode ser estudada a partir de medidas de seu espectro, polarização e distribuição espacial no céu. Diversos experimentos foram construídos para estudar a RCFM, produzindo resultados que forneceram informações muito importantes para a consolidação do Modelo Padrão em Cosmologia. Muito importantes neste contexto foram dois experimentos que estavam a bordo o satélite COBE (Cosmic Background Explorer): o FIRAS (Far Infrared Absolute Spectrophotometer) e o DMR (Differential Microwave Radiometer).

O FIRAS foi projetado para medir o espectro da RCFM e utilizou, para isso, medidas absolutas da temperatura da RCFM, tendo confirmado que essa radiação possui um espectro de corpo negro quase perfeito. Esse resultado se tornou uma das mais fortes evidências a favor do

---

<sup>11</sup> VILLELA. Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/cosmicos/cos10.shtml>. Acesso em 27 de julho de 2018.

modelo conhecido e mostra que a matéria e a radiação no universo à época do desacoplamento estavam em um estado de equilíbrio termodinâmico quase perfeito, ou seja, tinham a mesma temperatura (VILLELA, FERREIRA, WUENSCHÉ, 2005). A determinação precisa do espectro de corpo negro da RCFM foi uma das mais importantes contribuições ao estudo da cosmologia, uma vez que ficou estabelecida de forma inequívoca a origem térmica dessa radiação.

O DMR foi projetado para medir variações na distribuição angular de temperatura (anisotropias) da RCFM no céu, que, de acordo com os modelos teóricos, estão ligadas à formação das estruturas: existiam irregularidades na distribuição de matéria na época do desacoplamento da radiação com a matéria e essas irregularidades ficaram registradas nessa radiação e, conforme o tempo foi passando, elas foram amplificadas devido à interação gravitacional, dando origem às estruturas que hoje observamos no universo.

Após os resultados do COBE, diversos experimentos, no solo, a bordo de balões e satélites foram construídos para medir as anisotropias da RCFM. Dois em especial, lançados a bordo de satélites, foram o WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) e o PLANCK. A diferença entre os mapas desses três experimentos para a medida de anisotropias está na resolução de cada um dos instrumentos utilizados para realizar as medidas.

As Figuras 6 e 7 sintetizam as informações acima. Na Figura 6 é mostrado o espectro de corpo negro da RCFM. Na Figura 7 estão mostradas a temperatura do céu (primeiro mapa) e as distribuição angular de temperaturas da RCFM (anisotropias) obtidas pelos experimentos DMR-COBE, WMAP e PLANCK, respectivamente, nas demais imagens da figura. As manchas vermelhas que aparecem na segunda e na terceira imagens representam a emissão em micro-ondas do plano da galáxia.

Apesar dos mapas 2, 3 e 4 da Figura 7 mostrarem mapas das anisotropias da RCFM do céu todo, pode-se observar que eles apresentam diferenças bastante evidentes. Essa diferença está relacionada à resolução angular dos experimentos: DMR/COBE com  $7^\circ$  (420 minutos de arco), o WMAP com  $0,21^\circ$  (12,6 minutos de arco) e o PLANCK com  $0,084^\circ$  (5 minutos de arco), todos na faixa de micro-ondas. A resolução angular descreve a capacidade de um dispositivo distinguir dois objetos cujas imagens estejam muito próximas, tais como telescópios e microscópios, ou o olho:

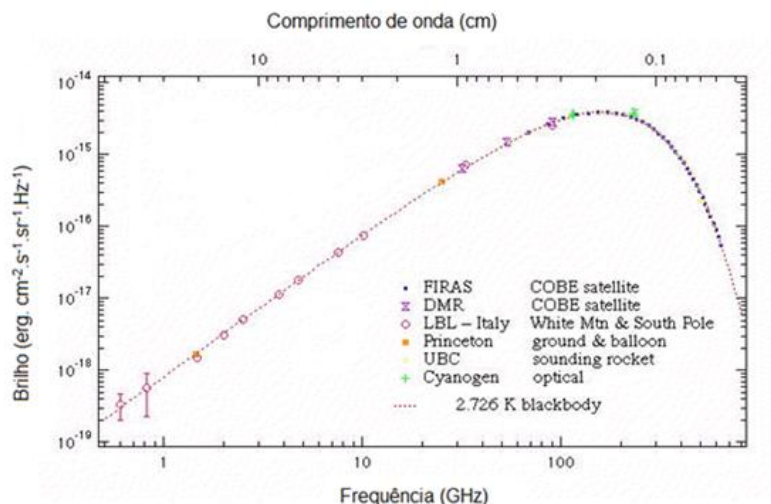


Figura 6: Espectro de corpo negro da RCFM obtido por diferentes experimentos. A linha tracejada em vermelho representa a curva de um corpo negro com temperatura de 2,726 K. As medidas obtidas pelo FIRAS estão representadas pelos pontos pretos.

Fonte: [http://aether.lbl.gov/www/projects/cobe/CMB\\_intensity.gif](http://aether.lbl.gov/www/projects/cobe/CMB_intensity.gif)

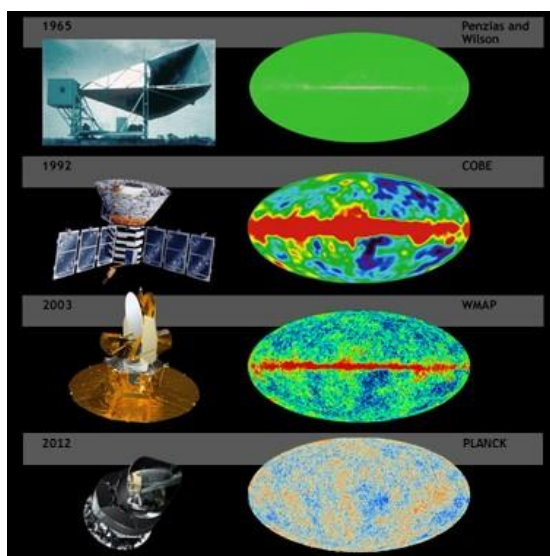


Figura 7: Mapa 1- Temperatura do céu (2,726 K). Mapas 2, 3 e 4- Anisotropias da RCFM do DMR/COBE, WMAP e PLANCK, respectivamente

Fonte: Criada pelo autor

## 1.6 - Expansão do universo

### 1.6.1 - Redshift

Segundo Silva Júnior (2015), o efeito Doppler é um fenômeno ondulatório que ocorre quando há variação da frequência de uma onda devido ao movimento relativo entre uma fonte e o observador, fenômeno esse que pode ocorrer com o som e com a luz. Um famoso exemplo desse fenômeno é a aproximação de uma ambulância até o observador, percebe-se que há um

aumento da frequência do som para o observador com a aproximação da ambulância, consequentemente percebe-se o som ficar mais agudo e, conforme ela se afasta, a frequência tende a diminuir e o som fica mais grave para o observador.

O “redshift” é usado para nomear o desvio para o vermelho correspondente a uma alteração na forma como a frequência das ondas de luz é observada no espectrômetro em função da velocidade relativa entre a fonte emissora e o receptor observador.

Como a velocidade da luz é constante no vácuo e admitindo um emissor e um receptor em repouso relativo, um raio de luz é captado como uma cor padrão em função de sua frequência. Quando o emissor e o observador estão em repouso relativo, ambos medem a mesma frequência. Se o emissor (fonte de luz) se move na direção do receptor, observa-se um desvio para cores de mais elevada frequência no espectro (blueshift). Se o emissor (fonte) se afasta do receptor observador, há um desvio para cores de mais baixa frequência no espectro (redshift), este fenômeno ocorre quando o receptor se move em direção ou em fuga da fonte, pois o que importa é a velocidade relativa entre a fonte e o receptor. Esse efeito é ilustrado na Figura 1.5.

O desvio para o vermelho pode ter três causas distintas: o Efeito Doppler descrito acima, o campo gravitacional da fonte (a luz perde energia ao subir no campo gravitacional da estrela) e a expansão do Universo ("redshift" cosmológico). No "redshift" cosmológico o desvio ocorre devido à expansão do espaço em si, isto é, o comprimento de onda aumenta diretamente como resultado da expansão do espaço.

### 1.6.2- A lei de Hubble

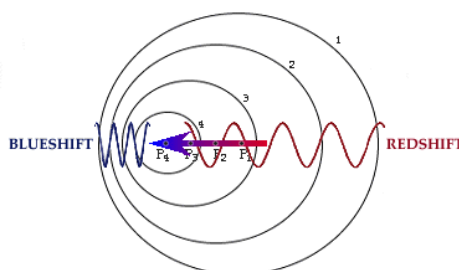


Figura 8: Ilustração do Efeito Doppler - uma fonte emissora movendo-se para a esquerda, de forma que observadores à esquerda receberão ondas de luz deslocadas para o azul (blueshift), enquanto que observadores à direita receberão ondas deslocadas para o vermelho (redshift).

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/oei/cgu/doppler.htm>

Até o início do século XX o conceito de galáxia estava sendo solidificado (HENRIQUE, 2011). No século XVII se discutia o que deveriam ser as "nebulosas", objetos difusos observados através dos telescópios, pois elas não eram pontuais como as estrelas. Com a construção de grandes telescópios no século XX, conseguiu-se observar estes objetos com uma nitidez maior, permitindo afirmar que elas não eram nuvens de gás como era suposto, mas sim conjuntos de estrelas.

Conforme apontado anteriormente, o estudo da expansão do universo começou com Slipher (1912). Ele descobriu que as linhas espectrais da galáxia de Andrômeda mostravam um deslocamento para o azul, indicando que ela estava se aproximando de nossa galáxia. Nos anos seguintes (em torno de 20 anos) ele estudou 41 galáxias e mostrou que o espectro da maioria delas (em torno de 90%) apresentava um deslocamento para o vermelho, indicando que elas estavam se afastando de nós<sup>12</sup>.

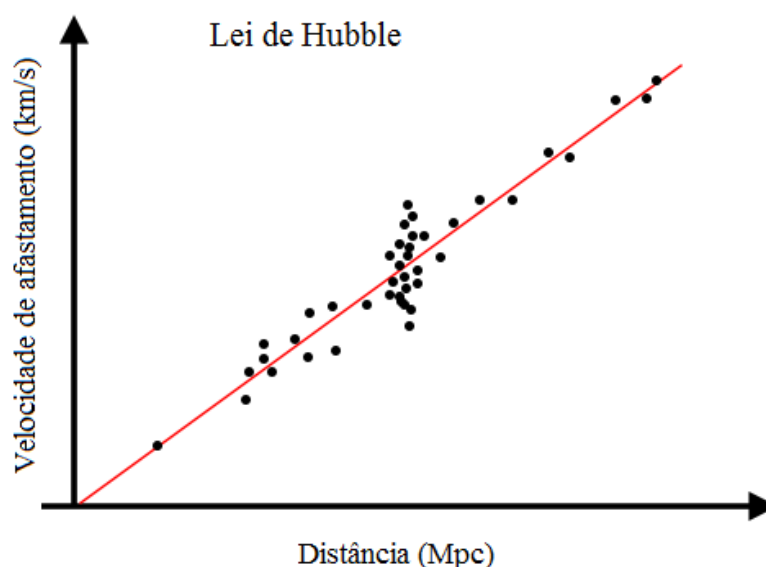


Figura 9: Relação entre a velocidade de afastamento das galáxias em relação à distância delas em relação à Terra - quanto mais longe a galáxia, mais rápido é o movimento para um observador na Terra

Fonte: <http://teacherlink.ed.usu.edu/tlnasa/reference/imaginedvd/files/imagine/YBA/M31-velocity/hubble-more.html>

Após os resultados de Slipher, Hubble estimou as distâncias de Andrômeda e de outras galáxias, e mostrou que a distância que uma galáxia se encontra em relação a nós está intimamente ligada com o seu desvio para o vermelho: quanto mais distante se encontra uma galáxia, mais rápido ela se afasta e consequentemente maior o seu desvio para o vermelho. Ele obteve esse resultado observando o brilho aparente e os períodos de pulsação de estrelas

<sup>12</sup> <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/expansao-universo.htm>, Acesso em 13 de outubro de 2018.

Cefeidas nessas galáxias. Em 1929 ele publicou os resultados desse trabalho que apresentava dados de 46 galáxias que foram observadas, sendo que todas se afastavam, exceto as que estavam mais próximas sofrendo atração gravitacional (Figura 1.6). Houve muitos questionamentos ao trabalho de Hubble devido ao fato de os pontos não estarem tão ordenados. Devido a essa crítica, Hubble refez seu estudo, com o auxílio de Milton Humason, sendo que em 1931 foi publicado um novo gráfico contendo mais galáxias.

A partir da análise deste gráfico Hubble observou uma relação linear entre distância e velocidade, conforme apresentada pela Equação 1, em que  $V$  é a velocidade de afastamento da galáxia, medida em km/s e  $d$  a distância da galáxia até o observador, medida em Mpc (megaparsec que corresponde a  $3,09 \times 10^{19}$  km). A constante de proporcionalidade nesta equação,  $H$ , é a chamada Constante de Hubble, medida em unidades de km/s/Mpc.

$$V = H \cdot d \quad \text{Equação 1}$$

Atualmente, o valor mais preciso da Constante de Hubble é  $(67,81 \pm 0,92) \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}$  (Planck, 2016)<sup>13</sup>.

De acordo com Silva Neto (2018, p. e2318-2), a Constante de Hubble é sem dúvida uma das constantes mais fundamentais da Cosmologia:

Ela está relacionada com diversas grandezas cosmológicas, como por exemplo, as distâncias físicas entre objetos astronômicos, a idade do Universo e sua densidade de energia. Portanto, por ser crucial para qualquer modelo cosmológico moderno, é de extrema importância a determinação mais exata possível do seu valor, para assim termos um modelo cosmológico que seja o mais acurado possível.

A lei Hubble é a expressão que descreve que o universo está em constante expansão. Qualquer observador em qualquer ponto do universo pode perceber a expansão acontecendo a partir de observações, por isso não se pode afirmar que o universo possui um centro (uma das atividades que será realizada na SD abordará este tema). Essa lei é uma consequência da homogeneidade e isotropia do Universo.

Comparando a definição física de velocidade ( $v = d/t$ , sendo  $t$  o tempo) com a Equação 1, vemos que  $H = 1/t$  (tem a dimensão de  $1/t$ ). Nesse caso, teremos que a idade do universo será dada pela Equação 2:

$$1/H = t \quad \text{Equação 2}$$

---

<sup>13</sup> O valor estimado por Hubble para esta constante foi de aproximadamente  $500 \text{ km s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}$ .

Supondo que o universo tenha tido origem de um mesmo ponto, podemos determinar o tempo necessário para o afastamento das galáxias, estimando assim a idade do universo, que nada mais é do que o inverso da constante de Hubble. Portanto, a determinação da constante de Hubble permite determinar a idade do universo. Por este motivo é de grande importância ter um número preciso para essa constante. O valor mais aceito atualmente para a idade do universo é de 13,8 bilhões de anos (determinada pelo satélite Planck). A determinação da idade do universo será uma das atividades que serão desenvolvidas na SD.

## Capítulo 2 - Metodologia

Este capítulo é dedicado à apresentação da metodologia adotada para desenvolver esse trabalho, detalhando cada passo da construção, aplicação e a análise dos dados da SD desenvolvida para o ensino de temas de Astronomia. Essa pesquisa é de cunho qualitativo e será usada a técnica de análise de conteúdo de Bardin na análise dos dados.

### Natureza do trabalho

Este trabalho se constitui em 3 fases, que serão descritas a seguir em ordem cronológica. A primeira delas é a **elaboração da SD**, sendo que nesta fase foi realizado o estudo dos fundamentos teóricos que foram utilizados na dissertação, neste caso específico, o Big Bang com seus dois pilares principais destacados pelo pesquisador, a RCFM e a Expansão do Universo. Após este estudo deu-se início a construção da SD, que ocorreu durante o ano de 2017 e até junho de 2018. A segunda fase deste trabalho é a **aplicação da SD**, que ocorreu na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), nos meses de junho e julho de 2018. Esta escolha foi realizada devido aos alunos ingressantes da física licenciatura serem recém-chegados do ensino médio, cursando a disciplina de conceitos de Astronomia, o que viabiliza a aplicação da SD.

A SD foi desenvolvida ao longo de 12 aulas (cada uma de 50 minutos), a aplicação das aulas é descrita no Capítulo 5. Após terem assinado o Termo de Livre Consentimento e Assistido (TLCA, Anexo C), foi realizada a primeira atividade da disciplina, que consistiu em levantar as concepções iniciais dos estudantes, sendo que para isso foi aplicado o Pré-teste (Anexo A). Esse Pré-teste é um questionário composto de questões abertas, o que possibilita uma maior abertura para os estudantes responderem as questões. O tempo médio para responder o questionário foi de aproximadamente 50 minutos. Por meio dos questionários foi possível obter informações a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos sobre temas astronômicos e relacionados à origem do universo.

A turma possuía um total de 36 alunos, foram analisados apenas os resultados apresentados por 18 destes. O motivo foi que os demais alunos não participaram de todas as atividades desenvolvidas ao longo da aplicação da SD. Na realização da análise, optamos por identificar os 18 alunos que responderam os três questionários aplicados pela letra A seguida de um número, variando de 1 a 18, isso é, A1, A2, A3, A4, ..., A17, A18.

Foram aplicados questionários antes e depois da realização da SD, com o intuito de verificar a potencialização do ensino desses temas por meio desta SD. O Pré-teste e o Pós-teste foram elaborados de forma muito parecidas, compostos por questões abertas, sendo que os alunos responderam o primeiro de acordo com as suas concepções prévias e o último foi utilizado para verificação da aprendizagem após a SD.

Durante a aplicação da SD, foram realizadas 7 atividades experimentais. As atividades realizadas e os objetivos de cada uma delas estão mostradas na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 – Atividades experimentais**

| <b>Atividade</b>                 | <b>Objetivo</b>                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Espectrômetro                    | Observação do espectro visível de fontes de luz |
| Decomposição da luz no CD        | Demonstrativo                                   |
| Difração                         | Demonstrativo                                   |
| Outros modelos de espectrômetros | Observação do espectro visível de fontes de luz |
| Espectrômetro – Aspectra Mini    | Observação do espectro visível de fontes de luz |
| Rádio de galena                  | Demonstrativo                                   |
| Expansão do universo com imagens | Demonstrativo                                   |
| Idade do Universo                | Demonstrativo                                   |

A análise dos questionários é discutida no Capítulo 3. Este trabalho possui abordagem qualitativa, pois houve preocupações com aspectos da realidade que não podem ser quantificados. Segundo Gerhardt e Silveira (2009) e Gil (1999), as principais características de uma abordagem qualitativa são a objetivação do fenômeno, a categorização das ações do descrever, compreender e explicar e a busca de resultados mais confiáveis possíveis.

Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados: Pré-teste (antes da SD), Pós-teste (depois da SD), relatórios das atividades experimentais relacionadas aos temas escolhidos para a SD (durante a SD). O tipo de questionário adotado foi constituído de perguntas abertas, pois isso possibilita que os alunos expressem seus conhecimentos de forma livre, não limitando suas respostas, possibilitando uma maior abertura para a coleta de dados.

A SD foi aplicada na disciplina de Conceitos de Astronomia, que possui duas aulas por semana, possuindo uma carga horária total de 64 horas, os conteúdos discutidos na disciplina são: Sol - Terra - Lua - Sistema Solar - Esfera celeste - Evolução estelar - Cosmologia. A SD foi desenvolvida no tópico Cosmologia, que foi o último conteúdo da disciplina.

A SD é constituída por um conjunto de atividades ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo, etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus alunos, elas envolvem atividades de aprendizagem e de avaliação como destaca Dolz *et al* (2004).

Miquelante (2017) e Araújo (2013) se baseiam em Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004) para definir o que é SD. De acordo com esses autores, SD é conceituada como um conjunto de atividades organizadas em torno de núcleos temáticos e procedimentais de modo sistemático, visando o contexto educacional. É importante trabalhar com SD, pois quando se trabalha de forma contextualizada, proporciona-se ao aluno um grande potencial para desenvolver uma aprendizagem significativa sobre determinado tema, que levará a um aprofundamento conceitual.

De acordo com Miquelante (2017), a SD se configura em quatro etapas principais, descritas na introdução, que serão destacadas ao longo da sua descrição. Os temas escolhidos para esta SD foram a RCFM e a Expansão do Universo, dois pilares do modelo do Big Bang. A partir da análise de conteúdo de Bardin foi avaliado o quão significativo foi para os alunos poder compreender um pouco mais sobre esses temas apresentados na SD. Bardin (2011) define a análise de conteúdo como:

“um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.”  
(Bardin, 2011, p. 47)

Segundo Bardin (2011), a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas e análise de comunicações que consiste em três fases: **pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados - a inferência e a interpretação**. A pré-análise pode ser identificada como uma fase de organização. É nela que ocorre o primeiro contato com os documentos relacionados aos temas que serão trabalhados. A segunda fase é a de exploração do material, realizando a categorização do material, que reúne classes de elementos em razão das características em comuns, organizando o material escrito nas categorias definidas em quadros. A terceira fase do processo é chamada de tratamento dos resultados, a inferência e interpretação, na qual o pesquisador busca dar significados aos resultados. Durante a interpretação dos dados se faz necessário voltar aos marcos teóricos, pois eles dão embasamento para as perspectivas significativas do estudo, como afirma Bardin.

## Capítulo 3 - Análise dos questionários

Neste capítulo é mostrada a análise dos questionários que foram aplicados durante a SD. Os questionários se encontram disponíveis nos anexos A e B. Utilizou-se como ferramenta para a análise dos dados a Análise de Conteúdo de Bardin (2011), categorizando as respostas apresentadas pelos alunos nas atividades realizadas.

### 3.1 – Pré-teste

O Pré-teste (Anexo A) foi dividido em duas partes: a primeira se refere à “Formação” dos estudantes e a segunda está relacionada ao tema que será discutido na SD. Os dados desse questionário serviram para informar e apresentar o “perfil” e as concepções apresentadas pelos alunos participantes relacionadas aos conteúdos necessários para o desenvolvimento da SD.

#### 3.1.1- Formação dos estudantes

A primeira parte do Pré-teste (Anexo A) é dedicada exclusivamente à identificação e a formação dos estudantes da disciplina de Conceitos de Astronomia que participaram da aplicação da SD.

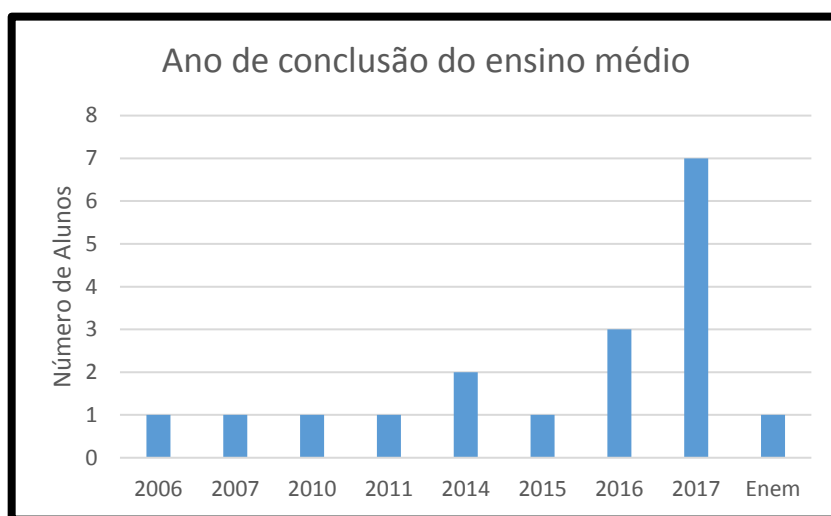
##### **Pergunta 1: Em que ano você se formou no ensino médio?**

Apesar do espectro das respostas ser bastante amplo, conforme é apresentado no gráfico da Figura 10, pode-se verificar que a maior parte deles (56%) são recém-chegados do ensino médio (formados em 2016 e 2017). Além disso, verifica-se que um aluno se formou utilizando a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Ele não informou o ano, apenas especificou que concluiu o ensino médio (EM) através do ENEM.

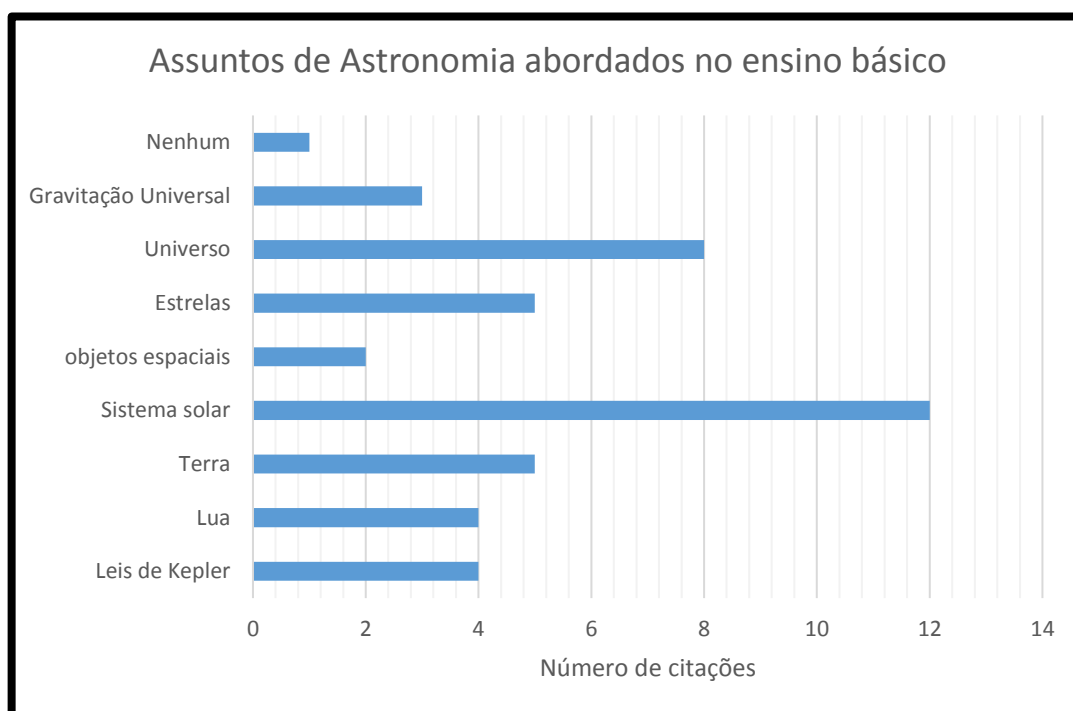
##### **Pergunta 2: Quais assuntos de Astronomia foram abordados em sua formação inicial?**

A partir das respostas apresentadas pelos estudantes, foram construídas as categorias apresentadas no gráfico da Figura 11, um estudante pode estar em mais de uma categoria, pois pode citar mais de um conteúdo. Desse gráfico é possível verificar que as categorias mais citadas pelos alunos foram Sistema Solar e Universo. Na Tabela 3.1 são apresentados os assuntos que foram agrupados nessas categorias. Ainda dessa tabela, na qual as respostas foram agrupadas em categorias, os assuntos específicos que mais aparecem são a origem do universo e o sistema solar.

Apesar de ter sido um dos assuntos específicos mais citados, pode-se verificar que os alunos não se aprofundam na resposta, não mencionando, por exemplo, o modelo cosmológico do Big Bang, o que pode ser um limitador no processo de ensino, diante de um assunto tão rico a ser trabalhado. Dentre os outros assuntos, pode se destacar que os conteúdos mais simples e introdutórios da Astronomia, como por exemplo fases da lua, eclipse, estações do ano e constelações foram bem citados pelos alunos, conforme citado por Batista (2017), são, normalmente, os temas mais vistos pelos alunos no ensino médio.



**Figura 10 - Ano de conclusão do ensino médio**



**Figura 11 - Assuntos de Astronomia abordados no ensino básico**

**Tabela 3.1 – Categorias de assuntos abordados no ensino básico dos alunos**

| <b>Categoria</b>     | <b>Assunto</b>                                                                                   |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leis de Kepler       | Órbitas, movimento dos planetas.                                                                 |
| Lua                  | Fases da lua.                                                                                    |
| Terra                | Translação, rotação, polos magnéticos, vida, estações do ano, calendários.                       |
| Sistema solar        | Planetas, eclipse, luz, sistema solar.                                                           |
| Objetos Espaciais    | Meteoros, satélites geoestacionários.                                                            |
| Estrelas             | Constelações, evolução estelar, Sol, estrelas.                                                   |
| Universo             | Origem do Universo; Teoria do Big Bang; Criacionismo; Via Láctea; vida extraterrestre; galáxias. |
| Gravitação Universal |                                                                                                  |

**Pergunta 3: Você já realizou alguma atividade extraclasse associada à Astronomia?**

As respostas fornecidas estão mostradas no gráfico da Figura 12. Pode-se perceber que 67% deles nunca participaram de nenhuma atividade envolvendo a Astronomia fora do ambiente escolar. Uma resposta interessante foi fornecida pelo aluno A3, que relatou que durante sua passagem pelo exército aprendeu a utilizar a constelação do Cruzeiro do Sul para se orientar geograficamente. Outros alunos relataram visitas ao Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), que se localiza em Brasópolis, cidade que fica nas redondezas de Itajubá, e outros estudantes relataram situações atreladas a feira de ciências, Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), a construção de foguetes de garrafa PET e observação do céu noturno a olho nu.

**Pergunta 4: Qual (quais) temas de Astronomia mais despertam o seu interesse?**

Devido ao fato de muitos temas terem sido citados, aqui também optamos pela criação de grupos de respostas, conforme apresentado no gráfico da Figura 13 e na Tabela 3.2. Esses temas, conforme Marchi e Leite (2011), chamam a atenção e despertam o fascínio das pessoas.

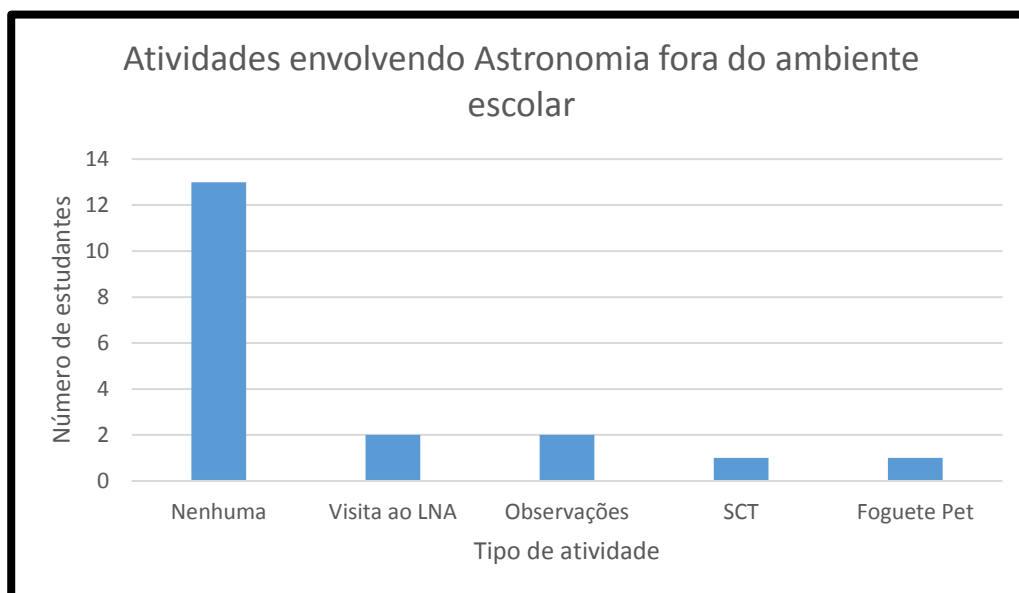
**Tabela 3.2 – Temas que despertam a atenção dos alunos**

| <b>Categoria</b> | <b>Itens presentes na categoria</b>                                                                                                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estrelas         | Evolução estelar, estrelas.                                                                                                                                 |
| Cosmologia       | Expansão do universo, cosmologia.                                                                                                                           |
| Física           | Ondas gravitacionais, teoria das cordas, radiação, gravitação universal, buracos de minhoca, viagem espaço tempo, Leis de Kepler, lançamentos de projéteis. |
| Outros           | Planetas, lua, sistema solar, universo, fenômenos que ocorrem fora da terra, objetos espaciais, galáxias, exoplanetas, objetos espaciais, observação.       |

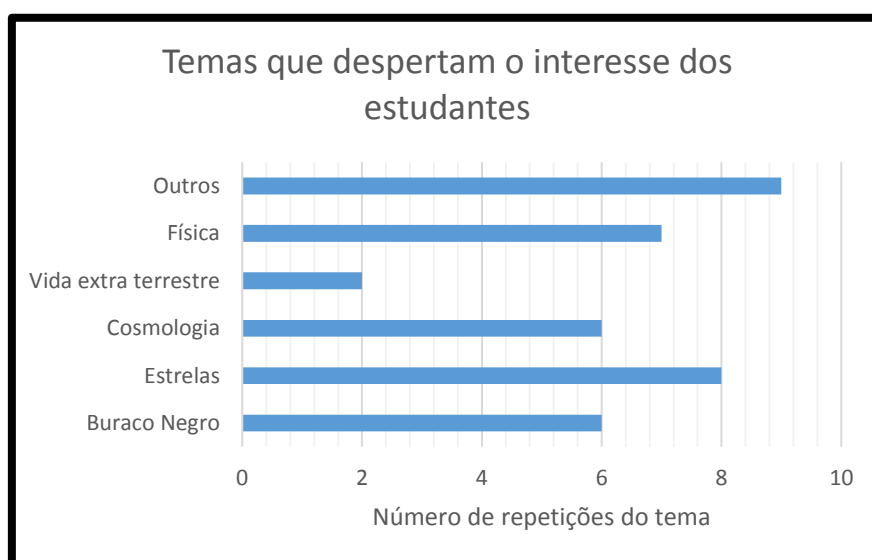
Essas quatro questões permitiram identificar o perfil do estudante que está cursando o primeiro período de Licenciatura em Física em relação à Astronomia. Pode-se perceber que,

apesar de mostrar interesse no assunto, poucos deles realizaram atividades fora do ambiente escolar e que os conteúdos trabalhados no ensino básico são os tradicionais, isso é, eclipses, fases da lua e estações do ano.

### 3.1.2- Questões relacionadas aos conteúdos da SD



**Figura 12 - Atividades envolvendo Astronomia fora do ambiente escolar**



**Figura 13 -Temas que despertam o interesse dos estudantes**

Essa etapa do Pré-teste (Anexo A) se refere aos temas relacionados ao BB que serão desenvolvidos ao longo da SD. Um detalhe importante a ser destacado é que na etapa das transcrições das respostas os erros ortográficos foram corrigidos. Para todas as perguntas foram colocadas as respostas dos estudantes. No Pré-teste elas foram rotuladas pela letra R seguida do número da questão.

### **Pergunta 5: Em sua opinião o Universo surgiu ou sempre existiu?**

De um total de 18 alunos, 4 responderam que o universo sempre existiu, não dando maiores justificativas para suas respostas (A3, A7, A13 e A16), já os outros 14 afirmaram que o universo teve uma origem. Desses 14, 3 deles responderam essa pergunta buscando argumentos de natureza religiosa e filosófica e um aluno disse que não sabe dizer nada sobre a origem do universo (A4). As respostas R5.1, R5.2 e R5.3 ilustram as respostas apresentadas pelos alunos associadas à religião.

*R5.1 - Surgiu. Há muito tempo, um ser mais antigo que o próprio tempo criou o universo. (A10)*

*R5.2 - Surgiu. Deus criou o Big Bang. (A11)*

*R5.3 - Surgiu. Ocorreu através de eventos, por uma força maior. (A17)*

De acordo com Henrique e Silva (2011), um dos principais interesses dos jovens e adultos está relacionada à origem do universo, como é destacado no PCN+ (BRASIL, 2002). Para esses autores, geralmente o assunto "a origem de tudo" está relacionada à religião e à filosofia, motivo pelos quais parte dos alunos ao serem indagados sobre a origem do universo, associam sua resposta à religião, a um ser superior.

As respostas R5.4 e R5.5 ilustram as respostas dos alunos que explicaram o surgimento através de uma explosão. Esta questão, que será discutida ao longo deste trabalho, sempre proporciona uma interpretação equivocada por parte das pessoas, pois a concepção de que o BB foi uma grande “explosão tradicional” está bastante presente nas respostas dos alunos. Essa concepção está em desacordo com a forma segundo a qual o termo explosão é utilizado quando discutimos o BB, pois o universo surgiu a partir de um instante inicial, no qual foram criados o tempo e o espaço, logo, se naquele instante o espaço surgiu, não se pode tratar o evento do BB como uma “explosão tradicional”.

*R5.4 - Surgiu. Ele não era como conhecemos agora, tudo se iniciou depois de uma provável explosão e depois as forças de interações e os objetos que nele existem foram se formando. Sua constante expansão também nos mostra que o espaço nem sempre foi o que "vemos" hoje. (A6)*

*R5.5 - Surgiu. Não podemos afirmar onde, porém deve haver um centro onde ocorreu a grande explosão inicial. (A15)*

Não foram encontrados resultados referentes a pesquisas bibliográficas sobre concepções alternativas envolvendo o termo “explosão” relacionado ao BB, mas Mesquita (2017) destaca que grande número de alunos associam o BB a expansão do universo, se

remetendo a "explosão". Neves (2000), apresenta uma explicação detalhada com relação ao emprego do termo “explosão”.

“O termo explosão não é o melhor, porque quando algo explode, a expansão dos gases e resíduos espalham-se através de um espaço já pré-existente; no caso do Big Bang, durante a expansão, o universo criou seu próprio espaço-tempo.” (Neves, 2000, p.210)

Alguns alunos afirmam que o universo teve uma origem a partir do BB, sem, entretanto, se aprofundarem nas respostas, apenas associam ao termo BB. Essas respostas estão mostradas a seguir:

*R5.6 - Surgiu. Segundo a teoria mais aceita, com o Big Bang. (A8)*

*R5.7 - Surgiu a partir do Big Bang. (A9)*

*R5.8 - Surgiu. Surgiu a milhões de anos após um fenômeno chamado de Big Bang. (A12)*

*R5.9 - Surgiu do Big Bang. (A18)*

Como apresentado por Mesquita (2017), os alunos apresentam respostas quanto à origem do universo que se assemelham às respostas apresentadas nos questionários ao longo deste capítulo, como por exemplo, que O BB foi uma explosão que deu origem a tudo, definem a explosão como decorrente da colisão de átomos e partículas, alguns alunos utilizam a palavra explosão entre aspas, e associam também o BB a uma determinada expansão.

Respostas um pouco mais elaboradas e diversificadas quanto às explicações para o surgimento do universo também foram apresentadas. Percebe-se que a maior parte dos alunos acreditam que o universo surgiu, independentemente de suas justificativas, mesmo as vezes aplicando concepções errôneas sobre esse modelo. Ao serem indagados com relação ao local onde ele surgiu, apenas o aluno A5 respondeu, não se encontrou semelhança entre as respostas agrupadas dentro dessa categoria. Essas respostas estão ilustradas abaixo:

*R5.10 - Surgiu. Ele surgiu a partir de uma grande liberação de energia de um núcleo instável. (A1)*

*R5.11 - Surgiu. Esse fato ocorreu em um "espaço", vácuo, vazio, onde possibilitou sua expansão. (A2)*

*R5.12 - Surgiu. Isso ocorreu em todos os lugares, visto que o ponto inicial era a singularidade. (A5)*

*R5.14 - Surgiu. Não tem como algo simplesmente existir sem que haver início. (A14)*

**Pergunta 6: Alguma vez na escola foi discutido o assunto “Big Bang”? Em caso afirmativo, o que foi discutido?**

Dos dezoito alunos, apenas 4 (A14, A15, A17 e A19) deles não haviam discutido esse tema na escola, o que é algo preocupante, pois em algum momento da trajetória escolar do aluno, ele pelo menos tem que ver algo que remeta ao tema, diante da importância deste assunto e do fato dele estar presente nos livros didáticos utilizados nas escolas e de ser uma recomendação explícita nos documentos oficiais. Outros 5 estudantes associaram suas respostas ao início de tudo, sem demais explicações, conforme as respostas a seguir:

*R6.1 - Sim. Foi o começo de tudo. (A3)*

*R6.2 - Sim. O universo foi criado. (A4)*

*R6.3 - Sim, com a explicação científica mais bem aceita para o surgimento do universo. (A5)*

*R6.4 - Sim. Foi discutido sua teoria e como ela deu origem ao universo. (A9)*

*R6.5 - Sim, foi o fenômeno que deu origem ao universo. (A12)*

Nas respostas apresentadas a esta pergunta, de R6.6 a R6.10, também aparece o termo “explosão” sendo utilizado de forma equivocada. Pelas respostas dos estudantes, percebe-se que os professores também apresentam dificuldades em relação ao assunto. De acordo com Marins (2013), isso pode estar associado às deficiências na formação dos professores, o que, segundo ele, faz com que este assunto muitas vezes seja deixado de lado pelos professores.

*R6.6 - Sim. Que não havia nada no início além de um ponto de núcleo instável que explodiu lançando energia para todas as direções. (A1)*

*R6.7 - Sim. Foi dito que a partir do Big Bang surgiu o universo, e esse evento foi caracterizado por uma explosão, baseado em reações químicas. (A2)*

*R6.8 - Sim. Foi discutido no ensino médio apenas com uma teoria criada e apenas para fins informativos - que era uma teoria que o universo se formou depois de uma grande explosão e só. (A6)*

*R6.9 - Sim, foi mencionado que existia a teoria do Big Bang, em que o universo surgiu através de uma grande explosão. (A13)*

*R6.10 - Sim, foi discutido sobre uma explosão. (A18)*

As demais respostas estavam associadas à descrição individual de cada aluno, sem possuir semelhança entre elas:

*R6.11 - Sim. Foi discutido apenas a ocorrência do evento e não as formas que ele possivelmente ocorreu. (A8)*

*R6.12 - Sim, a professora explicou como surgiu e em seguida disse que o mentor dessa ideia foi Hubble. (A10)*

*R6.13 - Sim. Eu já fiz um trabalho para exposição sobre, como cada equipe teve o seu trabalho, cada um teve espaço para falar o que achava sobre o assunto. (A11)*

*R6.14 - Sim, discutiu-se o surgimento dos planetas e do sistema solar. (A16)*

**Pergunta 7: O que você entende por Big Bang?**

As manifestações nas quais os alunos fizeram menção à origem do universo a partir de um ponto estão mostradas nas respostas a seguir:

*R7.1 - Que tudo que é necessário para a formação do nosso atual universo se condensou em seu ponto máximo e se expandiu, com uma velocidade e temperatura altíssima, fazendo com que as forças e várias moléculas e outras coisas fossem criadas nesse processo. (A10)*

*R7.2 - Tudo que existe, existiu ou existirá se concentrou em um único ponto muito pequeno, depois de muitos anos ele se expandiu. (A6)*

A palavra “explosão”, como a responsável pela origem do universo, aparece novamente nesta pergunta, sendo que dois alunos (A4 e A17) responderam colocando o termo explosão entre aspas, o que sugere que eles sabem que, apesar do termo explosão ter sido empregado, ele não é a melhor palavra para descrever o fenômeno ocorrido.

*R7.3 - Grande explosão, início do que conhecemos por universo. (A1)*

*R7.4 - Entendo por Big Bang como uma explosão, onde ocorreu a dispersão de matéria, átomos que possibilitou o surgimento do universo. (A2)*

*R7.5 - Início de tudo. (A3)*

*R7.6 - Foi a "explosão" que deu início a formação do universo. (A4)*

*R7.7 - É o momento em que o Universo começou a se expandir e esfriar. (A5)*

*R7.8 - Entendo como uma explosão que deu origem a formação de tudo que podemos observar no universo. (A7)*

*R7.9 - Expansão de matéria em um curto espaço de tempo, ocasionado por uma explosão que originou todos os corpos no universo. (A8)*

*R7.10 - Grande explosão. (A9)*

*R7.11 - Tudo se comprimiu, até que não foi mais possível, foi quando houve a explosão. (A11)*

*R7.12 - Entendo como a teoria dominante relativa ao início do universo. (A12)*

*R7.13 - É uma das teorias de como surgiu o Universo, que se baseia em uma explosão de uma única partícula. Ela também diz que o universo continua em expansão. (A13)*

*R7.14 - Foi a explosão que fez com que a matéria que estava concentrada se expandisse e se tornasse o universo que conhecemos hoje. (A14)*

*R7.15 - A explosão inicial que deu origem ao universo que hoje conhecemos. (A15)*

*R7.16 - A explosão que ocorreu devido a várias reações acontecendo dentro do Sol que acabou desencadeando o surgimento dos planetas a bilhões de anos. (A16)*

*R7.17 - "Explosão", que deu origem a tudo o que conhecemos. (A17)*

*R7.18 - Uma explosão onde o universo está se expandindo. (A18)*

Pode-se observar que 11 alunos associaram o modelo do BB ao momento da criação do universo, que ocorreu devido a uma “explosão”. Além disso, a maioria deles não se restringiram apenas ao momento da criação, mas como o modelo que deu origem ao universo que conhecemos. A resposta apresentada no R7.13 foi, em nosso entender, a mais elaborada, pois, o BB é um dos modelos possíveis que atualmente é o mais aceito para descrever o universo que hoje conhecemos. Entretanto, outros modelos já foram criados e outros ainda poderão surgir. Essa evolução na criação dos modelos está intimamente relacionada com a aquisição de dados observacionais de melhor qualidade. A resposta representada por R7.16 é a única que, pode-se dizer, não está em acordo com as concepções presentes das demais. Dizer que a “explosão” ocorreu dentro do Sol não é algo que se encontre na literatura da área.

**Pergunta 8: Em sua opinião, o Universo é estático ou dinâmico? Há evidências disso?**

Apenas o estudante A7 não respondeu à pergunta, os outros afirmaram, com relação a primeira indagação, que o universo é dinâmico. Apenas dois alunos (A5 e A6) apresentaram uma resposta cientificamente mais correta, pois indicam o desvio para o vermelho, que foi utilizado por Hubble para comprovar que o universo não era estático, que se expandia. Essas respostas estão indicadas em R8.1 e R8.2.

*R8.1 - Está em expansão acelerada, podemos observar as galáxias se distanciando, e isso é medido em unidade de velocidade por distância, ou seja, quanto mais distante de nós, mas o objeto se distancia. A expansão é do espaço (A5)*

*R8.2 - Pois como foi provado há um constante desvio para o vermelho, mostrando que ele está em uma constante expansão (como observado por Hubble). (A6)*

*R8.3 - Ele está em constante expansão (A1)*

*R8.4 - Porque está em movimento, a todo instante está se expandindo, já ouvi o professor de física falar sobre. (A2)*

*R8.5 - Pelo que eu leio e assisto o universo ainda está se expandindo. (A10)*

*R8.6 - Pois desde que ocorreu o Big Bang, ele vem se expandindo. (A11)*

*R8.7 - Há evidências por exemplo, do Universo se expandindo. (A13)*

*R8.9 - Todo momento estrelas nascem e morrem, mundos prosperam e são destruídos. Tudo no universo se move e se transforma. O universo está em expansão. As galáxias estão se afastando uma das outras em ritmo acelerado. (A8)*

*R8.10 - Através de observações foi afirmado que ele está se expandindo, as galáxias estão se afastando uma das outras num ritmo cada vez maior. (A14)*

*R8.11 - A partir do momento que foi provado que o mesmo está em expansão acelerada. (A15)*

Algumas respostas afirmaram que o universo é dinâmico, entretanto, não apresentaram evidências desse fato. Elas estão apresentadas pelas respostas de R8.3 à R8.7. A resposta do aluno A2 mostra que este tema, a princípio, foi discutido pelo professor. Já os alunos A8, A14 e A15, respostas R8.9, R8.10 e R8.11, respectivamente, apresentam uma resposta mais elaborada para a questão, quando falam que as galáxias estão se afastando uma das outras e que a expansão é acelerada, tema esse muito atual e que vem sendo discutido pela comunidade científica<sup>14</sup>.

Entretanto, também foram apresentadas algumas respostas confusas, como ilustradas de R8.12 até R8.13, que justificam a sua pergunta misturando planetas, estrelas e galáxias. Além dessas, as respostas R8.16, R8.17 e R8.18 mostram repostas de diversos argumentos, sendo que um deles afirma não saber explicar sobre o perguntado.

*R8.12 - Pelo nascimento de estrelas e deslocamento delas, dando espaço para novas. Pois dois corpos não podem ocupar o mesmo espaço. (A3)*

*R8.13- Porque ele abriga todos os outros componentes que o compõe (como as galáxias, os planetas, etc.), sendo que estes se expandem, logo o Universo é dinâmico. (A16)*

*R8.14- Digo porquê de alguns assuntos e comentários sobre. (A17)*

*R8.15 - Porque antigamente era possível ser visto outros planetas a olho nu, e por isso vem se expandindo. (A18)*

*R8.16 - Após a ocorrência do Big Bang, o universo está em movimento, porque a explosão espalho matéria para todas as direções. (A4)*

*R8.17 - Não sei explicar o porquê ou exemplificar alguma evidência. (A9)*

*R8.18 - Pois o universo está em constante mudança. (A12)*

### **Pergunta 9: O que é radiação? Como ela pode influenciar em nossa vida?**

A radiação eletromagnética (REM), atualmente, é a principal ferramenta utilizada pela Astronomia para estudar o universo e está presente no dia a dia de nossa sociedade (celular, medicina, etc.). Além disso, conforme discutido no Capítulo 1, a RCFM, um dos temas deste

---

<sup>14</sup> Vale a pena ressaltar aqui que a estrutura do espaço-tempo é que se expande, levando todas as galáxias junto com ele.

trabalho, proporciona informações sobre o universo primordial e, por este motivo, entendemos que conhecer o que os estudantes trazem sobre o tema radiação é muito importante.

Da análise das respostas a esta pergunta, verificou-se que 3 estudantes (A4, A7 e A13) não responderam a esta questão. O aluno A17 respondeu somente a segunda parte dela, não especificando o que é radiação. As respostas apresentadas por A2 e A6 relacionaram a REM ao conceito de onda, sem especificar que tipo de onda está dizendo, e ao fato atuar negativamente sobre os seres vivos. Nesse caso, eles podem estar se reportando às radiações ionizantes. Já em R9.3, R9.4 e R9.5, os estudantes especificam o tipo de onda em suas respostas. Nessas respostas, com exceção de R9.4, também são apresentadas preocupações relacionadas aos efeitos nos seres vivos.

*R9.1 - Radiação é uma onda. Ela pode influenciar em nossa vida em escalas celulares, microscópicas, podendo afetar drasticamente ou não a natureza celular dos indivíduos. (A2)*

*R9.2 - A radiação é uma onda, ela pode nos influenciar negativamente, como a radiação ultravioleta que em excesso causa câncer de pele, ou positivamente (A6)*

*R9.3 - A radiação é um tipo de onda eletromagnética que todos os corpos emitem. A radiação solar permite a existência de água em estado líquido em uma temperatura agradável para a formação de vida. Mas a radiação pode trazer também riscos para a saúde. (A8)*

*R9.4 - São ondas eletromagnéticas emitidas por diversas partículas (A14)*

*R9.5 - São ondas eletromagnéticas, que podem influenciar nossas vidas tanto no lado bom (como na saúde, ex.: raios-x) como no lado ruim (como bombas nucleares). (A16)*

A transferência de energia por radiação envolve todo o espectro. A faixa do espectro mais conhecida pelos alunos é o infravermelho, e esse pode ser o motivo pelo qual alguns deles relacionam a radiação ao calor:

*R9.6 - Luz, através do calor por ela emitido. (A3)*

*R9.7 - É um fenômeno que o corpo libera energia, isso acontece no Sol e é assim que a luz e calor chegam até nós. (A5)*

*R9.8 - Radiação é uma onda térmica emitida pelo sol. Quanto maior a radiação emitida pelo sol mais quente será nosso planeta o mudará drasticamente nosso ambiente através de efeito climáticos. (A9)*

*R9.9 - São os raios, que dependendo da sua frequência podem ser perigosos para nossa saúde. (A11)*

*R9.10 - É algo emitido pelo sol, que nos afeta, ela pode causar vários danos à saúde levando até a morte. (A18)*

Por último, temos as respostas que podem ser consideradas confusas, quando, por exemplo, misturam os conceitos de onda e partículas na mesma

*R9.11 - A radiação é a luz no comprimento de onda não visível a olho nu. A radiação interage com os materiais ao incidi-los e isso pode ser provado experimentalmente. (A1)*

*R9.12 - Ondas e partículas energizadas, dominada por nós seres humanos conseguimos grandes avanços tecnológicos. (A10)*

*R9.13 - É a emissão de energia, por meio de ondas ou partículas. (A12)*

*R9.14 - São partículas que são liberadas por algum corpo. (A15)*

*R9.15 - Sei que pode ser usada para o nosso bem, mas também pode nos fazer mau. (A17)*

#### **Pergunta 10: O que é radiação cósmica de fundo?**

A RCFM, conforme discutido no Capítulo 1, é um dos principais pilares do modelo do BB. O seu estudo fornece informações do universo primordial, o que nos permite compreender o universo que hoje vivemos. Apesar disso, ela é um tema que dificilmente é tratado no ensino médio e, mesmo em alguns livros didáticos aprovados pelo PNLD-2018, a RCFM, dentro do tema Cosmologia, quando aparece, é tratada apenas de modo informativo nesses livros. Os resultados encontrados neste trabalho corroboram essa afirmação. Dos 18 alunos participantes, 11 deles não tinham nenhuma informação sobre esse tema, sendo que 3 deles (A4, A7 e A13) não responderam e 8 (A2, A3, A9, A10, A11, A14, A16 e A17) afirmaram não saber. O estudante A18 respondeu sem muita convicção, afirmando que já ouviu dizer que *é uma radiação vinda do espaço*. Os estudantes A12 e A15 deram respostas que apresentam alguns equívocos, conforme ilustrado por R10.5 e R10.6. Já A5, A6 e A8 associam a RCFM ao BB, o que pode ser destacado como ponto positivo nas respostas deles.

*R10.1 - Acredito que seja toda a radiação existente no nosso Universo vinda de explosões, fusões nucleares de grandes corpos. Acredito que seja parte dessa energia emitida. (A1)*

*R10.2 - É um ruído observado em uma determinada frequência em qualquer lugar do universo, proveniente do Big Bang. (A5)*

*R10.3 - É a mais antiga assinatura do Big Bang. Foi percebida (se não me engano) por dois engenheiros ao concertarem uma antena. (A6)*

*R10.4- É a radiação que preenche o todo o universo e é um resquício do Big Bang. E a radiação que foi emitida após o BB e captada ainda hoje. (A8)*

*R10.5 - É o fóssil da luz e apresenta um aspecto térmico. (A12)*

*R10.6 - É a evidência de que buracos negros podem sumir já que vão perdendo matéria ao longo do tempo. (A15)*

### **Pergunta 11: O que são galáxias?**

Galáxias são gigantescos sistemas formados por bilhões de estrelas (em torno de  $10^{11}$  estrelas), poeira e gás, e cujos constituintes se mantêm unidos devido a mútuas interações gravitacionais<sup>15</sup>. Seguindo essa definição, foi possível perceber que os estudantes não apresentaram uma concepção científica do que seja uma galáxia. A maior parte dos alunos respondeu como sendo um agrupamento de objetos celestes, como é mostrado nas respostas do grupo R11. Segundo Henrique e Silva (2011), muitos termos dentro da própria Astronomia não são discutidos, são ensinados como definições, que são transmitidas como resultados prontos, como o próprio conceito de galáxia. Nenhuma resposta apresentada abordou a existência de poeira e gás como sendo elementos que constituem esses objetos. Somente o aluno A7 (R11.1) apresentou em sua resposta que esses objetos se mantêm unidos devido à atração gravitacional, já o aluno A15 (R11.2) respondeu que os constituintes interagem entre si, o que, a princípio, pode ser considerada como uma concepção correta para explicar o porquê dessas estruturas existirem.

*R11.1 - São conjunto de estrelas, planetas, nebulosas que tendem a se agrupar devido a atração gravitacional. (A7)*

*R11.2 - São grandes aglomerados de estrelas e outros corpos que interagem entre si. (A15)*

A presença de um buraco negro massivo no centro das galáxias só foi comentada pelo aluno A5 (R11.3), ao passo que os alunos A1 e A9 indicam a existência de uma estrela no centro delas.

*R11.3 - São aglomerados de estrelas, normalmente com um buraco negro no centro (A5)*

*R11.4 - São aglomerados de planetas e proto planetas com uma grande estrela no centro. (A9)*

*R11.5 - São conjuntos de sistemas que se orbitam, há vários sistemas de planetas que orbitam uma estrela principal como o nosso, e o conjunto delas formam as galáxias. (A1)*

As demais respostas ilustram respostas simples que indicam que uma galáxia é composta por corpos celestes, sem nenhum outro aspecto a ser discutido.

---

<sup>15</sup> Definição de galáxia: <http://www.if.ufrgs.br/oei/hipexpo/galaxias.pdf>

*R11.6 - Conjunto de estrelas, planetas entre outros objetos que são encontrados no espaço. (A4)*

*R11.7 - São aglomerados de estrelas, planetas, asteroides e outros corpos celestes. (A8)*

*R11.8 - Aglomerado de estrelas, planetas, luas, meteoros/cometas. (A10)*

*R11.9 - É um conjunto de sistema, constituído por planetas satélites, e estrelas. (A2)*

*R11.10 - Seria um conjunto de estrelas e nesse conjunto, podem haver outros sistemas solares e vários planetas. (A17)*

*R11.11 - São conjuntos de planetas, estrelas, luas, etc. (A11)*

*R11.12 - É algo imenso onde existe vários planetas, estrelas. (A18)*

As respostas indicadas a seguir podem ser consideradas confusas ou conceitualmente erradas.

*R11.13 - Onde os sistemas solares são formados. (A3)*

*R11.14 - Sistema estrelas pertencente ao sol. (A12)*

*R11.15 - São conjuntos de aglomerados de estrelas, que podem possuir um corpo orbitando ou não é outras coisas. Suas componentes estão em movimento em conjunto. (A6)*

*R11.16 - São frutos do Big Bang. (A13)*

## **Pergunta 12: O que é lei de Hubble? Como ela pode ser interpretada?**

A ideia de que o universo está em expansão começou a ser estabelecida quando Hubble mostrou que as galáxias distantes se afastavam de nós e que todas as galáxias, simultaneamente, se afastavam umas das outras. Esse resultado experimental é considerado, conforme discutido no Capítulo 1, como um dos pilares do modelo do BB. De acordo com as respostas apresentadas pelos estudantes participantes desta pesquisa, 14 não responderam ou afirmaram não saber sobre este assunto. Assim como no caso da RCFM, é possível perceber que este tema não é frequentemente abordado no Ensino Médio. Apenas quatro alunos responderam de forma completa sem, no entanto, especificar como tiveram contato com este assunto. O aluno A6 associou a lei de Hubble ao BB, e em todas respostas os alunos associaram a lei de Hubble à expansão do universo, como é mostrado nas respostas a seguir.

*R12.1 - A lei de Hubble diz que o universo está se expandindo, acelerado em unidades de velocidade por distância. (A5)*

*R12.2 - A lei de Hubble fala sobre o afastamento dos objetos no espaço (a expansão da régua), e quanto mais longe eles estão mais rápido isso acontece. Ela pode ser*

*interpretada como uma prova para o Big Bang, mostrando que no início tudo estava em um lugar, e foi se separando. (A6)*

*R12.3 - A lei de Hubble mostra que o universo está se expandindo de forma acelerada. Quanto mais longe os objetos estão, mais rápido eles se distanciam. (A8)*

*R12.4 - Determina a velocidade de afastamento de uma galáxia. (A12)*

A resposta apresentada pelo aluno A12 (R12.4) aponta que objetos mais distantes se deslocam com maior rapidez e que ela pode ser interpretada como uma prova do BB. Essa opinião está de acordo com a realidade científica, a de que quanto maior a distância entre nós e uma galáxia, maior será a velocidade com que está se afasta de nós.

### **Pergunta 13: Qual a idade do universo? Como ela pode ser estimada?**

A idade do universo é um tema de grande interesse do público em geral e dos cientistas que estudam esse assunto. Conforme apontado no Capítulo 1, a idade do universo, medida pelo satélite Planck, é de 13,8 bilhões de anos. Apenas 3 alunos não responderam à questão e 6 alunos (A4, A5, A9, A10, A13 e A 14) informaram que a idade do universo é aproximadamente de 13 bilhões de anos, o que concorda com o resultado do satélite Planck. Chama a atenção que os demais estudantes responderam valores distantes do real, o que pode ser interpretado como "chute". Essas respostas estão apresentadas abaixo

*R13.1 - A idade do universo pode ser estimada ao observarmos o núcleo de um átomo de um carbono de solo bem sedimentado ou de um meteorito. (A1)*

*R13.2 - A idade do universo é estimativa. Poderia ser estimada baseando numa estimativa do surgimento dos planetas. (A2)*

*R13.3 - Bilhões de anos, através de estudos de nossa galáxia. (A3)*

*R13.4 - Ela pode ser estimada através da velocidade de afastamento dos objetos. (A6)*

*R13.5 - 2,7 bilhões de anos, baseando se na velocidade de afastamento dos corpos e o deslocamento que possivelmente eles realizaram. (A8)*

*R13.6 - 20 bilhões de anos. (A12)*

*R13.7 -  $4 \cdot 10^{23}$  anos, pode ser estimada a partir do conjunto de componentes (como galáxias, Sistemas) que ela abriga. (A16)*

*R13.8 - Alguns bilhões anos. (A17)*

*R13.9 - Bilhões de anos, ela é calculada por um elemento da Tabela periódica, se não me engano cromo. (A18)*

Em relação à segunda parte da pergunta, como a idade do universo pode ser estimada, os estudantes não apresentaram respostas satisfatórias e as explicações são bem distintas,

conforme pode ser visto nas respostas acima. Um deles, o estudante A13, apontou corretamente a idade do universo, entretanto, respondeu que ela está relacionada à idade de estrelas e planetas. O aluno A9 disse que a idade do universo, de 13,5 bilhões de anos, pode ser estipulada pelo teste do carbono 14. Somente dois alunos, A6 e A8, relacionaram a idade do universo à velocidade de afastamento de objetos.

### 3.2 – Pós-teste:

O Pós-teste (Anexo B) foi a última atividade realizada pelos alunos na SD. Nesta parte da análise optamos por apresentar as respostas (rotuladas pela letra S junto com o número da questão) seguindo a análise realizada nas perguntas do Pré-teste. Com a utilização de questionários Pré-teste e Pós-teste é possível avaliar o conhecimento prévio e a consolidação dos assuntos abordados após a aplicação de uma dada atividade, que, em nosso caso, foi a aplicação de uma sequência didática. A primeira pergunta do Pós-teste corresponde à quinta do Pré-teste. Por este motivo, será mantida a mesma numeração do Pré-teste.

#### Pergunta 5 (1): Em sua opinião o Universo surgiu ou sempre existiu?

Nenhum aluno se reportou à religião para responder à esta pergunta. Isso, a princípio, não significa que os estudantes (A10, A11 e A17) tenham abandonado suas convicções religiosas - os alunos A11 e A17 responderam à questão baseado no trabalho desenvolvido na SD, entretanto, o aluno A10 preferiu não se posicionar a respeito do assunto:

*S5.1 - Mesmo assistindo as aulas, lendo os artigos postados, não consigo ter opinião sobre a origem de tudo, é meio difícil falar sobre isso. (A10)*

Percebe-se que os alunos fizeram uso de mais argumentos para fundamentar as respostas, sendo que encontramos um leque maior de conceitos relacionados aos temas discutidos na SD. Termos como origem do espaço-tempo (S5.2 e S5.3), pilares do BB (S5.4 e S5.5) e expansão (S5.6 e S5.7), por exemplo, foram agora utilizados pelos estudantes, o que não foi encontrado nas respostas do Pré-teste. Isso pode ser verificado nas respostas a seguir:

*S5.2 - A origem de tudo, inclusive espaço-tempo e tudo o que conhecemos é o Big Bang. (A1)*

*S5.3 - Possivelmente o Universo tem origem no "Big Bang", evento em que o espaço e o tempo foram criados a partir de uma singularidade inicial. (A5)*

*S5.4 - A hipótese mais aceita, em minha opinião, é a do Big Bang, pois ela possui evidências a seu favor, como a radiação cósmica de fundo, a quantidade de elementos leves no universo e a constante de expansão do universo. (A6)*

*S5.5 - A teoria mais bem aceita pela comunidade científica como origem de tudo é a teoria do Big Bang. A teoria é mais aceita, pois, seus principais pilares puderam ser comprovados, como a existência da RCFM e a expansão do universo. (A8)*

*S5.6 - De uma concentração de massa extremamente pequena e dessa para a vida, o universo é tudo mais. A origem de tudo acontece no instante em que essa massa se expande e gera tudo o que conhecemos até hoje (cujo processo é conhecido por Big Bang). (A14)*

*S5.7 - Tudo se originou após o Big Bang, no qual, após os primeiros segundos de "vida" o universo, este já teve uma expansão rápida, e em seguida reduziu um pouco a sua velocidade de expansão até sua velocidade se estabilizar. (A16)*

*S5.8 - Na minha opinião a origem de tudo começou com o Big Bang, quando o universo estava muito quente e denso em algum tempo no passado. (A18)*

Respostas que indicam que tudo surgiu a partir do BB, assim como nas respostas do Pré-teste. Antes, apenas 4 alunos (A8, A9, A12 e A18) responderam desse modo, agora, esse número aumentou, passando para 6 alunos (A2, A4, A7, A12, A13 e A15), sendo que A12 apareceu nessa categoria nas duas respostas. O aluno A8 apresentou uma resposta (S5.5) mais elaborada, tendo mostrado que ela é a teoria mais aceita e que seus principais pilares foram comprovados e o aluno A18 associou o BB a um estado quente e denso em algum lugar do passado.

Entretanto, mesmo após a aplicação a SD, parte dos alunos persistem na utilização do termo “explosão”, mesmo sabendo que ele não é o mais correto a ser utilizado. Entendemos que, para muitos alunos, esse foi o primeiro contato verdadeiro com os conteúdos de Cosmologia, sendo difícil, nessa situação, modificar essa concepção adquirida anteriormente. Dois alunos no Pré-teste disseram que a origem do universo ocorreu devido a uma explosão e, agora, 4 fizeram o mesmo. Entretanto, aqui também eles procuraram justificar as suas respostas utilizando argumentos mais elaborados, como ilustrados pelas respostas a seguir:

*S5.9 - Tudo se deu origem através de uma explosão, que com o tempo foi se esfriando e formando o que existe hoje. (A3)*

*S5.10 - A origem de tudo ocorreu quando houve uma explosão, antes disso, não existia nada. A partir daí deu-se início a tudo, não instantaneamente como é agora, para isso ocorrer foi muito tempo passado. (A11)*

*S5.11 - No início não havia nada e o espaço e tempo foram criados a partir de uma explosão de energia conhecida como o "Big Bang". (A9)*

*S5.12 - Origem de tudo pelo que eu entendo, foi o Big Bang. Onde aconteceu a explosão e seu deu origem do universo, e com isso está sempre em expansão. (A17)*

A discussão das respostas apresentadas para a quinta questão mostram que a SD conseguiu atingir o seu objetivo, pois foi possível verificar que os alunos apresentaram respostas mais elaboradas e cientificamente mais corretas.

### **Pergunta 7 (2): O que você entende por Big Bang?**

Nesta questão, metade dos alunos utilizaram o termo explosão em suas explicações, a dificuldade de se desapropriar deste termo explosão é notável nas respostas apresentadas (S7.1 à S7.9). Entretanto, quando comparamos com as respostas apresentadas no Pré-teste, de R7.3 a R7.15, vemos que esse número diminuiu. Quando é feita a separação com as classes utilizadas nas respostas R7, vemos que, agora, apenas 3 alunos - A3 e A16 (que não se encontravam nesta classe anteriormente) e A17, que continuou a colocar o termo explosão entre aspas, utilizaram o termo explosão sem uma argumentação mais elaborada em suas respostas (S7.1 à S7.3) Na outra classe, com respostas que utilizam o termo explosão mas apresentam mais argumentos (S7.4 à S7.9), vemos que, em ambas as classes, as respostas encontradas estão próximas da concepção que hoje é apresentada pelo modelo padrão.

*S7.1 - Big Bang foi o nome dado a explosão onde tudo se originou. (A3)*

*S7.2 - Uma grande explosão que deu origem ao universo e tudo correspondente a este. (A16)*

*S7.3 - Uma "explosão" que deu origem ao universo, mas depois dessa explosão tudo foi se criando e expandindo lentamente (A17)*

*S7. 4 - Big Bang significa grande explosão, porém não é bem assim, neste evento deu-se início do Universo, uma grande liberação de luz e energia. Criando assim os primeiros átomos que conhecemos após um certo resfriamento. (A1)*

*S7. 5 - Big Bang onde toda a matéria estava em um único ponto onde houve uma grande "explosão" que fez com que essas matérias fundissem entre si dando origem a outros elementos químicos. Essa explosão se expandiu em todas direções do universo. (A7)*

*S7. 6 - Big Bang foi o início de tudo. Antes não havia espaço e nem tempo. O Big Bang foi uma grande explosão de energia que originou o universo como conhecemos hoje. (A9)*

*S7. 7 - Big Bang é o nome dado para a teoria de que o universo se originou através de uma explosão, e que, com o passar do tempo foi chegando no universo como ele é agora, ele está em constante mudança. (A11)*

*S7. 8 - Big Bang é uma das teorias de como o universo surgiu, sendo a partir de uma grande explosão. Para essa teoria o universo está se expandindo para todos os lados, e não possui um centro justamente por isso. (A13)*

*S7. 9 - Big Bang foi o momento inicial onde o espaço e o tempo foram criados. O evento acontece através de uma explosão inicial que gera todo universo, este*

*mesmo passa por diversos processos e é transformado no que hoje conhecemos. (A15)*

Nas demais respostas são encontrados outros termos que não foram verificados nas respostas R7. Essas respostas citam modelo cosmológico e singularidade inicial, por exemplo:

*S7. 10 - Entendo por Big Bang como um dos modelos cosmológicos, o qual refere-se a um fato onde inicialmente o universo era um "ponto" e se transformou ao longo do tempo em galáxias, sistemas, planetas, corpo extraterrestres e substâncias químicas compostas. (A2)*

*S7. 11 - O momento em que um ponto de densidade e temperatura exorbitantes se desestabiliza e expande. E possa por diversas fases evolutivas até chegar no que podemos observar hoje. (A4)*

*S7. 12 - Entende-se por Big Bang, a teoria que explica a origem do Universo, segundo a teoria a matéria e energia hoje existentes estavam concentrados em um único ponto de temperatura, pressão e densidade extremamente elevados. Em determinado momento este ponto colapsou em um evento que foi chamado de Big Bang, dando origem ao tecido espaço-tempo e toda a matéria e energia presente no cosmos. (A8)*

*S7. 13 - É a teoria cosmológica sobre o desenvolvimento e o início do universo, a ideia principal é que desde a origem onde era muito quente ele vem se resfriando. (A12)*

*S7. 14 - O Big Bang refere-se a ideia de que o universo estava muito quente e denso em algum tempo no passado, desde então vem se resfriando pela expansão ao estado atual e contínua em expansão atualmente. (A18)*

*S7. 15 - O Big Bang é o evento que criou o espaço e o tempo a partir de uma singularidade inicial, iniciando um processo de expansão. (A5)*

*S7. 16 - Foi o surgimento do tecido do espaço-tempo, onde houve um período, de grande inflação até o universo se expandir de forma menos acelerada. No começo era tudo muito quente e, com o passar do tempo, foi se resfriando (a prova disso é a RCFM) e surgindo aos poucos os corpos celestes que conhecemos. Ele não foi literalmente uma explosão. (A6)*

*S7. 17 - Um ponto muito pequeno que se expandiu e continua se expandindo. Tudo que existiu, que existe e existirá estava naquele ponto. (A10)*

*S7. 18 - É um modelo cosmológico que busca explicar a origem do universo. Nesse modelo, tudo começa condensando de modo homogêneo, e devido a perturbação externas, entra em colapso e começa a se expandir. Primeiro, passando por um período de grande inflação (expansão muito rápida) até o universo em que vivemos atualmente. Desde o Big Bang até hoje se passaram mais de bilhões de anos. (A14)*

É possível verificar que essas respostas (S10.10 à S10.18) apresentam argumentos bem mais elaborados e que correspondem hoje ao que entendemos como sendo o BB.

**Pergunta 8 (3): Em sua opinião, o Universo é estático ou dinâmico? Há evidências disso?**

Do mesmo modo que nas respostas R8, todos os alunos responderam que o universo é dinâmico. A diferença se encontra no fato das respostas agora estarem mais elaboradas e com a utilização de argumentos distintos dos encontrados em R8. Algumas respostas indicaram como evidência o afastamento das galáxias, a expansão e a Lei de Hubble. Apenas dois alunos não apresentaram evidências em suas respostas:

*S8.1 - Pois desde de sua origem ele está em constante expansão. (A11)*

*S8.2 - Pois o universo está em constante mudança assim como em constante expansão. (A12)*

*S8.3 - Porque o universo se expande em todas as direções. (A16)*

Diferente das respostas R8, quando encontramos 8 argumentações que consideramos confusas, nas respostas S8 encontramos apenas duas respostas confusas e sem nexos, que foram apresentadas pelos alunos A3 (*S8.4 - Porque está em constante transformação*). e A17 (*S8.5 - Pois pode ser comparado pelas medições, pelas radiações de cosmo de fundo e etc.*), sendo que este foi o único que citou a RCFM em sua resposta. Em relação às demais respostas, o afastamento das galáxias (Lei de Hubble) foi citada pelos demais alunos e, agora, incorporaram argumentos bastante identificados com o que hoje é aceito como evidência da expansão do universo.

*S8.6 - Por que as galáxias estão se afastando. Einstein já havia chegado a essa conclusão ao formular seus cálculos de relatividade geral, mas voltou atrás e colocou uma constante para que seus cálculos provassem que é "estático". Mas Hubble ao observar, a luz verificou que as galáxias se afastam, provando que o universo é dinâmico. (A1)*

*S8.7 - Pois ele está em movimento. Há evidências de que está em movimento. Estudiosos descobriram que as galáxias se afastam uma das outras com uma certa velocidade, ou seja, o Universo está em expansão. (A2)*

*S8.8 - Porque continua se expandindo desde o Big Bang. Sim através de observações e cálculos, foi constatado que as galáxias estão se distanciando. (A4)*

*S8.9 - Ele está se expandindo e a Lei de Hubble que demonstra isso. A maior evidência é o redshift que galáxias distantes apresentam. (A5)*

*S8.10 - Pois de acordo com as observações feitas por Hubble, os corpos celestes se afastam, mostrando que tudo antes foi mais denso do que hoje, e tudo continua se afastando continuamente, mostrando que o universo não foi e nem será como é hoje. (A6)*

*S8.11 - Porque ele ainda contínua em expansão, pois ao observarmos várias galáxias é notável que quanto mais distante ele está, mais rápido é a velocidade. (A7)*

*S8.12 - Observações realizadas por diversos cientistas mostram que corpos, como as galáxias, estão em movimento acelerado se afastando dos demais corpos celestes, foi descoberto mais tarde, por meio dessas observações, que os objetos se movimentam desvio a expansão do universo. (A8)*

*S8.13 - Porque ele está em constante expansão. As evidências que temos são: O afastamento de algumas galáxias em relação a nossa, quanto mais distante, mais rápida é a velocidade de afastamento e, a impossibilidade de achar e/ou calcular um centro para o universo. (A9)*

*S8.14 - Ele está se expandindo em todas as direções. Sim, como não conseguimos saber se a há centro no universo, significa que ele está em constante evolução. (A10)*

*S8.15 - Pois ele está em constante expansão as galáxias estão se distanciando cada vez mais de si mesmas, e isso foi uma observação feita por um astrônomo. (A13)*

*S8.16 - Ao longo do tempo ele vem se expandindo e que uma velocidade cada vez maior. Físicos e astrônomos já observaram que tudo está se afastando, as galáxias estão se distanciando umas das outras Hubble foi um cientista que demonstrou o dinamismo do nosso universo. (A14)*

*S8.17 - Pois como mostram os experimentos as galáxias estão se distanciando uma das outras, de forma que se independentemente do referencial observado, todas se afastam. (A15)*

*S8.18 - Na minha opinião tudo muda, cresce com a separação das galáxias, se expandindo. Existe evidências com medições de mudança de posições de estrelas, galáxias, ele está em constante expansão. (A18)*

Esse resultado é bastante compreensível, pois essa foi a primeira evidência observacional de que o Universo está em expansão. Aqui não está sendo analisado se ela é ou não acelerada, apenas nos importamos em verificar se as concepções dos alunos haviam mudado após a aplicação da SD, o que pode ser verificado diretamente das respostas anteriores que o objetivo foi atingido.

#### **Pergunta 9 (4): O que é radiação? Como ela pode influenciar em nossa vida?**

Todos os alunos responderam a esta questão. Apesar de terem procurado responder à segunda parte desta questão, dois alunos (A1 e A13) não definiram o que é radiação. A resposta emitida pelo aluno A1 foi considerada confusa em R9, agora, percebe-se que ela melhorou bastante.

*S9.1 - Radiação é expressa em comprimento de onda. A luz visível é um tipo de radiação e o infravermelho, raios gama também. A radiação é capaz de transmitir calor para um corpo. No nosso dia somos permeados por vários tipos de radiação: ondas de rádio são exemplos, a própria luz solar, é um tipo de radiação. Cada radiação que conhecemos teve origem no Big Bang. (A1)*

*S9.2 - A radiação está presente na nossa vida todos os dias e no espectro de luz visível. (A13).*

Novamente, após a aplicação da SD, foi possível perceber que as respostas apresentadas pelos estudantes foram mais elaboradas e conceitualmente mais corretas. Nas respostas mostradas abaixo os estudantes especificam que a radiação é uma onda eletromagnética, sendo que um deles (A5) especifica que elas são criadas pelo movimento de partículas carregadas.

*S9.3 - Radiação é uma onda eletromagnética. Ela pode influenciar em nossa vida em vários aspectos como em nível celular (alterando compostos, ligações químicas das células); na temperatura do universo (RCFM permeia todo o universo). (A2)*

*S9.4 - São onda eletromagnéticas, que dependendo do tamanho podemos detectar como as cores visíveis ao olho humano, ondas de rádio, que usamos para transmitir mensagens sonoras, micro-ondas para aquecer alimentos, etc. (A4)*

*S9.5 - A radiação é um fenômeno que acontece quando partículas carregadas se movem, gerando um sinal eletromagnético. As ondas eletromagnéticas explicam muita coisa do cotidiano, inclusive a luz. (A5)*

*S9.6 - Radiação é um tipo de onda eletromagnética. Ela pode ser benéfica para o ser humano, como o espectro visível, ou maléfica como a radiação UV. As ondas eletromagnéticas também permitem que o ser humano possa obter informações detalhadas em vários aspectos de corpos celestes, utilizando o infravermelho, a radiação gama, etc. (A6)*

*S9.7 - Radiação é um tipo de onda eletromagnética que assume diversos comprimentos de onda e frequência, dependendo de qual radiação está se estudando, a radiação está presente em diversos aspectos em nossas vidas. Em nosso cotidiano nas ondas de TV e rádio, além de micro-ondas, em aparelhos médicos como o raios-x e como estudo para comunidade científica. (A8)*

*S9.8 - Existem ondas eletromagnéticas que são perpendiculares ao seu sentido de propagação e não precisam de um meio para se propagar, isso é a radiação. Há diversos tipos de onda com frequência e comprimentos de onda diferentes, todas elas fazem parte do espectro de radiação eletromagnética, sendo elas: ondas de rádio, micro-ondas, e espectro visível, raios gama, ultravioleta, infravermelho e raios X. (A14)*

*S9.9 - É uma onda eletromagnética que permeia tudo. Ela pode influenciar em praticamente tudo, tanto na saúde, nos armamentos bélicos, e até em encontrar estrelas e saber sua distância em relação a nós. (A16)*

Outras respostas relacionam radiação à propagação de energia. Essas respostas também estão mais elaboradas do que as apresentadas no grupo R9, sendo que essa associação não foi encontrada nas respostas desse grupo anteriormente:

*S9.10 - Todo corpo que possui calor emite radiação. A radiação é a propagação de energia de um ponto ao outro. (A7)*

*S9.11 - Radiação é a propagação de energia, pode ser no vácuo ou em algum meio material. A radiação pode ser usada em diversas áreas de exatas, e com isso conseguimos criar novas ferramentas. (A10)*

*S9.12 - Radiação é a emissão ou propagação de energia por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas. A radiação está presente a todo momento, como as ondas de rádio e células, a radiação solar que é fundamental para as plantas e seres vivos, a radiação gravitacional que permite criar um campo gravitacional. (A12)*

*S9.13 - É a propagação de energia de um ponto para o outro, em qualquer meio material. Podendo ocorrer através de ondas eletromagnéticas ou partículas. A radiação em dose alta em nosso corpo pode causar falência de nossos órgãos, já em baixa não oferece nenhum risco a saúde. (A18)*

No grupo R9 algumas respostas foram consideradas confusas (R9.11 a R9.15). Agora, após a aplicação da SD, vemos que ainda encontramos respostas que podem ser consideradas confusas, apesar do grau de confusão nelas apresentada ser bem menor. Isso pode ser comprovado comparando as respostas apresentadas pelos estudantes A15 e A17:

*S9.14 - É um modo de emitir energia, podendo influenciar em nossa vida emitindo ondas eletromagnéticas. (A3)*

*S9.15 - Radiação é uma unidade de energia expressa em onda eletromagnética. Ela influencia nossa vida de várias formas. A energia proveniente do sol que nos aquece é um tipo de radiação. O espectro de cores que enxergamos entre outros. (A9)*

*S9.16 - São ondas que possuem frequências, elas influenciam em muita coisa, micro-ondas, raio x. Algumas frequências estão no espectro visível. (A11)*

*S9.17 - Radiação é o conjunto de todas frequências de onda. Existem vários tipos de frequências dentre elas existem as que estão no espectro visível que nos possibilitam ver as cores dos objetos. (A15)*

*S9.18 - A radiação está em todo lugar, ela pode nos ajudar e também nos prejudicar e a maioria dos corpos emite essa radiação, podendo ser vista por um espectrômetro. (A17)*

Durante a aplicação da SD, foi possível perceber que os alunos tiveram muitas dificuldades com os conceitos envolvidos no estudo de ondas (definição, tipos, frequência, comprimento de onda, etc.). Na SD foi realizada uma “revisão” desses conceitos e, conforme pode ser observado diretamente das respostas do grupo S9, os argumentos apresentados pelos estudantes em suas respostas foram bem mais elaborados.

**Pergunta 10 (5): O que é a radiação cósmica de fundo em micro-ondas?**

Nas respostas do grupo R10, 11 alunos não tinham informação sobre esse tema e somente 3 deles associaram a RCFM ao BB. Agora, nas respostas no Pós-Teste, todos os alunos responderam, sendo que usaram argumentos diferentes em suas respostas, entretanto, todas, a princípio, coerentes com as discussões realizadas no decorrer das atividades. A resposta apresentada pelo aluno A3 foi bastante sucinta: *S10.1 - É uma forma de radiação eletromagnética. (A3)* e o aluno A13 não definiu o que é a RCFM, porém conseguiu mostrar a importância dela para o estudo do universo, apesar de ter colocado uma idade de apenas 1 mês para o universo. Somente as respostas S10.3 e S10.4 foram consideradas confusas:

*S10.2 - A radiação cósmica de fundo é uma das maneiras de investigarmos o universo quando ele tinha aproximadamente apenas 1 mês de idade. Ela é muito importante para a física, pois a partir de lá foram feitas várias descobertas. (A13)*

*S10.3 - É uma radiação eletromagnética micro-ondas, com isso conseguimos ver o universo no passado e ver a evolução. (A10)*

*S10.4 - Radiação cósmica de fundo é a última das frequências observadas, ela está presente em tudo. (A11)*

O aluno A7 relacionou a RCFM com uma explosão: *S10.5 - RCFM é o registro que houve uma grande "explosão". Pois ela pode ser identificada em qualquer direção do universo.* As demais respostas, em nosso entender, apresentam argumentação bastante razoáveis. Nelas aparecem termos que relacionam a RCFM ao BB, como um sinal cosmológico, uma radiação que permeia todo o universo, entre outras:

*S10.6 - Radiação cósmica de fundo é uma onda eletromagnética que permeia todo o universo. E é considerada como um corpo negro ideal, além de ser um fóssil primordial para levantamento de informação sobre o Big Bang. (A2)*

*S10.7 - É um sinal eletromagnético de origem cosmológica, que pode ser observado hoje em dia e em todo universo. (A12)*

*S10.8 - É uma radiação que está presente em todo universo e com ela é possível medir a idade e a expansão do universo. (A17)*

*S10.9 - É uma forma de radiação eletromagnética, e uma evidência muito grande da teoria do Big Bang. (A18)*

*S10.10 - A radiação cósmica de fundo é o resquício do Big Bang. Através dela foi possível calcular a idade do universo. Nós podemos experimentar sua interação ao ligarmos uma televisão de tubo, os chuviscos na tela são captações da RCFM. Ela foi descoberta por acaso e valeu um prêmio Nobel. (A1)*

*S10.11 - É o que sobrou do intenso calor que foi produzido pelo Big Bang. Hoje essa radiação permeia todo o universo (A4)*

*S10.12 - A Radiação Cósmica de Fundo é um sinal eletromagnético emitido quando a matéria se desacoplou da radiação, quando o universo era muito jovem e, portanto, com tudo muito próximo - motivo da RCFM permear todo o espaço. (A5)*

*S10.13 - É o mais perfeito corpo negro encontrado na natureza. É um tipo de onda eletromagnética na faixa de micro-ondas que permeia todo o universo e é como fóssil do seu período mais antigo. Ela é homogênea e não tem um ponto preferencial. As pequenas variações encontradas nela fazem com que ela seja um forte indicio para o Big Bang e o modelo dinâmico para o universo. (A6)*

*S10.14 - A Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas foi a primeira radiação emitida pelo universo. Ela teve origem com o Big Bang e pode ser encontrada em todos os pontos do cosmos em uma taxa constante e quase perfeitamente homogênea. (A8)*

*S10.15 - Radiação cósmica de fundo é a resultante da energia gerada durante o Big Bang. No início o universo era muito quente e a medida que o universo se resfriou, ele deixou um "rastro" que hoje se detecta como a RCFM. (A9)*

*S10.16 - É uma onda eletromagnética de origem cosmológica, no qual surgiu após o Big Bang. É o melhor espectro de corpo negro já medido. (A16)*

*S10.17 - A radiação cósmica de fundo foi a radiação liberada a cerca de 300 mil anos após o Big Bang. Ela tem espectro de emissão de corpo negro mais perfeito que conhecemos até hoje, além de nos fornece informações sobre o universo. (A14)*

*S10.18 - A radiação cósmica de fundo é uma onda que permeia todo o universo desde seu início, esta é considerada como um "fóssil da luz" que nos permite conhecer mais do universo primordial. (A15)*

### **Pergunta 11 (6): O que são galáxias?**

Segundo a definição de galáxias utilizada no Pré-teste (são gigantescos sistemas formados por bilhões de estrelas -em torno de  $10^{11}$  estrelas-, poeiras e gás, que aparecem isoladas no espaço e cujos constituintes se mantêm unidos devido a mútuas interações gravitacionais) foi possível perceber que as respostas apresentadas aqui são mais qualificadas que nas do grupo R11. Somente o aluno A3 não respondeu corretamente a esta pergunta. Para ele, galáxia “É tudo que está em um sistema solar, composto por estrelas, planetas, e também uma grande camada de poeira (S11.1)”. Um aspecto interessante é que para alguns alunos, todos os sistemas planetários são sistemas solares:

*S11.2 - Galáxias são um conjunto de sistemas solares, compostos por estrelas, corpos extraterrestres, radiação cósmica de fundo. (A2)*

*S11.3 - Galáxias são um grande conjunto de sistemas solares, estrelas, constelações e matéria estelar. Possuem gravidade própria e por isso, não sofrem internamente o efeito da expansão do universo (ou seja, o interior da galáxia não se afasta). (A14)*

*S11.4 - É onde se concentram outras estrelas, podendo haver vários outros sistemas solares. (A17)*

Algumas respostas se reportam ao fato de as galáxias apresentarem formas diferentes, sendo que apenas o aluno A9 citou algumas delas, sem, no entanto, definir o que é uma galáxia. Apesar de apresentar uma definição condizente para o que é uma galáxia, o Aluno A6 se confundiu quando escreveu sobre as formas delas: foice e aspirada.

*S11.5 - Galáxias são aglomerados de estrelas, planetas, corpos celestes e até buracos negros. Há vários tipos de galáxias e vários formatos. A nossa galáxia é chamada de Via Láctea, o formato dela é espiral, mas existem outras e com outros formatos. (A1)*

*S11.6 - São aglomerados de objetos celeste sujeitos a ações da gravidade em uma escala local, por isso interagem entre si. Elas possuem movimentos de rotação e formas variadas, com aspirada e formato de foice. (A6)*

*S11.7 - Galáxias são grandes aglomerados de estrelas e outros corpos celestes como planetas e asteroides. Possuem diversas formas e tamanhos, se organizando em superaglomerados que formam as estruturas do cosmos. (A8)*

*S11.8 - Galáxias são formações elípticas, circulares, ou espiraladas resultantes da formação do cosmos. Existem várias galáxias, a mais próxima da Via Láctea, onde estamos, é Andrômeda. (A9)*

*S11.9 - São aglomerados de planetas, constelações, poeira, estrelas. Elas possuem formatos diferentes, cada uma com sua característica (A11)*

*S11.10 - As galáxias são frutos do Big Bang, onde existem milhares de planetas, estrelas, sistemas, etc. Existem vários tipos de galáxias, e nós nos encontramos em um dos braços de nossa, sendo do tipo espiral. (A13)*

Os demais alunos apresentaram definições canônicas para a questão. Entre todas as respostas apresentadas, apenas duas S11.14 e S11.15 (alunos A10 e A15) reportaram a presença de buracos negros no interior das galáxias e apenas os alunos A6 e A14 (S11.6 e S11.3) afirmaram que os objetos que compõem as galáxias se mantêm unidos devido à interação gravitacional entre eles

*S11.11 - São aglomerados de estrelas, planetas, asteroides, meteoros e outros objetos. (A4)*

*S11.12 - Galáxias são aglomerados de estrelas e outros tipos de corpos. (A15)*

*S11.13 - São conjuntos de estrelas, planetas, nebulosas e poeira. (A7)*

*S11.14 - Galáxias são um conjunto de estrelas, planetas e outros corpos que constituem o universo, como por exemplo: Cometas, buracos negros. (A10)*

*S11.15 - Galáxias são estruturas comuns no universo que reúnem bilhões de estrelas, normalmente com um buraco negro no centro. (A5)*

*S11.16 - É um imenso acumulo de estrelas, gás e poeira que se mantêm unidos entre si. (A12)*

*S11.17 - Conjunto de gigantescos sistemas formados por bilhões de estrelas. (A16)*

*S11.18 - É um grande sistema gravitacional que consiste de estrelas, remanescente de estrela um meio estelar de gás e poeira que aparece isolado no espaço. (A18)*

**Pergunta 12 (7): O que é lei de Hubble? Como ela pode ser interpretada?**

No Pré-Teste, esta resposta foi respondida por apenas 4 alunos. Agora, mesmo este assunto ter sido discutido na SD, 3 alunos não responderam. Entre as respostas apresentadas pelos demais participantes, é possível verificar que a única resposta confusa foi a apresentada por A1, pois ele embute a RCFM em seus argumentos:

*S12.1 - A lei de Hubble: observando o afastamento das galáxias, verificando a velocidade de afastamento entre elas, utilizando a velocidade da luz e a radiação cósmica de fundo (que foi originada no Big Bang) Hubble conseguiu estimar a idade do universo com certa precisão. (A1)*

O mesmo pode ser dito em relação à resposta apresentada pelo aluno A9. Nela, atribui a Lei de Hubble como uma relação entre a distância e a velocidade do espectro de luz de uma galáxia. Ao observar as respostas apresentadas no grupo R12, foi possível verificar que esse tema abordado no EM, por esse motivo, entendemos que essa confusão não é preocupante, no contexto deste projeto, afinal, esse tema foi tratado em apenas duas aulas da SD. A mesma observação pode ser feita em relação à resposta apresentada por A3.

*S12.2 - A lei de Hubble é uma constante obtida pela relação entre a distância e a velocidade do espectro de luz de uma galáxia. Analisando esse espectro podemos inferir o quão distante a luz de uma galáxia está em relação a nossa e qual sua velocidade de afastamento. Hoje na ordem de 71 km/s/Mpc. (A9)*

*S12.3 - É a lei que diz que o universo está em expansão. Através da luz que ele emite, (A3)*

Uma das críticas mais contundentes ao ensino tradicional no EM é que, no caso da Física, na maioria das vezes o ensino desta disciplina baseia-se em um processo quase sempre relacionado a decorar fórmulas. Isso pode ser observado em uma das respostas encontradas. Para A2, a lei de Hubble é uma fórmula e, se a constante de Hubble e a distanciada galáxia são conhecidas, é possível calcular a velocidade:

*S12.4 - A lei de Hubble é uma equação ( $V=h \times d$ ) capaz de descrever o movimento do Universo. Ela pode ser interpretada tendo em mãos a constante de Hubble e a distância entre as galáxias, uma vez que as galáxias estando em movimento, o Universo está em expansão." A2*

As demais respostas apresentaram argumentos pautados nas atividades desenvolvidas na SD, como, por exemplo, afastamento das galáxias, lei de expansão do universo, cálculo da

idade do universo e redshift. Apesar de algumas explicações um pouco equivocadas, é possível perceber que o objetivo dessa aula foi atingido, isso é, houve uma aprendizagem por parte dos alunos após a discussão do tema na SD.

*S12.5 - A lei de Hubble mostra como os corpos no Universo estão se afastando e quanto maior a distância, maior é a velocidade de afastamento. A lei de Hubble mostra que o Universo está em constante expansão desde o momento de sua criação. (A8)*

*S12.6 - Velocidade de afastamento das galáxias em relação a Via Láctea. Como a Lei de Hubble determina o afastamento das galáxias, podemos interpretar que o universo está se expandindo. (A10)*

*S12.7 - A lei de Hubble é a velocidade com que as galáxias se distanciam, ou seja, trata-se da expansão do universo. Pode ser interpretada, como uma observação de afastamento das galáxias. (A16)*

*S12.8 - É a lei que mostra que o universo está em constante expansão e a constante de Hubble é a taxa em que o universo está se expandindo. É calculada através da variação de distâncias de outras galáxias em relação a Via Láctea. (A11)*

*S12.9 - A lei de Hubble mostra que o universo está se expandindo de modo acelerado, as coisas estão se afastando uma das outras em todas as direções. (A14)*

*S12.10 - Essa lei diz que o universo está em expansão e que é possível medir as velocidades relativas de afastamento ou de aproximação das galáxias." A18*

*S12.11 - A Lei de Hubble diz que objetos se afastam com velocidade proporcional à distância do observador, lembrando que ela é válida apenas para objetos muito distantes, em que a expansão seja mais forte que a atração gravitacional. (A5)*

A idade do universo e o redshift aparecem nas respostas a seguir. É possível observar que o termo acelerado surge pela primeira vez na resposta S12.2:

*S12.12 - A lei de Hubble nos mostra que o universo se expande de maneira acelerada, de tal modo que ao analisarmos sua constante conseguimos determinar a idade do universo. (A15)*

*S12.13 - Ela é usada para medir a idade do universo e a expansão do universo, e também para saber a velocidade de afastamento de uma galáxia. (A17)*

*S12.14 - É a lei que fala sobre a expansão contínua dos corpos celestes, o redshift. De acordo com observações feitas por Hubble ele constatou que as galáxias, estavam se afastando uma das outras e por mostrar que esse efeito era comum para todo o universo, o quanto mais distante do objeto, mais rápida é sua velocidade de afastamento. Ela mostra que tudo teve origem e movível em um único ponto (Big Bang), mostra também a dinâmica do universo e como tudo se afasta para todos os lados não podemos falar de centro do universo. (A6)*

*S12.13 - A lei de Hubble determina a velocidade de afastamento de uma galáxia. No afastamento mútuo entre fontes luminosas e observados, há diminuição das frequências percebidas pelo observador, se houver aproximação, as frequências percebidas tornam-se maiores. (A12)*

### **Pergunta 13 (8): Qual é a idade do universo? Como ela pode ser estimada?**

Anteriormente, 3 alunos não responderam a esta questão e 6 indicaram que a idade do universo era de aproximadamente 13 bilhões de anos. Agora, apenas um estudante não respondeu à questão, sendo que todos os demais apresentaram em suas respostas que a idade do universo é aproximadamente de 13,8 bilhões de anos. Dois estudantes (A3 e A4) responderam apenas a primeira parte da pergunta, isso é, não justificaram como a idade do universo pode ser estimada. A diferença entre as respostas fornecidas pelos demais estudantes está relacionada à segunda parte da pergunta. Por exemplo, umas das respostas apresentadas, pelo aluno A9, é bastante sucinta, não entrando em detalhes sobre o procedimento em si:

*S13.1 - Atualmente a idade estimada do universo é de 13,8 bilhões de anos. Ela pode ser estimada pela velocidade de afastamento de uma galáxia em relação a nossa*

A idade do universo pode ser estimada de modos diferentes. Um deles é utilizando a Lei de Hubble e o outro a partir da RCFM (utilizada pelo satélite Planck). Na SD foi trabalhada apenas a primeira. A segunda foi discutida sem nenhum enfoque mais aprofundado. Mesmo assim, dois estudantes apresentaram respostas baseado na RCFM:

*S13.2 - A idade do universo é de aproximadamente 13,8 bilhões de anos, ela pode ser estimada através da radiação cósmica de fundo em micro-ondas. (A12)*

*S13.3 - A idade do universo é cerca de 13,7 bilhões de anos. Ela pode ser estimada pela radiação cósmica de fundo em micro-ondas, a radiação remanescente após o Big Bang. (A18)*

A tarefa desenvolvida na SD consistiu em fazer o gráfico da velocidade de afastamento de algumas galáxias em função da distância delas até nós. Após isso, foi discutido o significado físico do coeficiente angular da reta (constante de Hubble) e a unidade segundo a qual normalmente ela é expressa. Desse modo, foi possível mostrar que a idade do universo pode ser estimada a partir do inverso dessa constante. Essa justificativa foi apresentada por alguns estudantes:

*S13.4 - A idade do universo é 13 bilhões de anos (aproximadamente). Ela pode ser estimada a partir da equação:  $V=H \times d$  (Lei de Hubble) e pela confecção de um gráfico velocidade por distância com o valor do coeficiente angular da reta ( $H$ ), saberíamos que, ao analisar as unidade,  $H$  é inverso ao tempo(em segundos), e assim descobriríamos a idade do universo em segundos (converte-se para anos a idade)." Foi expresso a dedução para o cálculo da idade do universo. (A2)*

*S13.5 - Aproximadamente 13,8 bilhões de anos e pode ser estimar pelo inverso da constante de Hubble. (A5)*

*S13.6 - É de aproximadamente 13,8 bilhões de anos. Essa idade pode ser estimada graças a lei de Hubble:  $V=H \times d$ ; onde  $H$  é a constante de Hubble. Essa constante é o inverso do tempo (idade em km/s/Mpc) que, ao utilizar as conversões de medidas adequadas se chega a idade do universo em anos (essa constante pode ser o coeficiente angular de uma reta velocidade distância ou pode ser encontrado a partir da substituição de valores na fórmula). Para a idade estimada a constante que é atualmente usada é 71 km/s/Mpc. (A6)*

*S13.7 - A idade do universo pode ser estimada utilizando-se a constante de Hubble. A constante é calculada utilizando o conceito de redshift e os diferentes comprimentos de onda da radiação emitida por um corpo. A idade do universo é calculada pelo inverso do valor da constante de Hubble. Depois de realizados os cálculos e transformações de unidade necessária, chega-se ao valor de 13,8 bilhões de anos aproximadamente. (A8)*

*S13.8 - É aproximadamente 13,8 bilhões de anos. Ela pode ser estimada a partir da constante de Hubble, pois a idade do Universo é 1 sobre sua constante. (A13)*

*S13.9 - Segundo os cálculos a idade do universo é de 13,8 bilhões de anos. Esta pode ser estimada analisando a constante de Hubble de tal forma que a constante é inversamente proporcional a idade do universo. Portanto a idade do universo " $t_0$ " pode ser calculada por:  $t_0=1/H$ , onde " $H$ " é a constante de Hubble. (A15)*

*S13.10 - O universo tem cerca de 13,8 bilhões de anos. Pode ser estimada através da fórmula de Hubble.  $T=1/H$ . (A16)*

Três respostas seguem esse raciocínio, mas não especificam como obter a idade do universo a partir da lei de Hubble ou, mais especificamente, da constante de Hubble.

*S13.11 - A idade do universo é de aproximadamente 13,8 bilhões de anos e é através da Lei de Hubble. (A11)*

*S13.13 - 13,8 bilhões de anos. Pode ser usada por uma fórmula que envolve a constante de Hubble. (A17)*

*S13.14 A lei de Hubble estima que o universo tenha cerca de 13,8 bilhões de anos. Onde:  $H=71$  km/s/MPC,  $t_0=13,8$  bilhões de anos - idade do universo. (A1)*

Finalmente, nas últimas questões alguns alunos utilizaram o termo redshift em suas respostas e mostram como a idade do universo pode ser determinada a partir dele:

*S13.15 - 13,8 bilhões de anos. Podemos estimar por meio de cálculos, determinado um grupo de galáxias e seu redshift. Em seguida calculamos a velocidade de recessão delas. Com a distância determinada, plotamos um gráfico da velocidade em função da distância, por um método mais simples, calculamos o coeficiente angular da reta num ponto para determinar a idade do universo. (A10)*

*S13.16 - O universo tem aproximadamente 13,8 bilhões de anos e isso pode ser calculado se analisarmos a velocidade de vários pontos do universo e observarmos o espectro de cada um. Com alteração da velocidade e distância em relação ao observador a frequência de um objeto no espaço se altera (redshift). Com os*

*valores encontrados, chegamos na constante de Hubble, que nos leva a idade do universo. (A14)*

Conforme pode ser observado, comparando as respostas das perguntas que foram utilizadas no Pré-teste e Pós-teste, é possível observar que a aplicação da SD teve um papel importante na aprendizagem dos conteúdos que nela foram trabalhados. Os textos e as atividades trabalhadas no decorrer das aulas ajudaram os alunos a apresentarem respostas com mais argumentos no Pós-teste do que no Pré-teste.

Entretanto, mesmo tendo notado que as respostas foram mais adequadas, foi possível observar que nelas ainda estão presentes algumas confusões, como, por exemplo, a forma e a constituição das galáxias e a associação da origem do universo à uma explosão. As respostas apresentadas à algumas perguntas da SD no Pré-teste mostram que os alunos tiveram pouco contato (ou nenhum) com alguns temas trabalhados nesta proposta. Mesmo nesses casos, como a RCFM, Lei de Hubble e idade do Universo, foi possível verificar que eles conseguiram assimilar esses assuntos após a aplicação da SD. Outro ponto que vale ser destacado é que o número de respostas consideradas confusas também diminuiu.

## Capítulo 4 – Atividades desenvolvidas

Neste capítulo são mostradas detalhadamente as atividades que foram realizadas ao longo da SD. Ao todo foram 8 atividades, distribuídas ao longo das aulas da SD, conforme o objetivo específico de cada aula. Tais atividades buscaram contextualizar o ensino de Astronomia, aproximando os alunos de experimentos que possibilitaram a aplicação prática do conhecimento.

### 4.1 –Espectrômetro de baixo custo

Foi construído um espectrômetro de baixo custo, tendo como referência o espectrômetro de baixo custo apresentado no vídeo Montagem de espectroscópio para câmera de smartphone<sup>16</sup>. O principal objetivo desse espectrômetro é a observação do espectro visível de fontes de luz. Através deste espectroscópio foi possível que os alunos realizassem diversas observações de espectro.

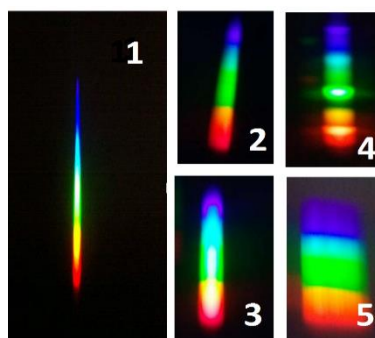


Figura 4.1 – Espectros (1-Espectro da lâmpada incandescente, 2- Espectro da vela, 3- Espectro da lâmpada de LED, 4- Espectro da lâmpada fluorescente, 5- Espectro do sol) – Fonte: Autor

Ao término da construção do espectrômetro foi possível realizar uma atividade fundamentada em uma guia didático para ensino de dualidade disponível no site da USP<sup>17</sup>. Essa atividade se baseia na construção de um espectrômetro de baixo custo pelos alunos, para que eles possam observar os espectros de determinadas fontes luminosas. Para isso foi designado que os alunos se dividissem em equipes, para realizarem esta atividade de fotografar as fontes luminosas observadas, fora do período de aula, e que eles pudessem discutir a respeito dos espectros fotografados. Levando essa discussão para aula juntamente com as fotos na forma de

<sup>16</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Iey6vG27Yqo&t=14s>. Acesso em: 10 de Novembro de 2018.

<sup>17</sup> Disponível em: <http://sites.usp.br/nupic/projeto-materiais/fisica-moderna-no-ensino-medio/material-didatico-para-ensino-de-dualidade/>. Acesso em 6 de novembro de 2018.

um relatório, foi combinado que seriam observadas 4 fontes luminosas distintas (vela, sol, lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente). O objetivo desta atividade é observar determinadas fontes luminosas e diferenciar os espectros encontrados por cada equipe. Tal atividade enriqueceu a discussão sobre espectro em sala de aula.

## 4.2 – Decomposição da luz no CD

O experimento de decomposição da luz no CD é apresentado no vídeo experimental dispersão da luz branca com CD/DVD<sup>18</sup>. O objetivo deste experimento é demonstrativo, para apresentar aos alunos a dispersão da luz branca através de um CD. Tal atividade despertou a curiosidade dos alunos quanto a questões relacionadas as cores, frequência e temperatura. Foram observadas várias fontes luminosas pelos discentes.



Figura 4.2 – Dispersão da luz no CD – Fonte: Youtube  
(<https://www.youtube.com/watch?v=SZ8OmrGJ6Gs>)

## 4.3 – Difração

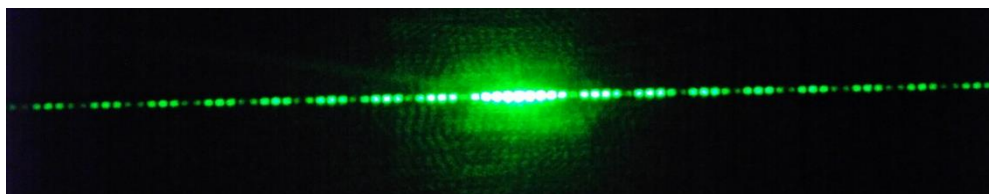


Figura 4.3 – Difração – Fonte: UFMG  
(<http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/319/6D10.10-Interferencia-em-fenda-dupla>)

O experimento de difração foi demonstrativo, com o principal objetivo de ilustrar as explicações quanto ao fenômeno de difração da luz. Tal experimento é ilustrado no vídeo a Difração da Luz<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SZ8OmrGJ6Gs>. Acesso em 10 de novembro de 2018.

<sup>19</sup> Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=mYq0\\_qCIWIE](https://www.youtube.com/watch?v=mYq0_qCIWIE). Acesso em 11 de novembro de 2018.

## 4.4 – Outros modelos de espectrômetros

O principal objetivo destes experimentos é mostrar que existe mais de uma forma de se construir um espectrômetro caseiro, para poder observar o espectro de algumas fontes luminosas no visível. No vídeo como fazer um espectrômetro a partir de uma caixa de pizza<sup>20</sup>, apresenta mais um modo de se construir um espectrômetro de baixo custo.

## 4.5 – Espectrômetro – Aspectra Mini

O principal objetivo desse experimento é demonstrativo, para que os alunos tomem conhecimento de que existem formas mais precisas de se fazer medidas relacionadas ao espectro, de forma viável, através de um aplicativo disponível online<sup>21</sup>. O “Aspectra Mini” é um aplicativo disponível na Playstore que utiliza apenas o celular, e um pequeno anteparo na



Figura 4.5.1 – Aspectra Mini – Fonte: Site(<https://www.jandrotek.de/support/aspectra-technical-concept/>)

frente da câmera, que pode ser construído artesanalmente, através deste aplicativo, quando calibrado, é possível realizar a análise de espectros, o que é muito interessante de ser trabalhado com os alunos, pois eles podem realizar a mesma atividade, mas com mais detalhes a serem observados.

No site deste aplicativo<sup>22</sup> está disponível para compra o acessório que se encontra na Figura 4.5.2, mas também está disponível o projeto deste espectrômetro que pode ser facilmente adaptado e impresso em uma impressora 3D, como foi realizado por nossa equipe. Com alguns ajustes este anteparo foi construído e regulado, de acordo com as instruções no site. Através da

<sup>20</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DddbWGUA7jw>. Acesso em 11 de novembro de 2018.

<sup>21</sup> Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=de.jandrotek.android.aspectra.mini&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=de.jandrotek.android.aspectra.mini&hl=pt_BR). Acesso em 11 de novembro de 2018.

<sup>22</sup> Disponível em: <https://www.jandrotek.de/support/aspectra-technical-concept/>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

calibragem do aplicativo com LEDs, foi possível realizar algumas medições pelos alunos. No site deste aplicativo se encontra detalhado a explicação de cada parte do anteparo, e do funcionamento do aplicativo. Este aplicativo mede intensidade por pixels e faz a conversão para comprimento de onda a partir da calibração.

## 4.6 – Rádio de galena

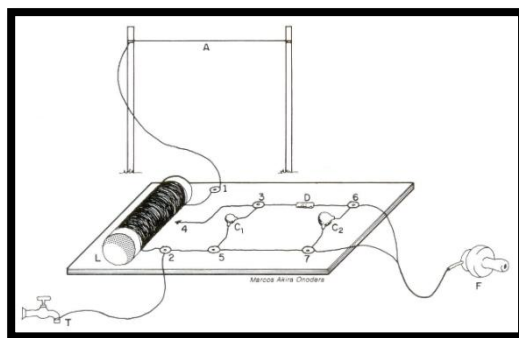


Figura 4.6 – Rádio de Galena – Fonte: <http://blog.novaeletronica.com.br/radio-galena-o-inicio-da-era-dos-semicondutores/>

O experimento do rádio de galena é detalhadamente descrito no vídeo como fazer um rádio de galena<sup>23</sup>. O objetivo deste experimento é demonstrativo, para ilustrar a questão relacionada à propagação das ondas eletromagnéticas, o que desperta inúmeras questões entre os alunos, despertando a curiosidade dos alunos para a aula. O rádio construído é idêntico ao rádio do vídeo, seu esquema ilustrativo é apresentado na Figura 4.6, mas em vez de utilizar o fone de ouvido na saída de som utilizamos uma caixinha de som amplificado.

## 4.7 – Expansão do universo com imagens

Foram construídas duas imagens artísticas por nossa equipe, imagens ilustrando as galáxias no universo, sendo imagens de um mesmo local, mas em épocas muito distantes, o que faz com que as imagens não sejam iguais, tais imagens são apresentadas na Figura 4.7.1 e na Figura 4.7.2.

A folha A foi impressa em folha transparente e a folha B foi impressa em papel sulfite, sendo possível sobrepor as folhas. Tais figuras foram entregue aos alunos para que eles tirassem suas próprias conclusões. Essa atividade foi bastante instigante para os alunos, havendo uma grande discussão, onde o professor foi o mediador da atividade, guiando a discussão, onde os alunos chegaram a algumas conclusões. A primeira delas é de que o universo está em expansão,

<sup>23</sup> Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u\\_jCwCro](https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u_jCwCro). Acesso em 12 de novembro de 2018.

e a segunda foi de que não há um centro no universo, devido à expansão, é uma questão de referencial.

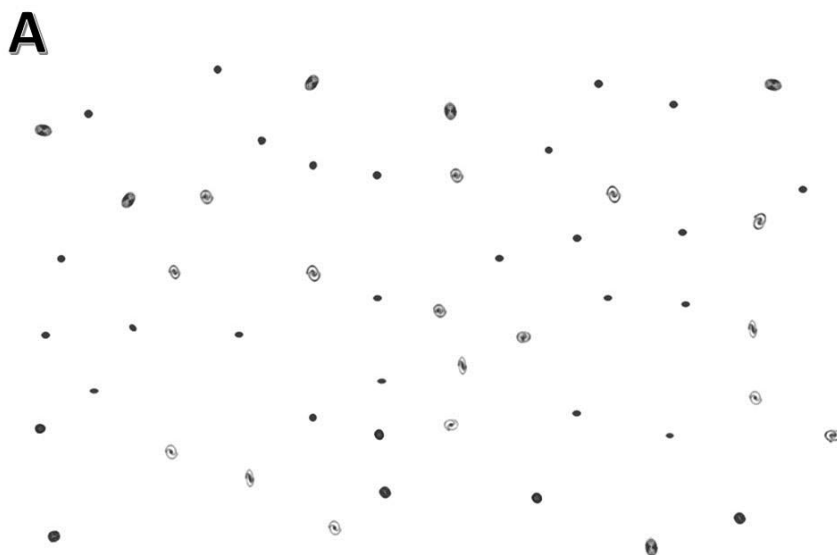


Figura 4.7.1 - Expansão do universo A – Fonte: Autor

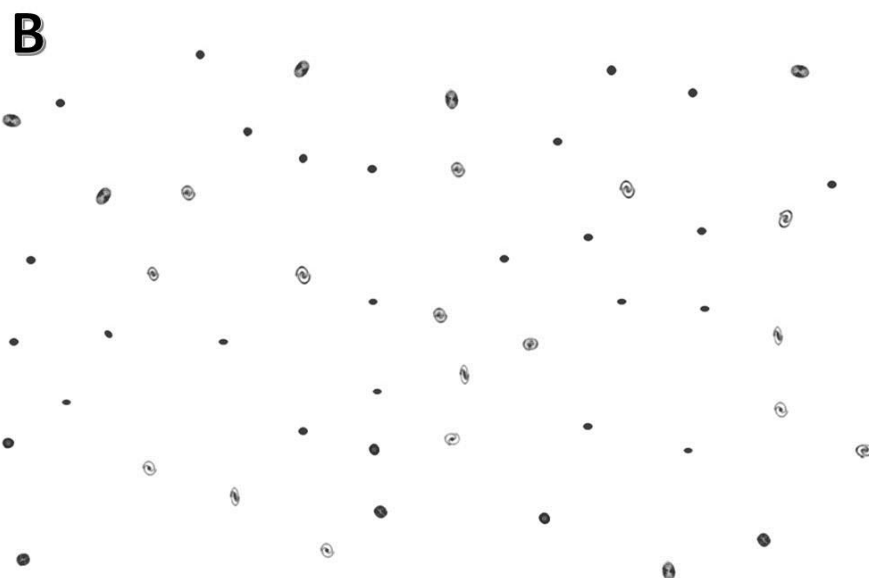


Figura 4.7.2 - Expansão do universo B – Fonte: Autor

## 4.8 – Idade do Universo

A última atividade desenvolvida na SD foi o cálculo da idade do universo, que foi realizada nas últimas aulas. Esta atividade teve objetivo de os alunos realizarem a aplicação

direta da Lei de Hubble. Ao discutir a Lei de Hubble, um dos principais e mais fascinantes conceitos de Astronomia, foi utilizado um exercício do IAG da USP<sup>24</sup>, para poder a partir do cálculo do redshift de algumas galáxias calcular a constante de Hubble, e posteriormente a idade do universo. Essas atividades foram desenvolvidas em sala de aula, trabalhando-se em equipes, gerando uma discussão entre os estudantes, para determinar qual seria a melhor maneira de se chegar até os resultados, e acima de tudo interpretar qual o significado físico disso.

---

<sup>24</sup> AMÔRES e ALEMAN. Disponível em: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/hubble.pdf>. Acesso em 2 de setembro de 2018.

## Capítulo 5 – A Sequência Didática

Neste capítulo é apresentada a SD em seus mínimos detalhes, relatando a construção e aplicação da mesma, o processo de construção dos experimentos utilizados ao longo das aulas. O objetivo do detalhamento de cada etapa é facilitar a reprodução desta SD em sala de aula pelos professores. Está SD só faz sentido se essas aulas forem executadas nessa sequência, e se forem aplicadas juntas, não havendo quebra desta sequência. As figuras deste capítulo foram nomeadas com a letra E seguida do seu respectivo número.

**Observação:** As imagens utilizadas nos slides estão disponíveis no google imagens. Este trabalho não tem nenhum objetivo de gerar renda ou lucrar sobre este produto educacional.

### A Sequência Didática

#### Aula 1 e 2

#### O Modelo do Big Bang

##### **Conteúdo:**

- Modelo cosmológico do Big Bang

##### **Objetivos Específicos:**

- Aplicar o Pré-teste
- Apresentar a questão geradora da SD aos alunos
- Apresentar o modelo cosmológico do Big Bang

##### **Recursos Instrucionais:**

- Pincel
- Lousa
- Slides

**Dinâmica da Aula:** Aula expositiva e discussões.

**Descrição da aplicação aula:** As primeiras aulas foram dedicadas exclusivamente a apresentação da situação problema que move nossa SD, que de acordo com Miquelante (2017) é denominada a primeira etapa da SD. Para iniciar a aula o professor apresentou a seguinte

história, de um menino muito curioso, chamado João, que em um certo dia ao observar o céu noturno em boas condições climáticas, se deparou com uma imensidão acima de sua cabeça, e começou a refletir sobre determinadas perguntas, e a principal delas que o deixa inquieto é “Como tudo surgiu?”. Com o intuito de resolver tal problemática este menino pediu ajuda para os alunos da turma de Introdução à Astronomia, para tentarem a ajuda-lo ele a compreender melhor esta questão. Essa é a questão principal que motiva o desenvolvimento desta SD. Após a apresentação aos alunos, solicitou se que eles preenchessem o Pré-teste (Anexo A) e o termo de livre esclarecimento (TLE-disponível no anexo C). Após essa atividade deu-se início à SD com uma breve introdução ao tema BB, que é o modelo cosmológico mais bem aceito pelos cientistas, ela é baseada em dados observacionais que solidificam sua aceitação. Foram apresentados alguns pilares que sustentam esse modelo, mas nesse caso específico deu se preferência aos dois pilares principais, que são a RCFM e a expansão do universo, que foram temas das aulas seguintes. Uma questão importante abordada nessa aula foi a discussão de que não podemos tratar o BB como uma explosão, pois a partir de um instante inicial, foi criado o espaço e o tempo, logo como o espaço surgiu neste instante, não podemos considerar este evento uma explosão, pois não havia espaço para que o fluido se expandisse, como a principal característica da explosão é a expansão de um fluido, não podemos considerar o BB uma explosão.

**Atividade para próxima aula:** Cada aluno deverá entregar um resumo de até uma página referente a três leituras disponibilizadas em um ambiente virtual. Os textos foram os seguintes:

Anexo Big Bang Brasil<sup>25</sup>

O Big Bang: a origem do Universo<sup>26</sup>

A Cosmologia<sup>27</sup>

Disponibilizou-se também o vídeo ABC da Astronomia Big Bang<sup>28</sup>

**Tutorial da aula:** Este é o primeiro bloco de aulas desta SD. A primeira aula é dedicada justamente a problematização inicial que moverá toda a SD, que será apresentada aos alunos. Está SD tem como tema: "Qual a origem de tudo?". É importante destacar que deve haver o

---

<sup>25</sup> HENRIQUE. Disponível em: [https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011\\_TCO1.pdf](https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011_TCO1.pdf). Acesso em 4 de Julho de 2018.

<sup>26</sup> BERTOLAMI. Disponível em: [http://web.ist.utl.pt/orfeu.bertolami/BigBang\\_2014.pdf](http://web.ist.utl.pt/orfeu.bertolami/BigBang_2014.pdf). Acesso em 6 de Julho de 2018.

<sup>27</sup> ROSENFELD. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/cosmologia.pdf>. Acesso em 5 de Julho de 2018.

<sup>28</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CH24yfMrA94&index=3&list=PL786495B96AB0CC3C>. Acesso em 5 de Julho de 2018.

preparo prévio do docente para desenvolver essa SD, pois ela exige o domínio conceitual das temáticas envolvidas, que estão descritas ao longo deste anexo. Em específico foi aplicado o Pré-teste na primeira aula e um Pós-teste na última aula, com o intuito específico de realizar uma análise da aplicação desta SD. É um processo que é indicado para se analisar o desenvolvimento dos alunos ao longo deste processo. As atividades diagnósticas desenvolvidas ao longo do primeiro e segundo bloco de aulas constitui a segunda fase da SD que é justamente a produção inicial realizada pelos alunos, que pode ser realizada através de atividades escritas dentre outras, para que o professor fique ciente dos conceitos prévios dos alunos, pois o professor pode trabalhar em cima destes conceitos, podendo haver uma caminho mais favorável para se desenvolver a SD, visto que a SD não é um processo "engessado", o professor tem liberdade para fazer ajustes ao longo do processo, de acordo com seus objetivos. Como este é o primeiro contato com os alunos, é sugestivo que dar certa liberdade, deixando os alunos mais à vontade para poderem se expressar com relação às questões apresentadas, o professor deve ser um mediador de questões entre os alunos. Nos slides disponibilizados, verifica-se a figura de um personagem chamado João, que levantará uma série de questões com relação à problemática.

#### Slides da aula:

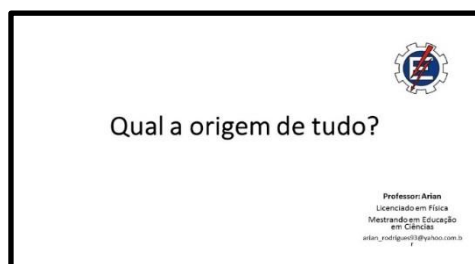


Figura E1 - Slide 1 - Bloco de aula 1



Figura E2 - Slide 2 - Bloco de aula 1



Figura E3 - Slide 3 - Bloco de aula 1

## Qual a origem de tudo?

- Como tudo surgiu?
- De onde viemos?
- Para onde vamos?



Figura E4 - Slide 4 - Bloco de aula 1

Nós não somos diferentes de João, em algum momento de nossas vidas nos deparamos com essas perguntas. Seja na escola, em uma conversa com os amigos, no trabalho, ou até mesmo em uma mesa de bar. Questões desse cunho são levantadas desde os tempos antigos, dos registros mais antigos que temos, podemos nos referir aos gregos.

Figura E5 - Slide 5 - Bloco de aula 1

João inquieto com tais perguntas pediu ajuda aos alunos de Introdução a Astronomia da Universidade Federal de Itajubá, para ajudarem ele a descobrir: Qual a origem de tudo? Será que seremos capazes de responder a João até o final desta disciplina qual foi a origem de tudo? Como um instigador de dúvidas, irei proporcionar a vocês uma breve “viagem” ao longo das próximas aulas para tentar encontrar algumas respostas as questões do nosso querido amigo João.

Figura E6 - Slide 6 - Bloco de aula 1

## Atividades

- Coloque seu nome, lembre-se, que você está sendo avaliado principalmente pela participação, então escreva da maneira que achar mais confortável, não deixe de realizar as atividades, não tenha medo de expor suas ideias, pois seu nome não será divulgado.
- Responda com letra legível.
- Não economize palavras, escreva tudo o que pensa sobre.



Figura E7 - Slide 7 - Bloco de aula 1

## Questões que motivam paradas ao longo da jornada:



Figura E8 - Slide 8 - Bloco de aula 1



- O Universo se expande?
- O Universo possui um centro?
- Como tudo surgiu?
- Quando tudo começou?
- O que é o Big Bang?

Figura E9 - Slide 9 - Bloco de aula 1

## BIG BANG

- O Big-Bang é um dos modelos mais bem aceitos pelos estudiosos para explicar o universo em que vivemos. Existem outros modelos cosmológicos, mas que acabaram sendo deixados de lado pelos cientistas, pois o modelo do Big Bang possui fortes indícios com relação a comprovações, dentre esses indícios vamos citar alguns pilares desta teoria que valem apenas serem discutidos neste momento.

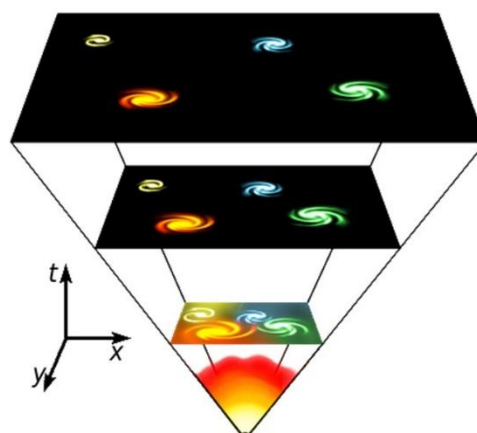
Figura E10 - Slide 10 - Bloco de aula 1

## Curiosidade

- Nós chamamos de *Big Bang* ao evento inicial que deu origem ao Universo, iniciando sua expansão. Esse nome foi proposto em 1950 por Fred Hoyle, que era adepto do modelo estacionário para o universo, e pretendia com esse nome desmoralizar o modelo evolucionário.



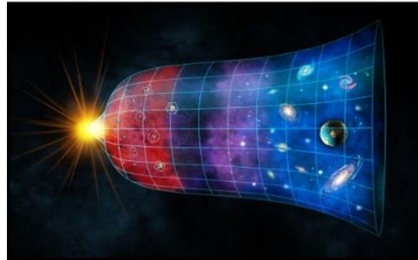
Figura E11- Slide 11 - Bloco de aula 1



- A teoria do Big Bang parte do pressuposto de que a matéria estava toda concentrada em um único ponto, um grão primordial de densidade infinita. A partir de uma perturbação de motivos desconhecidos esse grão teria expandido e expandido dando origem ao espaço e ao tempo como os conhecemos.

Figura E12- Slide 12 - Bloco de aula 1

## Concepção artística da formação do Universo



Fonte: Mundo Educação

Figura E13- Slide 13 - Bloco de aula 1

## Histórico

- A teoria foi elaborada pelo padre e cosmólogo George Lemaître, que, partindo das equações de campo de Einstein, derivou as equações de Friedmann, que regem a expansão métrica do espaço, e propôs que os desvios espectrais das nebulosas eram devidos à expansão do universo. Logo, em algum momento a matéria deveria estar toda concentrada.
- A comprovação observacional veio em 1929, 2 anos depois, com Hubble que observou o “redshift” das galáxias distantes, que comprovavam que as galáxias estavam se afastando e que, quanto mais distantes, mais elas se afastavam.

Figura E14- Slide 14 - Bloco de aula 1

## Compreensão Física

- A expansão do universo tem como consequência a redução da temperatura e da densidade média do mesmo.
- A compreensão dessa expansão é meio complexa, pois a teoria parte da ideia que tempo e espaço foram criados juntos.

Figura E15 - Slide 15 - Bloco de aula 1

## BIG BANG

- O Big-Bang possui alguns pilares, como a Radiação Cósmica de Fundo em Micro Ondas(RCFM), a expansão do universo, a nucleossíntese, a aceleração da expansão do universo.
- Nos iremos atentar de modo específico a dois dos pilares principais. A RCFM e a expansão do universo.

Figura E16 - Slide 16 - Bloco de aula 1

## Temas de nosso estudo

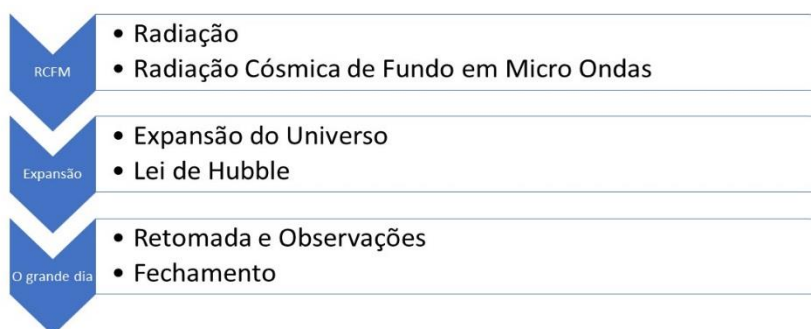


Figura E17 - Slide 17 - Bloco de aula 1

## Atividade para a próxima aula

- Entregar o fichamento do seguintes itens:
  - Leituras complementares.
  - Vídeos.



Figura E18 - Slide 18 - Bloco de aula 1

### **Aula 3 e 4**

#### **A Radiação Eletromagnética**

##### **Conteúdo:**

- Ondas eletromagnéticas
- Espectro eletromagnético

##### **Objetivos Específicos:**

- Construir um espectrômetro
- Retomar os conceitos do modelo cosmológico do BB
- Retomar conceitos básicos de ondulatória
- Expor os conceitos de radiação eletromagnética, espectro, polarização

##### **Recursos Instrucionais:**

- Pincel
- Lousa
- Slides
- Atividade experimental

##### **Experimento de baixo custo:** 1 - Espectrômetro

2 - Decomposição da luz no CD

3 - Difração

4 - Outros modelos de espectrômetros

##### **Objetivo dos experimentos:** 1- Observação do espectro visível de fontes de luz

2 - Demonstrativo

3 - Demonstrativo

4 - Observação do espectro visível de fontes de luz

##### **Tutorial de construção do experimento:** 1 - Montagem de espectroscópio para câmera de smartphone<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Iey6vG27Yqo&t=14s>. Acesso em 20 de agosto 2018.

2 - Vídeo Experimental Dispersão da Luz Branca com CD/DVD<sup>30</sup>

3 - Difração da Luz/Experimentos Práticos<sup>31</sup>

4 - Como fazer um Espectrofotômetro a partir de uma caixa de Pizza<sup>32</sup>

**Dinâmica da Aula:** Aula expositiva e discussões.

**Descrição da aplicação aula:** De acordo com Miquelante (2017) essa é caracterizada como a segunda etapa da SD, os alunos se dividirão em pequenos grupos, para a realizar a atividade. Distribuiu-se o modelo de espectrômetro caseiro para que cada equipe pudesse confeccionar um, seguindo o modelo sugerido pelo vídeo: "Montagem de espectrômetro para câmera de smartphone", que pode ser encontrado no youtube<sup>33</sup>. Esse espectrômetro foi utilizado para uma atividade para casa, onde os alunos deverão observar o espectro de várias fontes de luz, para responderem algumas perguntas. Ao término da construção do espectrômetro por cada equipe, auxiliada pelo professor se dará início a aula. Deu-se início a aula retomando o assunto principal da última aula, que foi justamente a pergunta principal feita pelo menino João: "Qual a origem de tudo?", lembrando assim o modelo cosmológico do BB discutido durante a primeira aula, e para dar-se início a discussão da RCFM, o primeiro pilar de destaque em nossa sequência de aulas, será apresentado uma bela imagem do céu noturno aos alunos, junto com mais uma curiosa pergunta de João: "Será que somos capazes de enxergar tudo que está em nosso campo de visão?". Através de tal pergunta, foi retomado o tópico ondas para dar-se início à discussão do significado de onda eletromagnética, radiação e espectro. Para ilustrar o conceito de uma partícula carregada oscilando gerando campo magnético, foi utilizado um simulador de ondas de rádio<sup>34</sup>. Através dele foram discutidos princípios de formação e propagação de uma onda eletromagnética. No decorrer da aula discutiu-se os princípios básicos de radiação e espectro, ao término da aula, deverá ser discutido o funcionamento do espectrômetro construído, para poder realizar a atividade para a próxima aula. A atividade consiste em observar o espectro de fontes de luz como o sol, lâmpadas e vela, para discutir a formação do espectro, levando em consideração a seguinte pergunta: "Será que o espectro das luzes brancas são iguais?"

<sup>30</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SZ8OmrGJ6Gs>. Acesso em 19 de agosto de 2018.

<sup>31</sup> Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=mYq0\\_qCIWIE](https://www.youtube.com/watch?v=mYq0_qCIWIE). Acesso em 19 de agosto de 2018.

<sup>32</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DddbWgUA7jw>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

<sup>33</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Iey6vG27Yqo&t=14s>. Acesso em 20 de agosto 2018.

<sup>34</sup> Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/radio-waves>. Acesso em 01 de setembro de 2018.

**Atividade para a próxima aula:** A atividade consiste na observação do espectro das seguintes fontes luminosas: 1- O Sol (não olhe diretamente, utilize a câmera para fazer isso), 2 - Vela, 3 - Lâmpada incandescente, 4 - Lâmpada fluorescente, 5 - Lâmpada de Led. O espectro foi fotografado através da câmera do celular utilizando-se o espectrômetro. A atividade foi realizada em equipe, cada equipe confeccionou um relatório com as fotografias e com a descrição do espectro encontrado, relatando a fonte luminosa utilizada em cada foto.

**Tutorial da aula:** Nesta aula o professor deve já ter feito anteriormente o espectrômetro de papelão descrito no vídeo indicado. É importante que o professor tenha o domínio da construção deste, pois ele deve instruir os alunos na construção, deverá ser providenciado o material para a construção dos mesmos, para que a aula comece com a divisão de equipes e construção do espectrômetro, o professor será o grande articulador desta construção, deve se tomar cuidado se for utilizando algum material cortante na confecção destes. É favorável haver conversas paralelas nessa atividade, o docente deve estar atento ao relógio, pois esta atividade toma uma boa parte da aula. As principais instruções para a construção do espectrômetro devem ser apresentadas aos alunos, pois se não terminarem essa atividade em sala de aula, eles devem terminar tal atividade em casa. Logo após esta atividade, o professor deve informar que esse espectrômetro será utilizado por eles para realizar uma atividade para casa em breve. Dando início a aula o professor deve estar atento as questões a serem levantadas, pois o professor deve ser o principal instigador de dúvidas aos alunos para que as aulas se desenvolvam da melhor forma possível. Na utilização do simulador de ondas de rádio deve haver o preparo prévio de um computador, que fique disponível em sala de aula, para que o docente possa apresentar tal simulador aos alunos, demonstrando algumas de suas funções, para que os alunos possam interagir com ele em casa. A atividade para a próxima aula é justamente terminar a construção do espectrômetro e começar a confecção do relatório, que consiste em fotografar os espectros de uma lista de fontes luminosas apresentada no exercício, através do espectrômetro construído. O relatório deve conter as fotos, referências, metodologia, e a discussão física para cada espectro fotografado. Nessa mesma aula foi apresentado aos alunos alguns experimentos de baixo custo, o primeiro deles foi a decomposição da luz em um CD, incidindo luz de algumas fontes luminosas sobre a superfície do CD, o segundo experimento foi trabalhar o conceito de difração, onde foi utilizado uma rede de difração e um laser, para demonstrar para os alunos a difração, e o terceiro experimento foi um conjunto de espectrômetros caseiros de baixo custo, construídos com canos e caixas, que podem ser encontrados no youtube, mas foi apenas

ilustrativo, pois o espectrômetro principal que será focado neste trabalho é o construído no começo da aula, devido à importância dele para concretização da atividade proposta.

### Slides da aula:

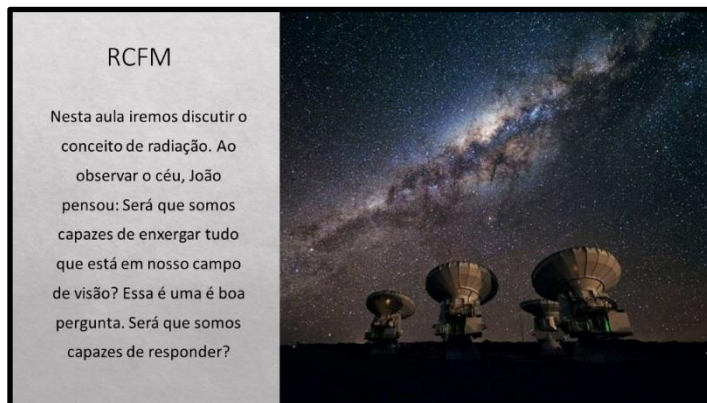


Figura E19 - Slide 1 - Bloco

### Ondulatória

- **Ondas Mecânicas:** são ondas que necessitam de um meio material para se propagar, ou seja, sua propagação envolve o transporte de energia cinética e potencial e depende da elasticidade do meio. Por isto não é capaz de propagar-se no vácuo. Alguns exemplos são os que acontecem em molas e cordas, sons e em superfícies de líquidos.
- **Ondas Eletromagnéticas:** são ondas geradas por cargas elétricas oscilantes e sua propagação não depende do meio em que se encontram, podendo propagar-se no vácuo e em determinados meios materiais. Alguns exemplos são as ondas de rádio, de radar, os raios x e as micro-ondas.

Figura E20 - Slide 2 - Bloco de aula 2

### Ondulatória

- **Unidimensionais:** que se propagam em apenas uma direção, como as ondas em cordas e molas esticadas;



- **Bidimensionais:** são aquelas que se propagam por uma superfície, como as água em um lago quando se joga uma pedra;



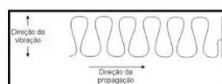
- **Tridimensionais:** são capazes de se propagar em todas as dimensões.



Figura E21 - Slide 3 - Bloco de aula 2

### Ondulatória

- Quanto à direção da vibração as ondas podem ser classificadas como:
- **Transversais:** são as que são causadas por vibrações perpendiculares à propagação da onda, como, por exemplo, em uma corda.



**Longitudinais:** são ondas causadas por vibrações com mesma direção da propagação, como as ondas sonoras.

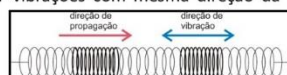


Figura E 22 - Slide 4 - Bloco de aula 2

## Parâmetros importantes no estudo das ondas

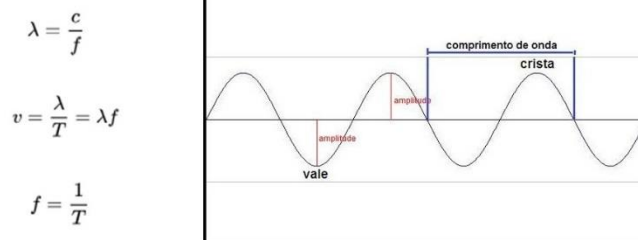


Figura E 23 - Slide 5 - Bloco de aula 2

## Radiação

- A OEM está relacionada às oscilação de partículas carregada. Essas oscilações geram um campo magnético oscilante, que por sua vez, gera um campo elétrico oscilante perpendicular ao campo magnético, e a variação de fluxo de campo elétrico volta a gerar um campo magnético. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

Figura E 24 - Slide 6 - Bloco de aula 2

## A OEM é uma onda transversal

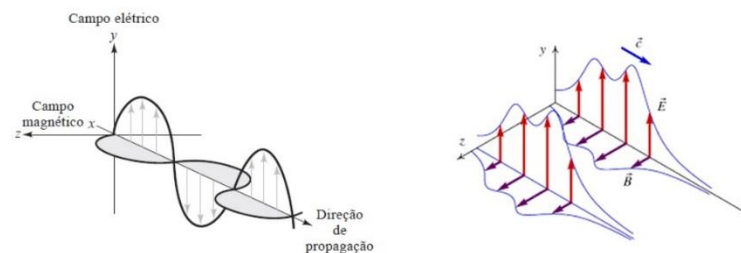


Figura E25 - Slide 7 - Bloco de aula 2

## A ONDE ELETROMAGNÉTICA

- Intensidade
- Espectro
- Polarização

Figura E26 - Slide 8 - Bloco de aula 2

## Simulador PHET

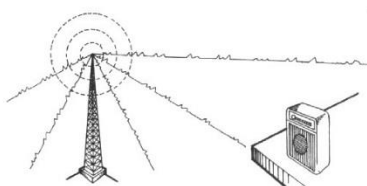


Figura E27 - Slide 9 - Bloco de aula 2

## Espectro

A intensidade da eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de "espectro eletromagnético".

Este apresenta subdivisões de acordo com as características de cada região. Cada subdivisão é função do tipo de processo físico que dá origem a energia eletromagnética, do tipo de interação que ocorre entre a radiação e o objeto sobre o qual esta incide e da transparência da atmosfera em relação à radiação eletromagnética.

**Quase toda informação sobre as propriedades físicas das estrelas são obtidas direta ou indiretamente de seus espectros, principalmente suas temperaturas, densidades e composições.**

Figura 28 - Slide 10 - Bloco de aula 2

# Espectro

- Agrupamentos de onda em função do comprimento de onda.

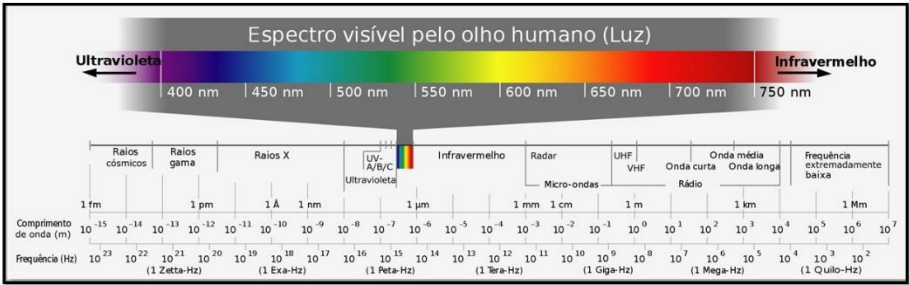


Figura E29 - Slide 11 - Bloco de aula 2

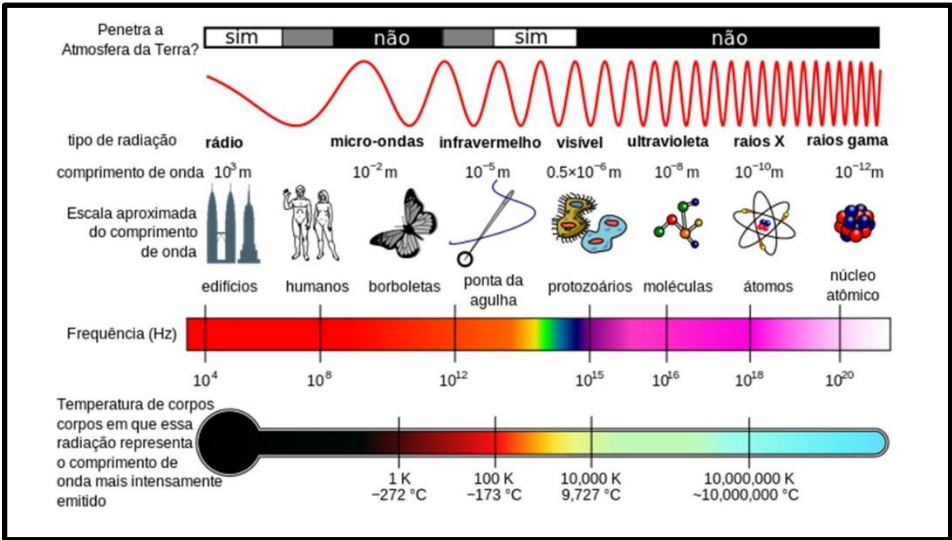


Figura E30 - Slide 12 - Bloco de aula 2

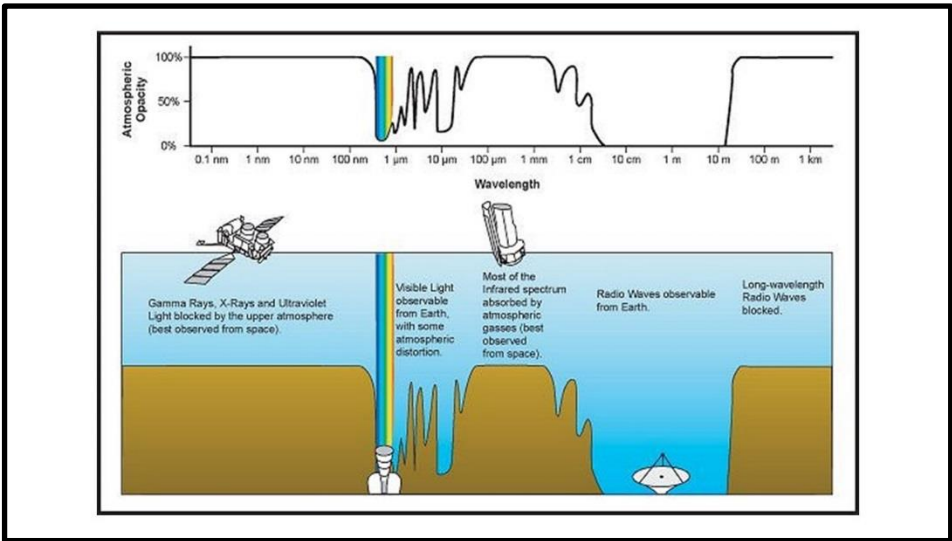


Figura E31 - Slide 13 - Bloco de aula 2

## Polarização

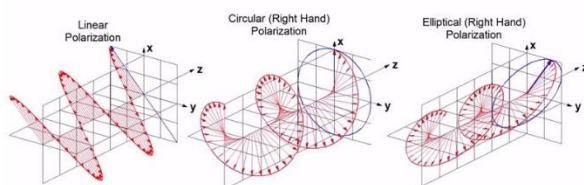


Figura E32 - Slide 14 - Bloco de aula 2

**Difração:** Difração é o nome genérico dado aos fenômenos associados a desvios da propagação da luz em relação ao previsto pela óptica geométrica.

*Os efeitos de difração são apreciáveis quando os obstáculos ou aberturas são de dimensões comparáveis ao comprimento de onda*

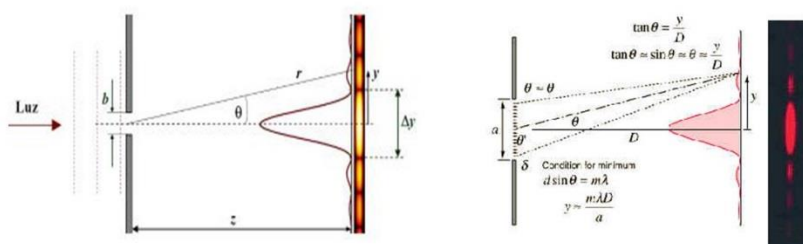


Figura E33 - Slide 15 - Bloco de aula 2

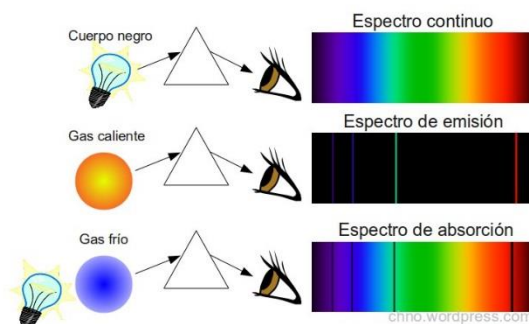


Figura E34 - Slide 16 - Bloco de aula 2

Estrelas emitem um espectro contínuo com linhas de absorção.

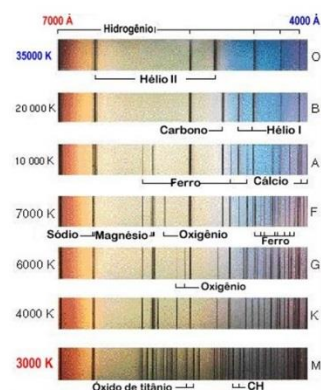


Figura E35 - Slide 17 - Bloco de aula 2

#### Espectro contínuo:

- é o espectro de corpo negro, ou espectro térmico
- depende apenas da temperatura da fonte

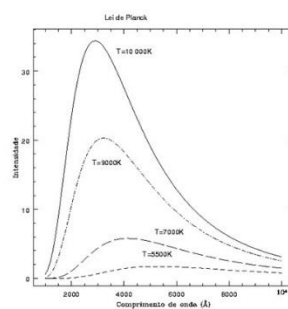


Figura E36 - Slide 18 - Bloco de aula 2

## Experimentos

- Os experimentos demonstrados a seguir tem o caráter de ilustrar a difração, mostrando a decomposição do espectro visível.



1. Decomposição da luz no CD
2. Difração
3. Espectrômetros de baixo custo

Figura E37 - Slide 19 - Bloco de aula 2

### Espectro de linhas: como se formam as linhas espectrais?

Níveis de energia do átomo:

- o elétron ganha ou perde energia "saltando" de um nível para outro de maior ou menor energia
- quando o elétron absorve luz ( saltando para um nível de maior energia) ele produz uma linha de absorção
- quando o elétron emite luz (saltando para um nível de menor energia) ele produz uma linha de emissão

Figura E38 - Slide 20 - Bloco de aula 2

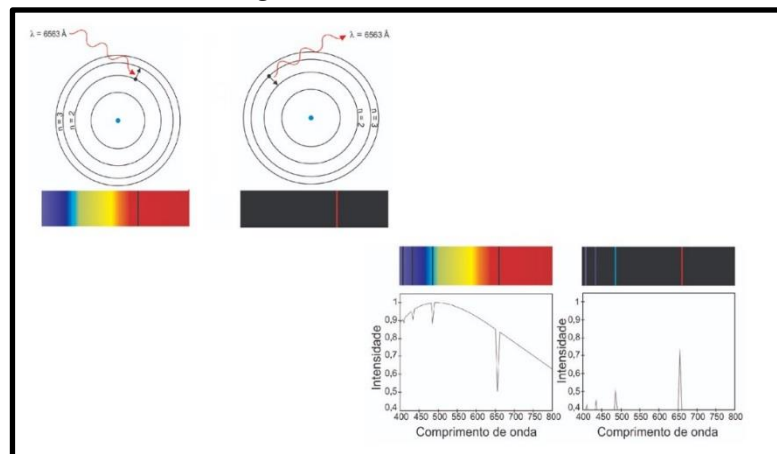


Figura E39 - Slide 21 - Bloco de aula 2

### Espectrômetro

- Sua estrutura basicamente se resume a existência de uma rede de difração e um captador. A rede faz com que a luz incidente sobre a abertura do espectrômetro se divida em feixes de onda aproximadamente monocromáticos (quanto maior a qualidade da rede de difração melhor a aproximação para "monocromático"). Já esses feixes incidem sobre os captadores que são sensores fotovoltaicos. Deste modo, temos uma leitura da intensidade luminosa de cada comprimento de onda que existe na composição de nosso feixe incidente. Com isso podemos caracterizar uma série de materiais quanto à sua absorção luminosa, fluorescência, transmissão entre outros.

Figura E40 - Slide 22 - Bloco de aula 2



Figura E41 - Slide 23 - Bloco de aula 2

## Aula 5 e 6

### O Espectro Eletromagnético

#### Conteúdo:

- Espectro Eletromagnético
- Temperatura, cor e frequência
- Corpo Negro
- RCFM

#### Objetivos Específicos:

- Retomar a atividade para casa com o espectrômetro
- Relembrar os conceitos de espectro eletromagnético
- Realizar atividades demonstrativas de ótica sobre o espectro
- Discutir sobre cor, temperatura, frequência e comprimento de onda
- Apresentar o conceito de corpo negro

#### Recursos Instrucionais:

- Pincel
- Lousa
- Slides
- Atividade experimental

**Dinâmica da Aula:** Aula expositiva e discussões.

**Experimento de baixo custo:** Espectrômetro - Aspectra Mini

**Objetivo do experimento:** Observação do espectro visível de fontes de luz

**Tutorial de construção do experimento:** Playstore<sup>35</sup>

**Descrição da aplicação aula:** A aula começou com uma breve introdução à ótica. O objetivo dessa discussão é utilizar a atividade com espectrômetro para introduzir a discussão sobre

---

<sup>35</sup> Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=de.jandrotek.android.aspectra.mini&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=de.jandrotek.android.aspectra.mini&hl=pt_BR). Acesso em 11 de setembro de 2018.

espectro. Nessa aula apresentou-se aos alunos o aplicativo que permite análise de espectros no celular, o “Aspectra Mini” que utiliza apenas o celular, e um pequeno anteparo na frente da câmera, que pode ser construído artesanalmente, ele pode ser encontrado na playstore<sup>36</sup>. Através deste aplicativo, quando calibrado, é possível realizar a análise de alguns espectros, o que é muito interessante de ser trabalhado com os alunos, pois eles podem realizar a mesma atividade, mas com mais detalhes a serem observados. Prosseguiu-se com a discussão sobre espectro, discutindo-se os tipos de espectros, linhas de absorção, e a relação entre comprimento de onda, cor, temperatura e frequência. A partir deste ponto, será favorável dar início a uma nova discussão, sobre o que é o corpo negro, que é um assunto muito importante para entender melhor o que é a RCFM. Foram utilizadas imagens e experimentos do espectro visível para discutir o conceito físico de corpo negro. Ao término da discussão sobre corpo negro. Foram apresentados exemplos de corpos que possuem espectros parecidos com o de um corpo negro, e o que mais se aproxima de um espectro de corpo negro na natureza é o espectro da RCFM, fechando a aula com a retomada do BB até a RCFM, que é o assunto da próxima aula.

**Atividade para a próxima aula:** Análise da última atividade para ser entregue na forma de um relatório com imagens dos espectros observados.

**Tutorial da aula:** Nesta aula o professor deve iniciar a aula retomando os principais conceitos discutidos na última aula, para poder então, começar a discussão sobre os espectros fotografados pelos alunos, comparando as principais semelhanças e diferenças entre as fotos dos espectros das diferentes equipes para cada fonte luminosa. A ideia é que este momento seja de uma discussão muito rica entre os alunos, onde eles usem os conceitos apresentados na aula anterior para promover a discussão. Será apresentado aos alunos o programa “Aspectra Mini”, e como ele pode ser utilizado para realizar esta mesma atividade. Este aplicativo em conjunto com um apetrecho para celulares é um espectrômetro, que ao ser calibrado com luzes de LED, (apetrecho que está disponível para compra no site, mas ele pode ser construído na impressora 3D), projeto disponível no site<sup>37</sup>, com a montagem e estrutura desse equipamento, para que ele possa ser reproduzido pelas pessoas. Em específico utilizamos a impressora 3D para imprimirmos um desse, e colocamos as lentes e redes de difração necessárias para ele funcionar, e utilizamos em conjunto no smartphone, mostramos para os alunos qual o procedimento

---

<sup>36</sup> Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=de.jandrotek.android.aspectra.mini&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=de.jandrotek.android.aspectra.mini&hl=pt_BR). Acesso em 11 de setembro de 2018.

<sup>37</sup> Disponível em: <https://www.jandrotek.de/android-apps/aspectra/>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

deveria ser utilizado para a construção e utilização, essas informações estão disponíveis no site do desenvolvedor do projeto. Com isso os alunos poderiam reproduzir a mesma atividade só que com uma precisão maior, inclusive medindo os espectros, com a precisão de um espectrômetro, o aplicativo mede intensidade por pixels e faz a conversão para comprimento de onda a partir da calibração. A seguir o professor deve estar preparado para dar continuidade a aula, prosseguindo com a SD.

### Slides da aula:



Figura E42 - Slide 1 - Bloco de aula 3



- Aviso importante: a dimensão do eixo X está em pixels.
- O gráfico do espectro, mostrado na área de plotagem do aplicativo, mostra a intensidade da luz como a função do índice do pixel da câmera.
- Para obter os resultados da plotagem como a função de  $\lambda$  (comprimento de onda de luz), todo o sistema precisa ser calibrado.
- Calibração significa a atribuição, relação entre  $\lambda$  de onda de luz e índice de pixel.
- Na fase de calibração, os LEDs coloridos serão colocados próximos à entrada do espectrôscópio.
- No dispositivo Android, a barra de cores pode ser movida e esticada abaixo da área de plotagem.
- A barra de cores conterá os marcadores  $\lambda$  para cada LED.

Figura E43 - Slide 2 - Bloco de aula 3

### Funcionamento

- A parte principal, o coração do espectrôscópio é o elemento refrator. Pode ser um prisma ou uma grade de difração. Seu papel é dividir o feixe de luz entrando em um espectro; os raios variam de azul para verde para vermelho.

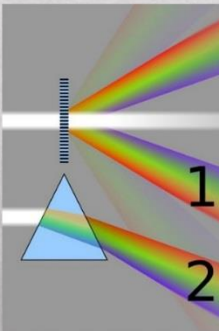


Figura E44 - Slide 3 - Bloco de aula 3

## Inclinação do tubo

- O ângulo do primeiro feixe de luz difratado máximo é de cerca de 30 graus. É por isso que nosso tubo não é perpendicular ao gabinete do telefone.

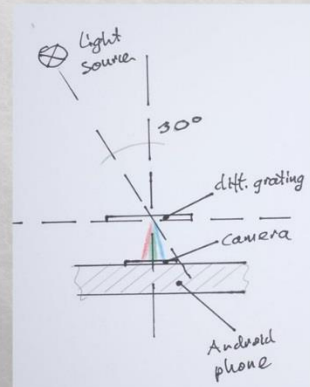


Figura E45 - Slide 4 - Bloco de aula 3

Lente colimadora e a fenda

- Para colimar o feixe de luz.

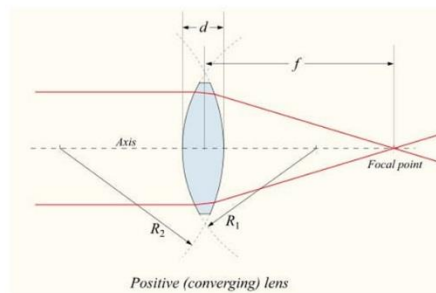
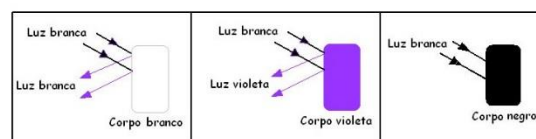


Figura E46 - Slide 5 - Bloco de aula 3

Qual é a cor de um corpo?

A cor de um corpo é composta pela reflexão determinada pelo tipo de luz (caracterizado por uma intensidade ou por um comprimento de onda) que este corpo reflete.

As cores que enxergamos são, na verdade, a decomposição que acontece com a luz branca. Isso significa que quando incididas todas essas cores apenas uma será refletida, exemplo:



Um corpo negro absorve todas as cores e não reflete nenhuma delas.

Figura E47 - Slide 6 - Bloco de aula 3

## Radiação Térmica

- Um corpo a temperatura ambiente emite radiação na região infravermelha do espectro eletromagnético e portanto, não é detectável pelo olho humano.
- Com o aumento da temperatura do corpo, a intensidade e a frequência da radiação aumenta e isto faz com que a cor do corpo mude.
- Na verdade um objeto aquecido emite e absorve radiação térmica de todas as frequências, mas com o aumento da temperatura mais radiação é emitida e a frequência da radiação mais intensa aumenta.

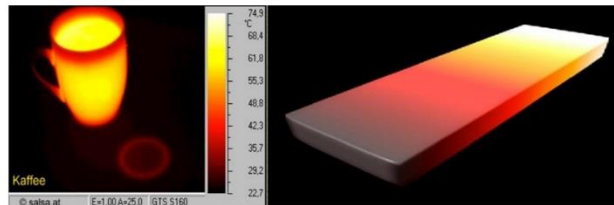


Figura E48 - Slide 8 - Bloco de aula 3

## Corpo Negro

Todo objeto absorve e emite radiação, em frequências características, definindo seus espectros de absorção e emissão, que são funções da composição, da temperatura e do acabamento superficial do objeto..

Um corpo negro é um objeto que absorve toda a radiação incidente, seja qual for a frequência da radiação. Por outro lado, assim como qualquer objeto, o corpo negro também emite energia por radiação na forma de ondas eletromagnéticas. Deste modo, há um equilíbrio entre a energia absorvida e a emitida.

Figura E49 - Slide 8 - Bloco de aula 3

## Corpo Negro

- Definição de corpo negro: O corpo negro é definido como sendo o objeto que absorve toda a radiação eletromagnética que incide sobre ele.
- Devido ao fato da emissão e a absorção estarem conectadas pela lei de Kirchhoff, podemos concluir que o corpo negro (perfeito absorvedor) é também um radiador ideal.

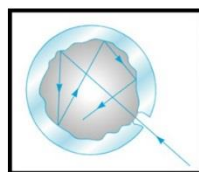


Figura E50 - Slide 9 - Bloco de aula 3

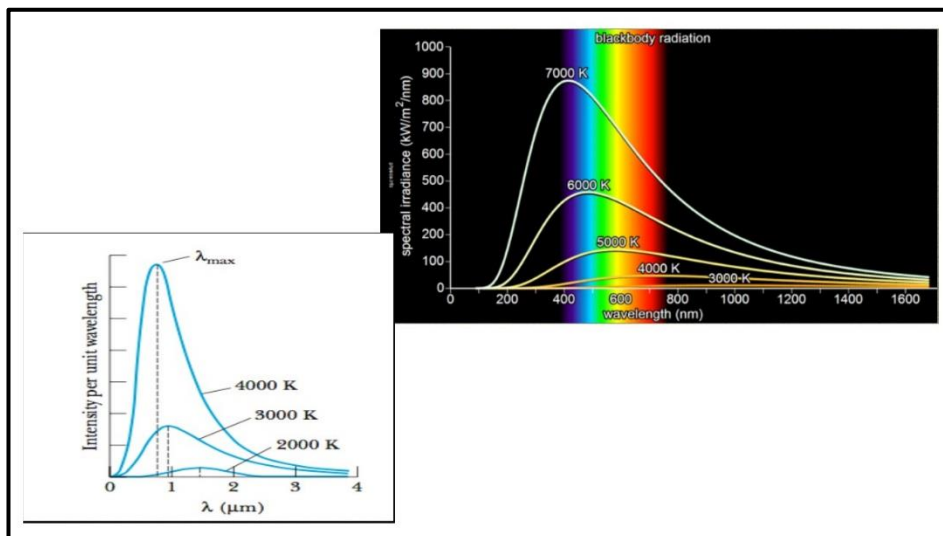


Figura E51 - Slide 10 - Bloco de aula 3

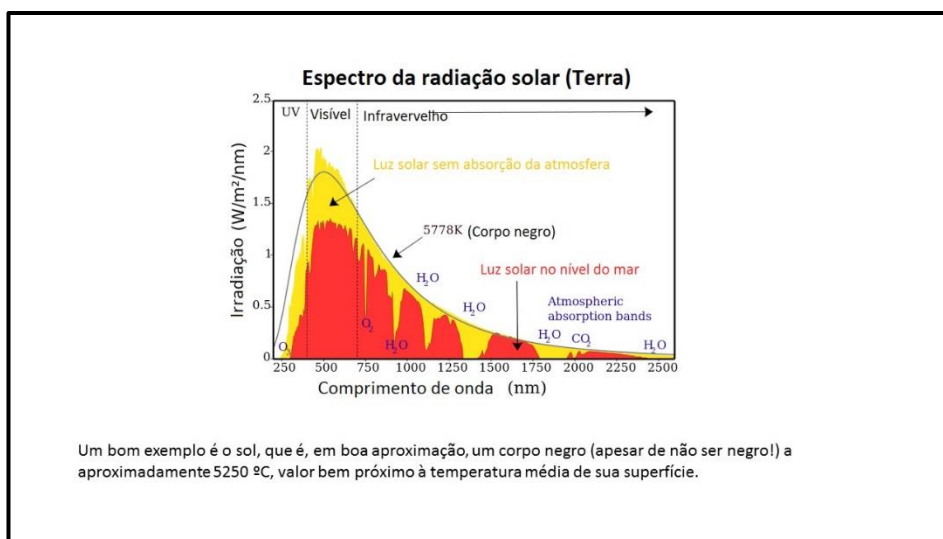


Figura E52 - Slide 11 - Bloco de aula 3

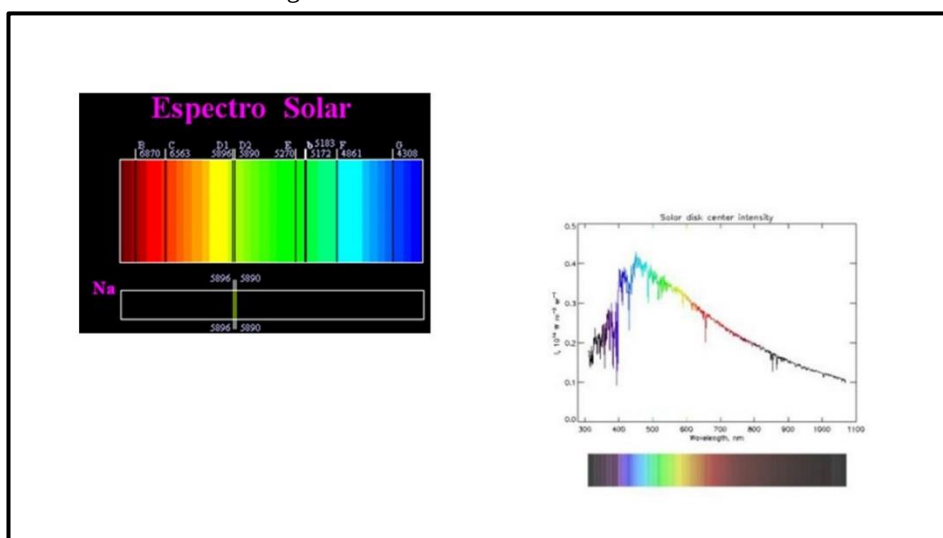


Figura E53 - Slide 12 - Bloco de aula 3

O corpo negro mais perfeito que existe na natureza é a radiação proveniente da origem do UNIVERSO.

RCFM

Figura E54 - Slide 13 - Bloco de aula 3

A radiação cósmica de fundo em micro-ondas é um sinal eletromagnético de origem cosmológica, se trata um "fóssil" da luz que resultou da época após o Big Bang (380 mil anos), época em que o universo era quente e denso.

Essa é uma das mais poderosas ferramentas no estudo da cosmologia, uma vez que conhecer essas características é fundamental para entender como o Universo evoluiu de uma estrutura simples e homogênea (uma mistura de prótons, elétrons e fótons) para algo tão complexo e heterogêneo, como conhecemos hoje.

Fundamental portanto para se ter uma ideia cada vez mais precisa dos processos físicos que foram responsáveis pela formação das estruturas que observamos hoje no Universo.

Figura E55 - Slide 15 - Bloco de aula 3

## Radiação cósmica de Fundo

- Em Cosmologia, a radiação cósmica de fundo em micro-ondas é uma forma de radiação eletromagnética, cuja existência foi prevista teoricamente por George Gamov, Ralph Alpher e Robert Herman em 1948, e que foi descoberta experimentalmente em 1965 por Arno Penzias e Robert Woodrow Wilson.
- Ela se caracteriza por apresentar um espectro térmico de corpo negro com intensidade máxima na faixa de micro-ondas.

Figura E56 - Slide 16 - Bloco de aula 3

## RCFM

- A temperatura da RCFM observada é de 2,726 K
- Ela é o melhor espectro de corpo negro já medido
- Essa radiação é extremamente homogênea

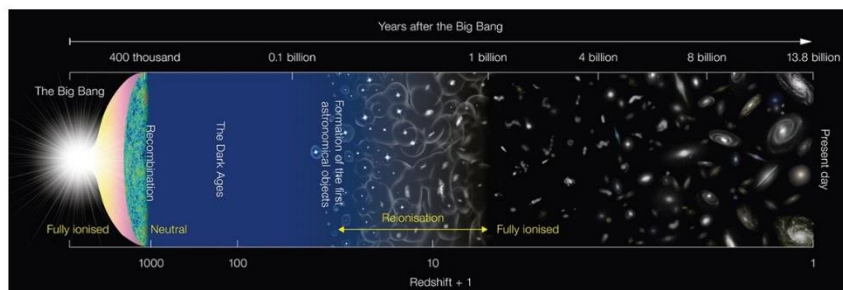


Figura E57 - Slide 17 - Bloco de aula 3

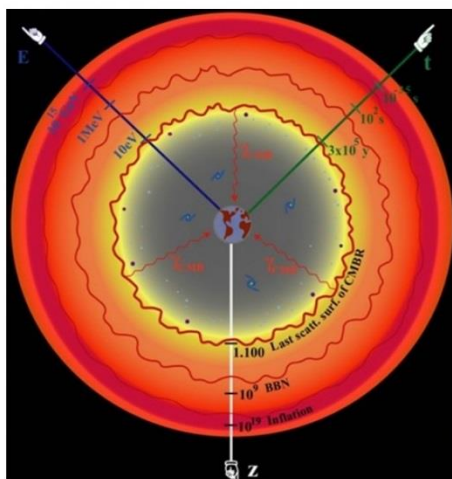


Figura E58 - Slide 18 - Bloco de aula 3

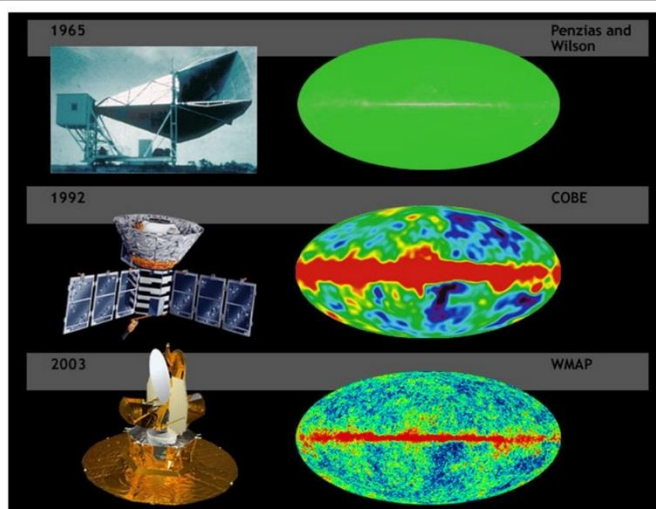


Figura E59 - Slide 19 - Bloco de aula 3

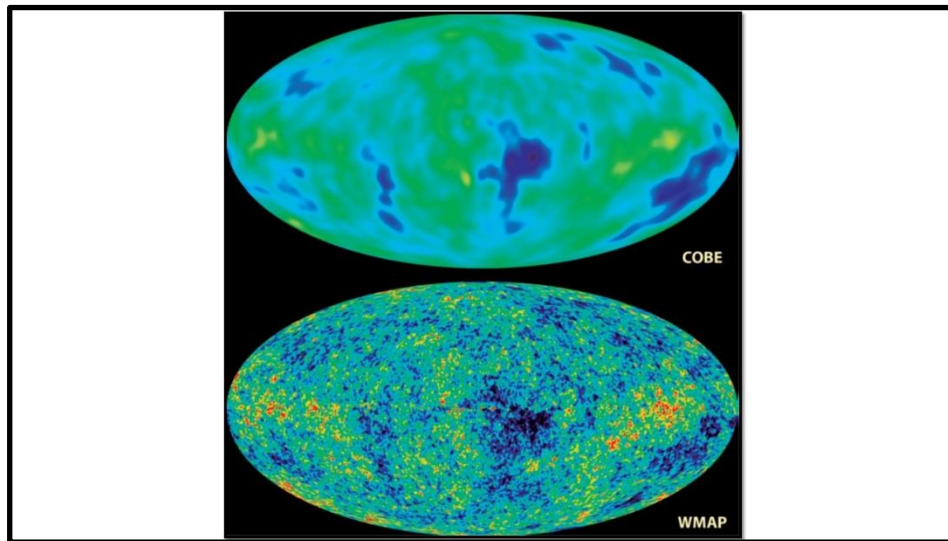


Figura E60 - Slide 20 - Bloco de aula 3

## RCFM

- Essa radiação cósmica teria um espectro de corpo negro, pois estava em equilíbrio térmico antes de desacoplar da matéria. Além disso teria uma temperatura muito baixa, na faixa de micro-ondas, E, por fim, dado que o universo deve ter sido extremamente homogêneo na época do desacoplamento, essa "radiação de fundo em micro-ondas" deve ser extremamente homogênea.

Figura E61 - Slide 21 - Bloco de aula 3

## Gráfico

- RCFM

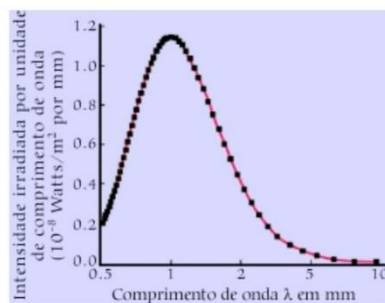


Figura E62 - Slide 22 - Bloco de aula 3

## **Aula 7 e 8**

### **A Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas**

#### **Conteúdo:**

- RCFM
- Expansão do Universo

#### **Objetivos Específicos:**

- Retomar o conceito de radiação e espectro eletromagnético
- Apresentar o rádio de galena
- Discutir o que é a RCFM
- Iniciar atividade sobre expansão do universo.

#### **Recursos Instrucionais:**

- Pincel
- Lousa
- Slides
- Atividade experimental

**Dinâmica da Aula:** Aula expositiva e discussões.

**Experimento de baixo custo:** 1 - Rádio de galena

2 - Expansão do universo com imagens

**Objetivo do experimento:** 1 - Demonstrativo

2 - Demonstrativo

**Tutorial de construção do experimento:** 1 - Como fazer um rádio de galena<sup>38</sup>

2 - Basta imprimir as Imagens A e B descritas na atividade desta aula, imprimindo a imagem A em papel sulfite e a B em uma folha transparente, para que possa ocorrer a sobreposição de imagens. Quanto a aplicação da aplicação desta atividade está descrita no tutorial da aula.

---

<sup>38</sup> Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u\\_jCwCro](https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u_jCwCro). Acesso em 14 de setembro de 2018.

**Descrição da aplicação aula:** Deu se início a aula relembrando se os assuntos de ondulatória, através da pergunta de João que instigou os alunos, será que possível observar tudo que está lá no céu? Para tentar responder essa pergunta retomou se a discussão de princípios básicos de ondulatória e eletromagnetismo, para compreender melhor como se forma uma onda, dando espaço principal para discussão do espectro. Retomou se a discussão dos espectros observados pelos alunos na atividade para casa. Para finalizar a discussão sobre radiação, foram discutidas as formas de conseguir detectar o espectro, ilustrou se com várias figuras, debatendo se os diversos meios e apetrechos para se detectar a radiação em seu vasto espectro. Nessa aula foi levado um rádio de galena de baixo custo, que detecta ondas de rádio na faixa de ondas médias. Este é um dispositivo muito simples e enriquecedor da discussão devido a sua grande importância na história da humanidade, utilizado principalmente desde a primeira guerra mundial, mas muitos o desconhecem, por ele ter caído em desuso, devido à modernização dos equipamentos. Com esse experimento será encerrada a discussão de radiação, e se dará se início à discussão da expansão do universo João, o menino curioso, continua a buscar respostas e instiga os alunos a refletirem sobre a seguinte pergunta: “O universo possui centro?”. Será introduzido o assunto com nossa localização no Universo, e deverá se prosseguir com uma atividade bem simples, onde serão fornecidas duas imagens artísticas para os alunos (Figura E63/E64), de uma mesma área do céu, só que em eras diferentes, possibilitando que as equipes de alunos realizem a discussão, sobre o significado físico daquelas imagens. Após os membros das equipes chegarem a um consenso, as equipes deverão discutir entre si. Nesse momento será encerrada a aula para prosseguir com o debate na próxima aula.

**Atividade para a próxima aula:** Questionário com pequenas perguntas relacionadas aos conteúdos de radiação que foram discutidos nas ultimas aulas, que devem ser entregues na aula seguinte.

**Tutorial da aula:** A aula deve começar com a retomada de conteúdos da última aula, retomando os principais tópicos trabalhados até agora. Sugere que seja construído pelo professor um rádio de galena, o tutorial para a construção do rádio de galena se encontra no youtube<sup>39</sup>. O professor deve instigar os alunos a pensarem nas dúvidas apresentadas por João. O professor deve estar preparado para a retomada dos conteúdos após a demonstração do funcionamento do rádio de galena. Relembrando que nesta aula será fechado o conteúdo sobre a RCFM, e se dará início a atividade de expansão do universo, que é apresentada logo após esse

---

<sup>39</sup> Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u\\_jCwCro](https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u_jCwCro). Acesso em 14 de setembro de 2018.

tutorial. Elas podem ser impressas em impressora normal, sendo impressa em a figura A em folha sulfite e a folha B em alguma folha transparente, para que os alunos possam sobrepor as imagens. O professor deve buscar a melhor maneira de trabalhar com os alunos, instigando-os a refletirem sobre as duas imagens. Ao apresentar as duas fotografias para os alunos, o professor deve instiga-los a pensarem, sem dar muitas informações, com o intuito de que eles cheguem a conclusão de que essas imagens são referentes a uma mesma região do espaço. O professor deve estar preparado para desenvolver esta atividade, pois é através dela que será introduzido o conteúdo de lei de Hubble. É uma atividade muito rica, onde se faz necessário ficar atento a cada detalhe, proporcione discussões entre os alunos para o desenrolar das ideias, e direcione a discussão a fim de trabalhar o conteúdo.

**Atividade de expansão do universo:**

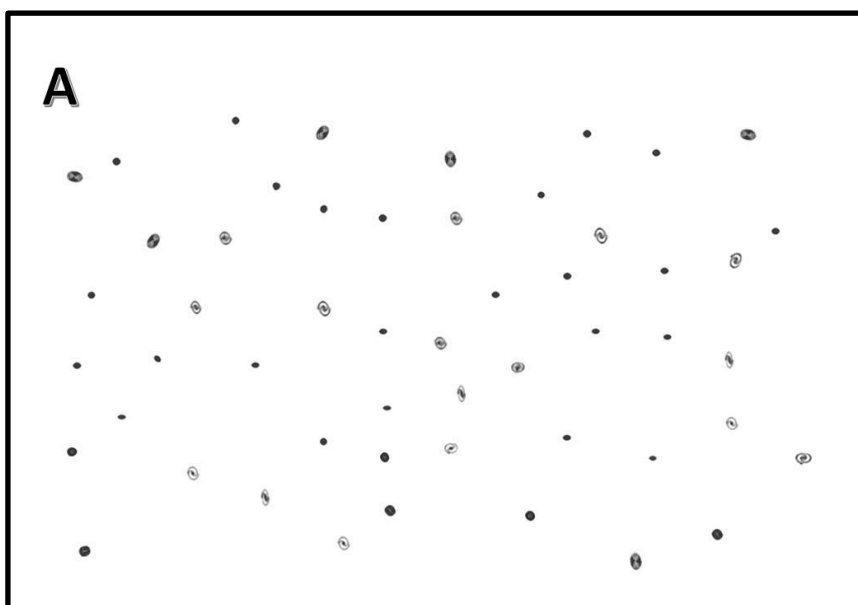


Figura E63 - Expansão do universo

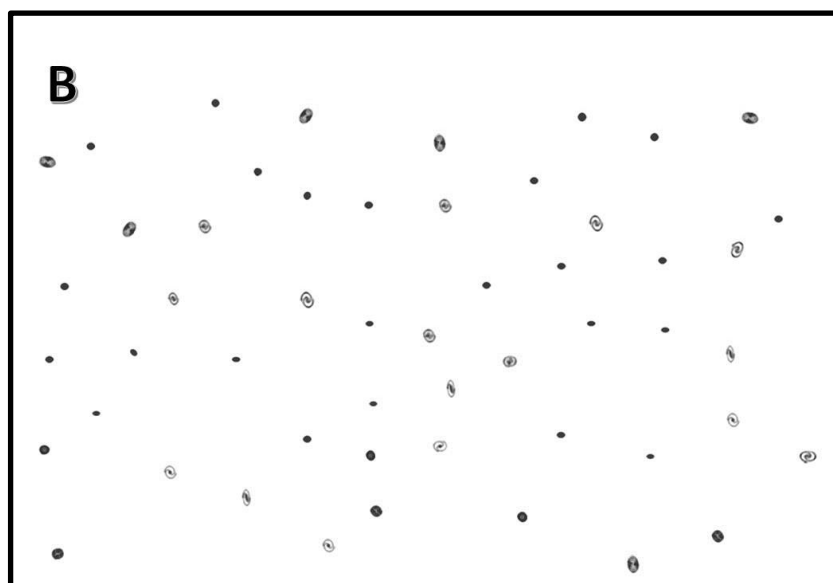


Figura E64 - Expansão do universo

## Slides da aula:

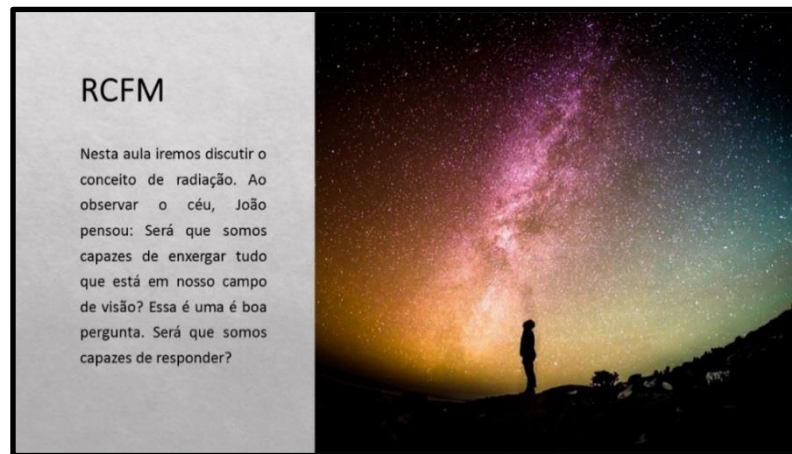


Figura E65 - Slide 1 - Bloco de aula 4

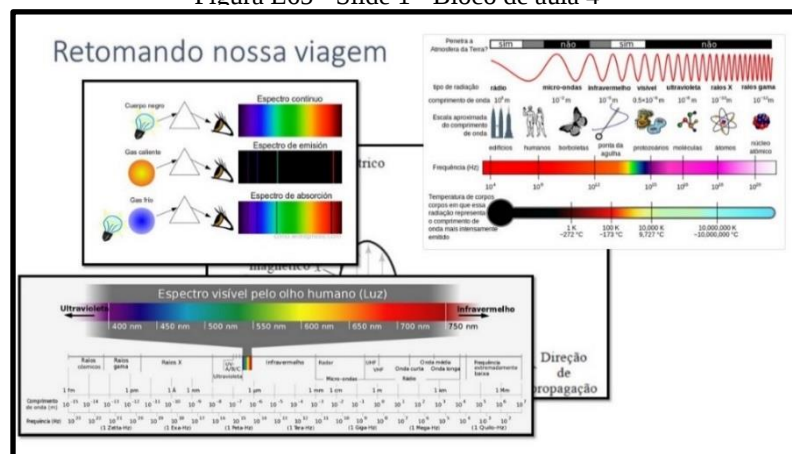


Figura E66 - Slide 2 - Bloco de aula 4

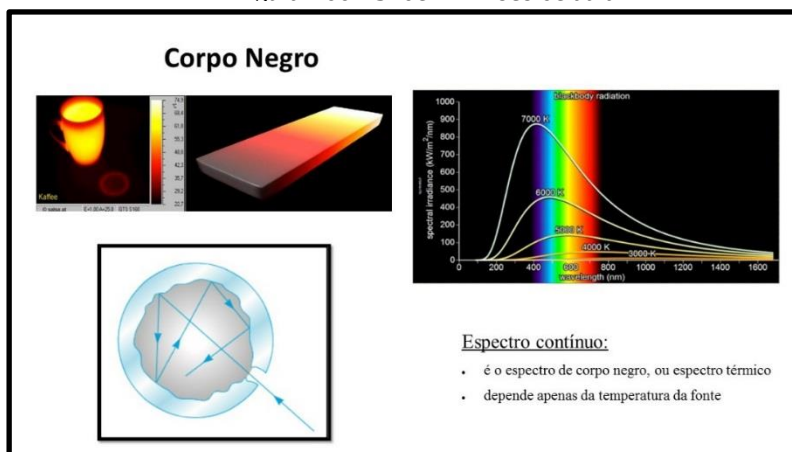


Figura E67 - Slide 3 - Bloco de aula 4

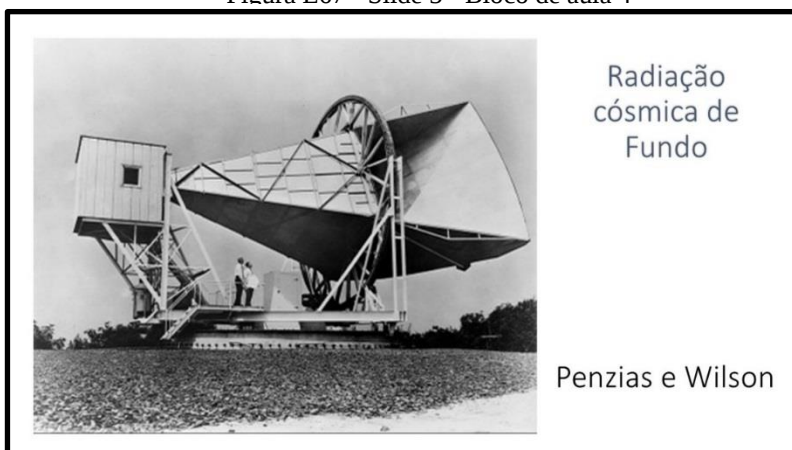


Figura E68 - Slide 4 - Bloco de aula 4

## RCFM

- A temperatura da RCFM observada é de 2,726 K
- Ela é o melhor espectro de corpo negro já medido
- Essa radiação é extremamente homogênea

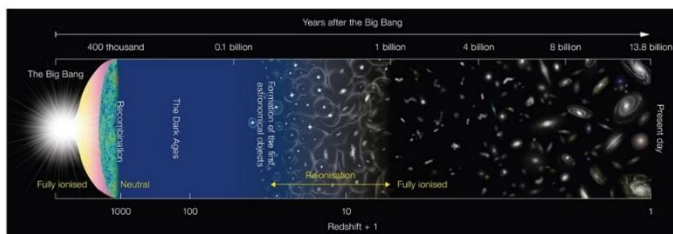


Figura E69 - Slide 5 - Bloco de aula 4

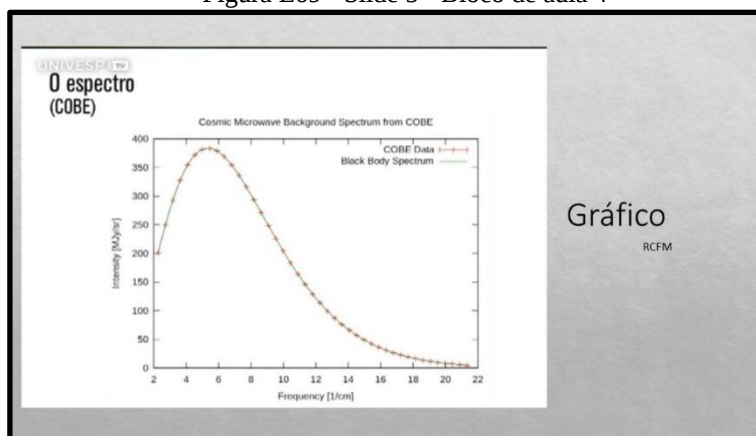


Gráfico  
RCFM

Figura E70 - Slide 5 - Bloco de aula 4

## Telescópio SOAR



Figura E71 - Slide 6 - Bloco de aula 4

## Radio telescópio Arecibo (305m)



Figura E72 - Slide 6 - Bloco de aula 4

## Radio Telescópio China FAST (500 m)



Figura E73 - Slide 7 - Bloco de aula 4

## CHANDRA



Figura E74 - Slide 8 - Bloco de aula 4

## Observatório CTA – raios gama



Figura E75 - Slide 9 - Bloco de aula 4

Você já viu algum rádio funcionar sem uma fonte de eletricidade?



Figura E76 - Slide 10 - Bloco de aula 4

Soldados usando um rádio galena durante a Primeira Guerra Mundial.

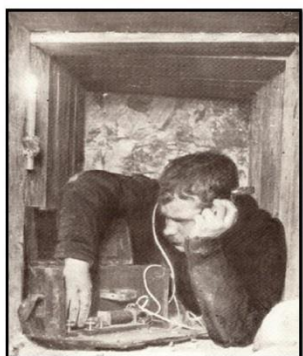


Figura E77 - Slide 11 - Bloco de aula 4

## Gálena

- A galena foi famosa até meados do século XX pela sua capacidade de recepção de ondas de rádio, o que facilitava a confecção do aparelho conhecido como "rádio de galena". Ela é um semi-condutor natural, daí percebendo-se a sua importância como precursora dos diodos e transmissores usados nos equipamentos eletrônicos. Galena é o minério primário de chumbo que é utilizado, principalmente, na fabricação de baterias de chumbo-ácido. No entanto, quantidades significativas são também usadas para fazer folhas de chumbo e de tiro. Galena é muitas vezes minado por seu conteúdo de prata (por exemplo, a Mina de Galena, no norte de Idaho).



Figura E78 - Slide 12 - Bloco de aula 4

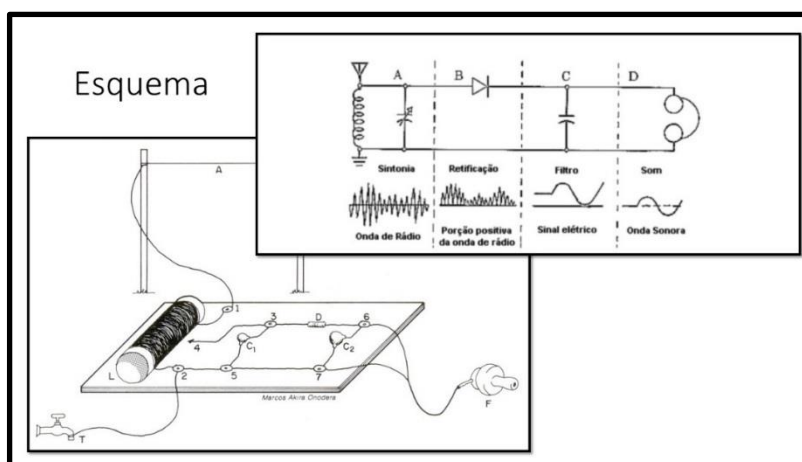


Figura E79 - Slide 13 - Bloco de aula 4

Para pesquisar.

1. O que é o espectro da radiação eletromagnética?
2. Quais são os tipos de espectro que podem ser emitidos por uma fonte?
3. Como é formada a cor de um corpo?
4. A cor de um corpo pode ser modificada? Como isso acontece?
5. O que é um corpo negro? Baseada na questão dois, de que tipo é o espectro de que tipo é o espectro de um corpo negro?
6. O que é a RCFM? Qual é a sua importância para o estudo do Universo?

Entregar na próxima aula

Figura E80 - Slide 14 - Bloco de aula 4

## Aula 9 e 10

### A Expansão do Universo

#### Conteúdo:

- Expansão do Universo
- Lei de Hubble

#### Objetivos Específicos:

- Retomar a atividade inicial de expansão do universo
- Interpretar o significado físico da Lei de Hubble
- Calcular o redshift e a constante de Hubble a partir dos exercícios propostos.

#### Recursos Instrucionais:

- Pincel
- Lousa

- Slides
- Atividade experimental

**Dinâmica da Aula:** Aula expositiva e discussões.

**Experimento de baixo custo:** Expansão do universo com imagens

**Objetivo do experimento:** Demonstrativo

**Tutorial de construção do experimento:** Basta imprimir as Imagens A e B descritas na atividade desta aula, imprimindo a imagem A em papel sulfite e a B em uma folha transparente, para que possa ocorrer a sobreposição de imagens. Quanto à aplicação da aplicação desta atividade está descrita no tutorial da aula.

**Descrição da aplicação aula:** Retomou-se os tópicos principais da SD, lembrando a questão principal que norteia a SD, como tudo surgiu? A partir desta indagação, prosseguiu-se com a discussão sobre o BB, a partir de dois pilares principais, a RCFM e a expansão do universo, onde deu-se ênfase à continuidade da discussão sobre expansão do universo, sendo retomada a última atividade de expansão do universo, na questão: Será que o universo possui centro? Esse momento é caracterizado como a terceira etapa da SD de acordo com Miquelante (2017). Distribuiu-se um balão para cada equipe, para que depois pudessem realizar o experimento da expansão do universo através de um balão. Foi destacado que a expansão é do espaço, e não das galáxias, o que é necessário ser muito bem trabalhado como afirma Duarte (2016). A partir desta retomada discutiu-se o princípio de homogeneidade e isotropia do universo, encadeando uma série de discussões a respeito de conteúdos específicos necessários para se compreender a expansão do universo, conceito como o efeito Doppler, o redshift, para então adentrar-se na discussão sobre a Lei de Hubble. Ao discutir a Lei de Hubble, um dos principais e mais fascinantes conceitos da Astronomia, foi utilizado um exercício do IAG da USP<sup>40</sup>, para poder a partir do cálculo do redshift de algumas galáxias calcular a constante de Hubble, e posteriormente a idade do universo, essas atividades foram desenvolvidas em sala de aula, trabalhando-se em equipes, gerando uma discussão entre os estudantes, para determinar qual seria a melhor maneira de se chegar até os resultados, e acima de tudo interpretar qual o significado físico disso. O fechamento desta SD ocorrerá na próxima aula.

---

<sup>40</sup> AMÔRES e ALEMAN. Disponível em: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/hubble.pdf>. Acesso em 2 de setembro de 2018.

**Atividade para a próxima aula:** Cálculo da idade do universo a partir do exercício realizado em sala de aula.

**Tutorial da aula:** O professor deve retomar a atividade sobre expansão do universo, essa aula será a aula que terá a maior abordagem matemática, pois a atividade principal dessa aula tem como intuito calcular a constante de Hubble, e consequentemente calcular a idade do universo. No roteiro disponibilizado junto com a atividade se encontra o aporte teórico e instrutivo para desenvolver a atividade. Fica como sugestão para o professor realizar a atividade antes de aplica-la nos alunos, é interessante fazê-la ela no Excel para poder traçar um gráfico e fazer um comparativo de cálculos com os alunos.

**Slides da aula:**

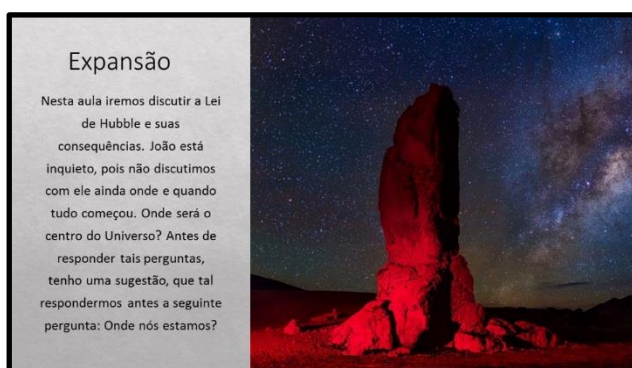


Figura E81 - Slide 1 - Bloco de aula 5

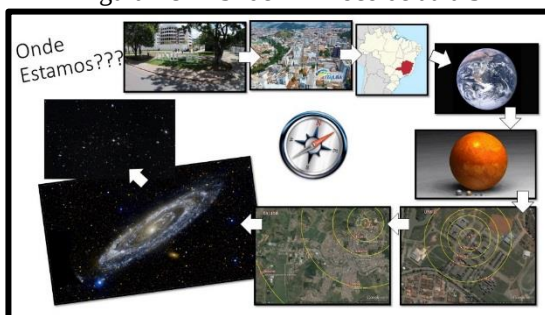


Figura E82 - Slide 2 - Bloco de aula 5

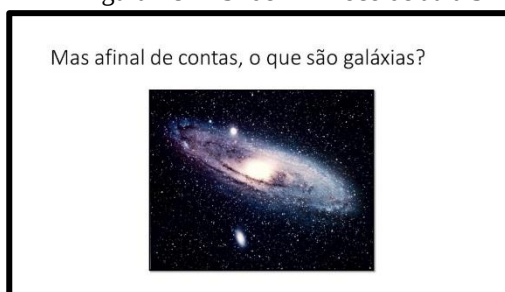


Figura E83 - Slide 3 - Bloco de aula 5

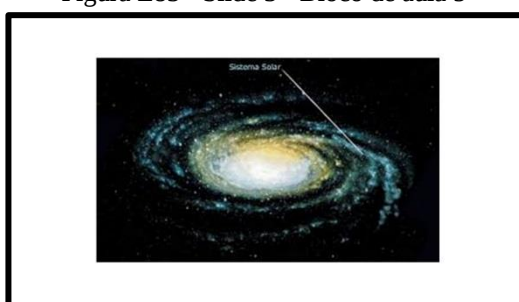


Figura E84 - Slide 3 - Bloco de aula 5

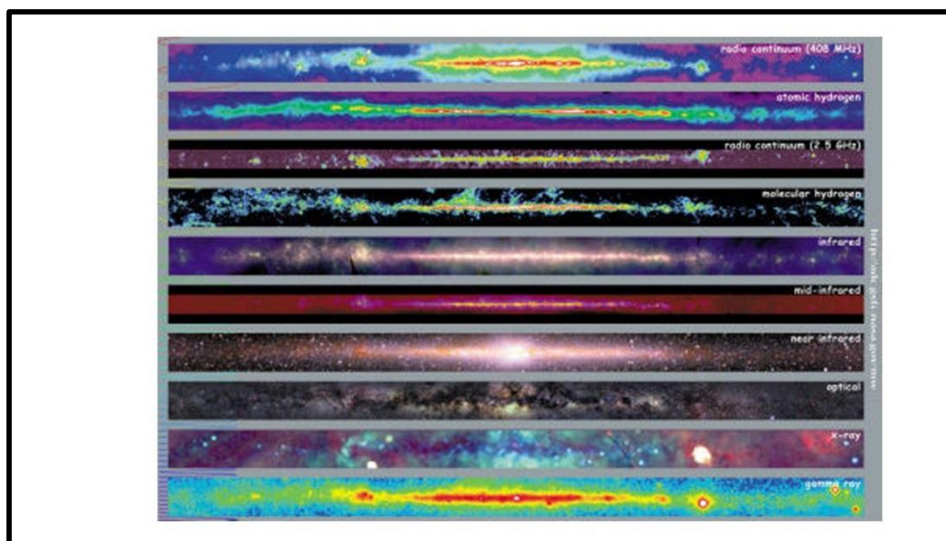


Figura E85 - Slide 4 - Bloco de aula 5

Definição: As galáxias são gigantes sistemas formados por bilhões de estrelas.

Figura E86 - Slide 5 - Bloco de aula 5

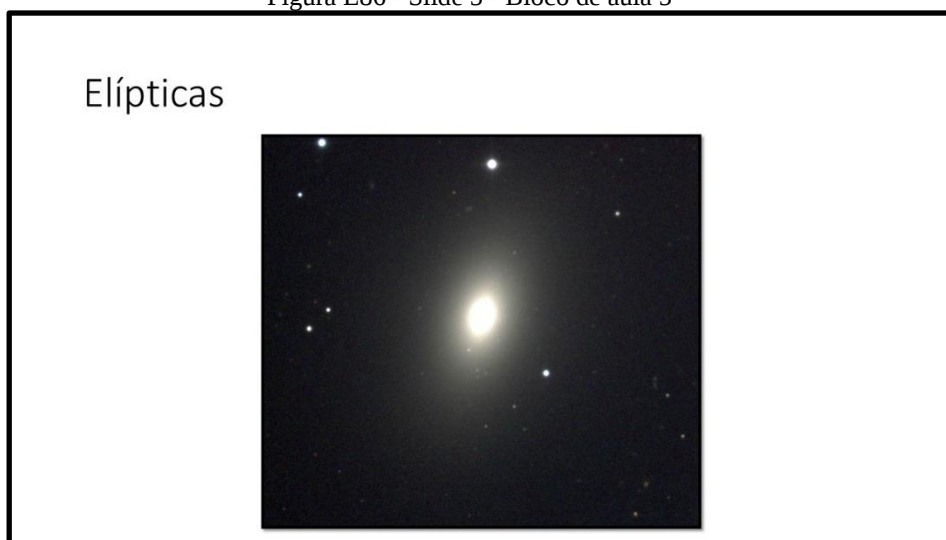


Figura E87 - Slide 6 - Bloco de aula 5

## Espiraís



Figura E88 - Slide 7 - Bloco de aula 5

## Espiraís barradas



Figura E89 - Slide 8 - Bloco de aula 5

## Irregulares

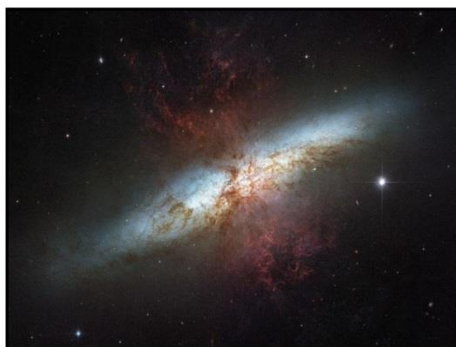


Figura E90 - Slide 9 - Bloco de aula 5

Que conclusões podemos tirar destas fotografias, sabendo que elas foram tiradas em épocas diferentes, de um mesmo conjunto de galáxias?



- Cada equipe irá receber dois pares de imagens, escreva individualmente em folhas para entregar suas conclusões relacionadas a atividade.

Figura E91 - Slide 10 - Bloco de aula 5

## Expansão do Universo

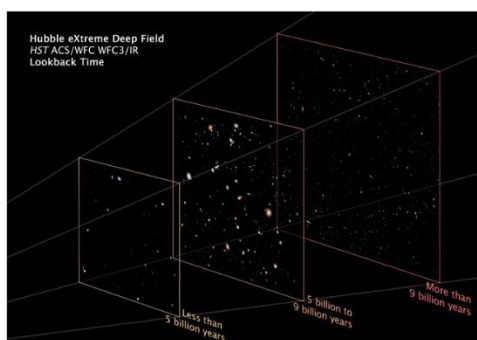


Figura E92 - Slide 10 - Bloco de aula 5

## Efeito Doppler

- O Efeito Doppler é um fenômeno observado nas ondas quando emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimento com relação ao observador. Se uma fonte sonora e um receptor estão se movendo, um em relação ao outro, a frequência recebida não é a mesma frequência da fonte. Se eles estão se aproximando, a frequência recebida é maior do que a frequência da fonte; se eles estão se afastando, a frequência recebida é menor do que a frequência da fonte. Um exemplo típico é o da sirene da ambulância: o som que se ouve quando está longe e perto do receptor é diferente. Neste caso, a onda se propaga num meio.

Figura E93 - Slide 11 - Bloco de aula 5

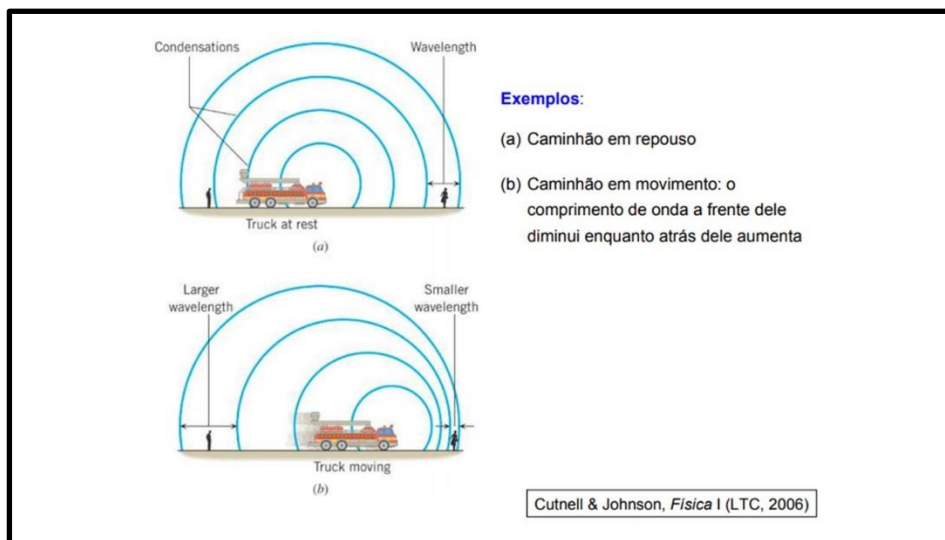
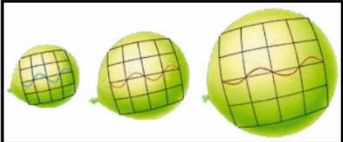


Figura E94 - Slide 12 - Bloco de aula 5

## “Redshift”



- A expansão do espaço não afeta o tamanho dos objetos que estão nele, mantém o seu tamanho inalterado, porque a gravidade que os mantém é mais forte do que a expansão. No entanto, a expansão afeta a luz que viaja imensas distâncias através do espaço. Quando uma onda de luz viaja no espaço, a expansão estica a onda, aumentando seu comprimento de onda e causando, assim, o redshift observado. Esse redshift não é, realmente, causado por Efeito Doppler, pois o efeito Doppler, por definição, aparece quando existe movimento relativo entre fonte e observador, e as galáxias não estão, na realidade, se movendo umas em relação às outras. O redshift causado pela expansão do universo é mais propriamente chamado de redshift cosmológico. Mas a equação do Efeito Doppler se aplica mesmo assim, de forma que, na prática, tratamos o redshift cosmológico como Efeito Doppler.

Figura E95 - Slide 13 - Bloco de aula 5

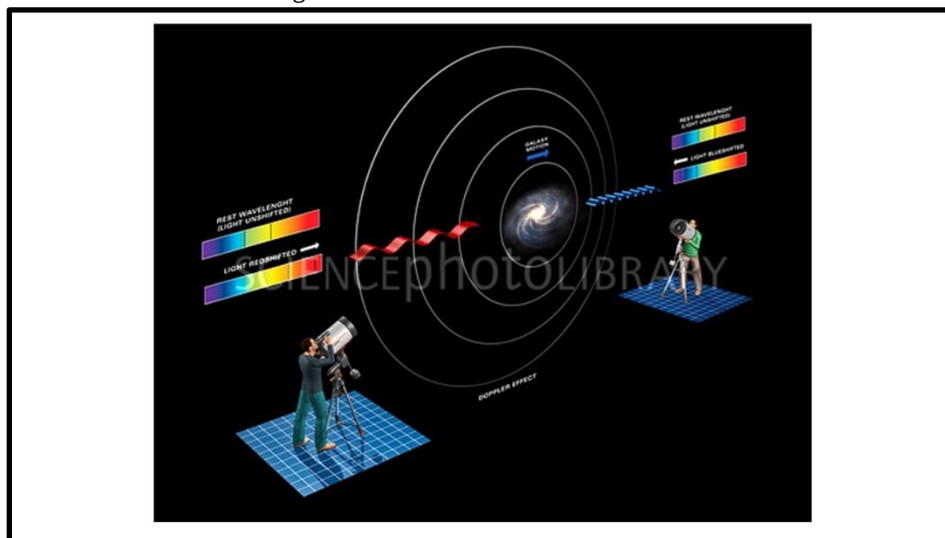


Figura E96 - Slide 14 - Bloco de aula 5

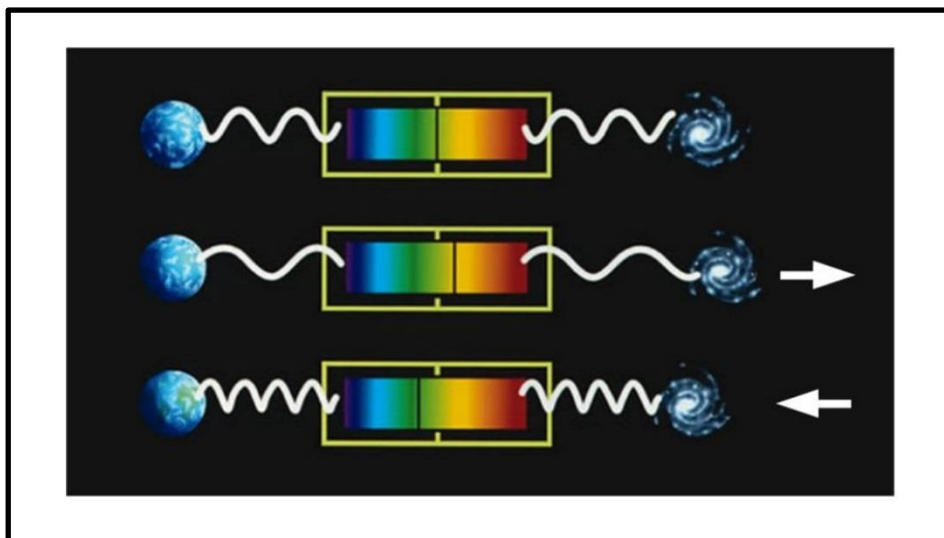


Figura E97 - Slide 15 - Bloco de aula 5

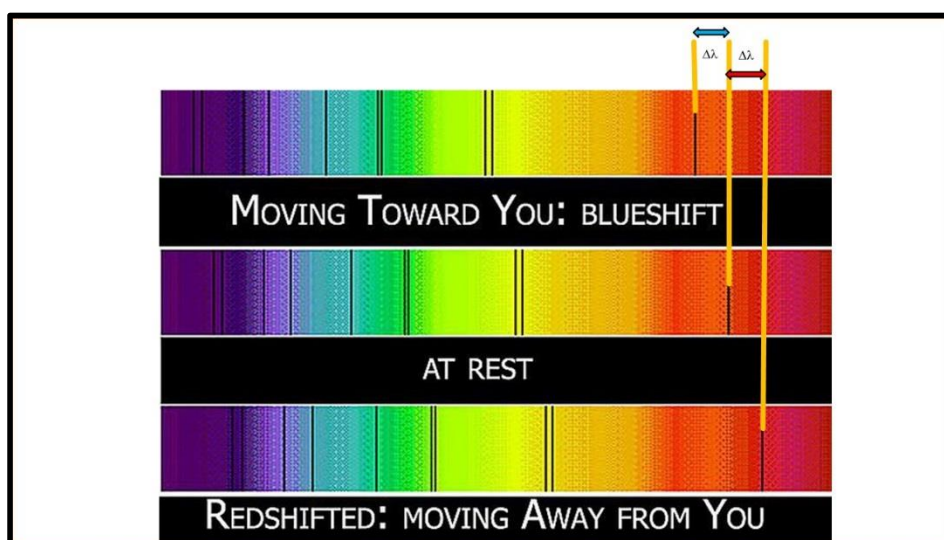


Figura E98 - Slide 16 - Bloco de aula 5

## Lei de Hubble

- Em 1912, o astrônomo americano Vesto Melvin Slipher (1875-1969), do Observatório Lowell, descobriu que as linhas espectrais da galáxia Andrômeda (M31) mostravam um enorme deslocamento para o azul, indicando que essa galáxia estava se aproximando do Sol, a uma velocidade de 300 km/s. Slipher iniciou, então, um trabalho sistemático que levou duas décadas, demonstrando que, das 41 galáxias que ele estudou, a maioria apresentava deslocamento espectral para o vermelho (redshift), indicando que essas galáxias estavam se afastando de nós.

Figura E99 - Slide 17 - Bloco de aula 5

## Lei de Hubble

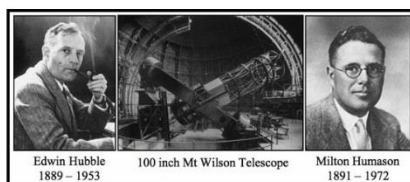


Figura E100 - Slide 18 - Bloco de aula 5

## Lei de Hubble

- As implicações mais importantes do trabalho de Slipher ficaram mais claras durante os anos 20, quando Edwin Hubble conseguiu estimar as distâncias de Andrômeda e outras galáxias, observando o brilho aparente e os períodos de pulsação das estrelas Cefeidas nessas galáxias. Hubble e seu colaborador, Milton Humason, fotografaram os espectros de várias galáxias, usando o telescópio de 2,50 m de Monte Wilson. Quando compararam as distâncias das galáxias com as suas velocidades de afastamento, determinadas a partir dos seus redshifts, Hubble e Humason verificaram que as galáxias mais distantes estavam se afastando com velocidades maiores. Plotando os dados em um gráfico de velocidade em função da distância, Hubble encontrou que os pontos se distribuíam ao longo de uma linha reta.

Figura E101 - Slide 19 - Bloco de aula 5

## Aula 11 e 12

### Lei de Hubble

#### Conteúdo:

- Lei de Hubble

#### Objetivos Específicos:

- Retomar os conceitos principais abordados ao longo da SD
- Aplicar o Pós-teste

#### Recursos Instrucionais:

- Pícel

- Lousa
- Slides

**Dinâmica da Aula:** Aula expositiva e discussões.

**Descrição da aplicação aula:** Retomou-se a atividade final da última aula, onde foi pedido para os alunos calcularem o redshift de algumas galáxias, a velocidade delas, e através dessas informações, foi construído um gráfico de distância por velocidade. Através do cálculo do coeficiente angular da reta que melhor se ajusta aos pontos, foi possível calcular a constante de Hubble, através da equação da reta. Pode-se utilizar a equação da lei de Hubble também, para cada redshift calculado tem se uma constante de Hubble diferente, o que está atrelado ao cálculo do redshift pelos alunos. Essa série de dados nos permite através de equações simples calcular a idade do universo, para cada constante Hubble. Cada equipe fez suas contas, e foi gerado um comparativo entre o cálculo das equipes, e do docente, o que gerou discussões sobre a exatidão da constante de Hubble e a idade do universo, onde foram apresentados os dados mais atuais destes. Após essa discussão, foi aplicado o Pós-teste (Anexo B) da disciplina. Segundo Miquelante (2017) essa última aula é caracterizada como a quarta etapa da SD.

**Tutorial da aula:** Essa é a última aula, onde o professor deve fechar a última atividade desenvolvida pelos alunos, tirando as dúvidas dos alunos, comparando a respostas destes. Para fechamento da SD deve haver uma retomada dos tópicos principais da SD para realização da atividade final.

**Slides da Aula:**



Figura E102 - Slide 1 - Bloco de aula 6

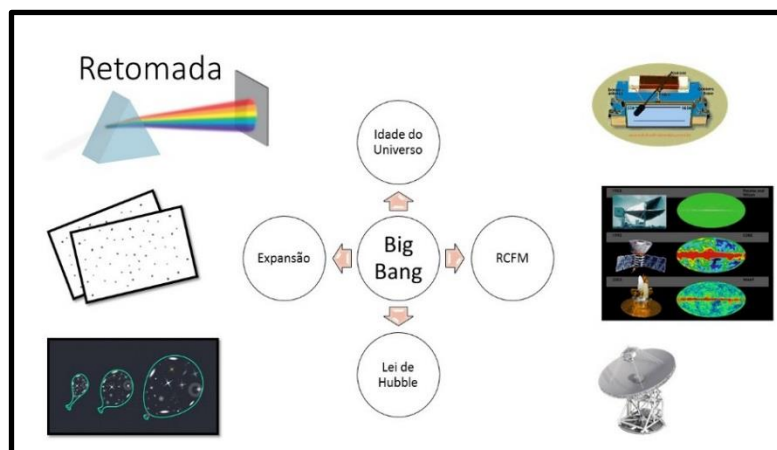


Figura E103 - Slide 2 - Bloco de aula 6

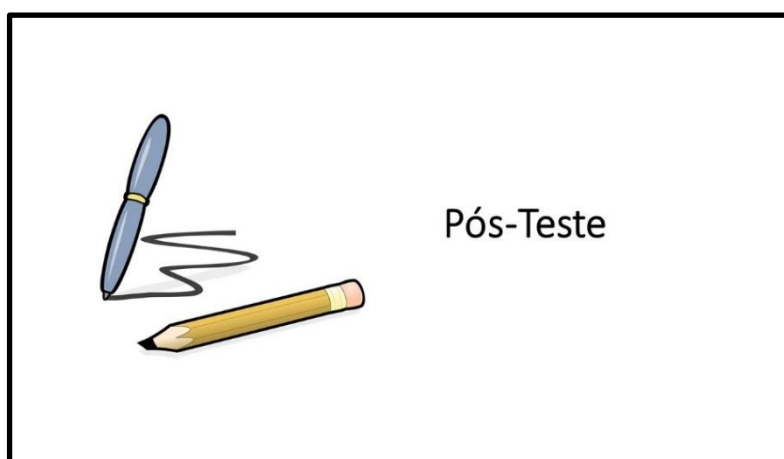


Figura E104 - Slide 3 - Bloco de aula 6

Este é o fim de nossa jornada, mas pode ser apenas o ponto inicial de uma outra grande jornada. João chegou ao seu destino? Será que conseguimos chegar onde ele queria? Aposto que João está feliz por ter despertado dúvidas em nossas mentes.



Figura E105 - Slide 4 - Bloco de aula 6

Abaixo segue uma imagem com o esquema dos conteúdos abordados ao longo da SD.

### Conceitos de física abordados na SD

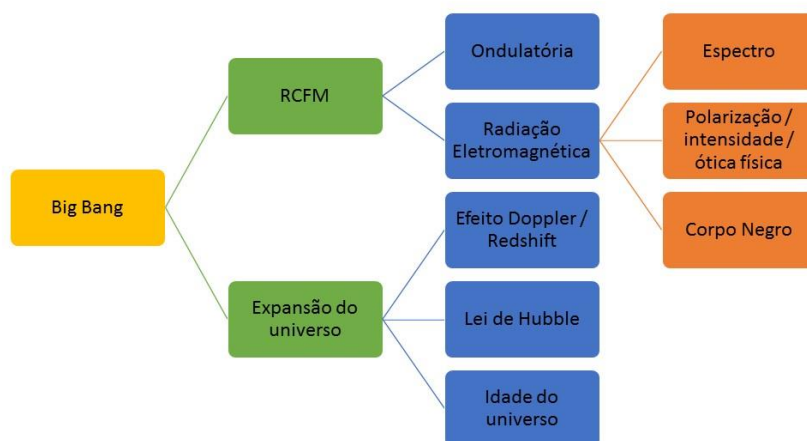


Figura E106 – Conceitos de Física abordados na SD

## Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo analisar os resultados da aplicação de uma SD para o ensino dos temas Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas e expansão do universo, que são dois pilares do modelo cosmológico do Big Bang numa turma do primeiro semestre do curso de Licenciatura em Física de uma universidade pública. A construção desta SD foi baseada em Dolz (2004). Ela foi aplicada na disciplina Conceitos de Astronomia do curso de Licenciatura em Física da UNIFEI no ano de 2018, desenvolvida ao longo de 12 aulas, cada uma de 50 minutos. Foram aplicados o Pré-teste e o Pós-teste com perguntas abertas, sendo que o primeiro nos permitiu verificar as concepções que os alunos apresentavam sobre os pontos que foram discutidos na SD e o segundo foi utilizado para medir o conhecimento adquirido pelos participantes após a aplicação da SD. Os dados analisados neste trabalho foram os resultados do Pré e Pós testes e as atividades desenvolvidas no decorrer da SD.

Dentre os temas abordados na SD estão: a radiação eletromagnética - espectro, polarização e intensidade; efeito Doppler; o espectro de corpo negro; conceitos de óptica física; obtenção de informações por meio da utilização de gráfico; e a lei de Hubble. Além de utilizar atividades experimentais ao longo das aulas, buscando sempre a aproximação da realidade dos alunos.

Com relação as adversidades encontradas na implementação dessa SD, podem ser citadas a ausência de parte dos alunos durante as aulas, somente 18 alunos participaram de todas as atividades. Ao longo da aplicação da SD foi possível observar que os principais entraves encontrados pelos alunos estão associados às dificuldades: em realizar operações matemáticas (matemática básica, como por exemplo, a utilizada para o cálculo da constante de Hubble); na conversão de unidades de grandezas físicas; em formular respostas aos questionamentos feitos durante a realização das atividades; na pouca familiaridade com a realização de atividades experimentais.

Por outro lado, alguns pontos favoreceram o desenvolvimento do trabalho. Entre eles podem ser citados: que aulas foram desenvolvidas dentro da universidade, este foi um ambiente muito favorável para que não tivéssemos problemas de horários; que a aplicação da SD foi planejada desde o começo da disciplina o que possibilitou a utilização de 12 aulas da disciplina; todo os passos utilizados na SD foram planejados com bastante antecedência, o que permitiu refletir bastante sobre os objetivos dela; e a utilização de experimentos de baixo custo e de

instrumentos mais tecnológicos, como celulares, o que ajudou a deixar as aulas mais interessantes para os estudantes;

Com relação aos questionários, foi possível observar que a aplicação da SD foi essencial para a aprendizagem dos conteúdos trabalhados. Os textos e as atividades desenvolvidas no decorrer das aulas ajudaram os alunos a construir argumentos mais sólidos para suas respostas às perguntas realizadas.

As atividades experimentais foram muito bem recebidas pelos estudantes. Atividades discutindo o fenômeno da difração, a construção do espectrômetro e a utilização do celular para obtenção dos espectros de diversas fontes, a expansão do universo, a utilização de um rádio de Galena (construído por mim) para discutir a captação de um sinal eletromagnético e a utilização de softwares disponíveis na web foram muito bem recebidas pelos estudantes, o que tornou a aplicação da SD muito prazerosa e interessante.

Também foi possível perceber que poucos alunos tiveram contato em sala de aula com os temas RCFM e expansão do universo, que foram estudados na SD. Isso, apesar de já ser um fato conhecido, mostra que a Astronomia, mesmo tendo seus conteúdos enfatizados nos documentos oficiais da educação no Brasil, ainda está distante de nossos bancos escolares com relação a alguns temas, como os citados acima.

Em relação aos resultados, a primeira meta foi identificar o perfil dos alunos que entraram no curso de Licenciatura em Física em 2018. Foi possível observar que 56% são recém-chegados do Ensino Médio (2016 e 2017) e que um deles obteve o certificado de conclusão do Ensino médio pelo ENEM. Outro ponto verificado é que o Sistema Solar foi o principal assunto visto pelos alunos (fases da Lua, eclipse e estações do ano) e que somente 8 alunos citaram temas relacionados ao Universo, sem especificarem os assuntos estudados. Em relação à participação dos alunos em atividades extraclasse relacionadas à Astronomia, foi possível perceber que 67% deles nunca participaram de nenhuma atividade desse tipo. Esse é um resultado que merece uma reflexão, afinal, o Laboratório Nacional de Astrofísica fica localizado nas cidades de Itajubá e Brasópolis e realiza diversas atividades de extensão, principalmente na cidade de Itajubá. Finalmente, procurou-se averiguar os temas de Astronomia de interesse dos estudantes. Verificou-se que eles indicaram diversos assuntos de interesse, sendo que a evolução estelar foi uma das que mais apareceram.

Em relação à origem do universo, alguns alunos apresentaram uma resposta ligada à religião e a maior parte dos deles indicou que o universo surgiu a partir de uma explosão e associaram esta explosão ao BB. Um ponto de destaque nas respostas apresentadas no Pré-teste

reside no fato dos estudantes associarem a origem do universo a uma explosão convencional. Apesar das respostas às questões relacionadas à origem do universo terem sido mais elaboradas após a aplicação da SD, essa concepção ainda se manteve em algumas respostas.

A existência da RCFM era desconhecida da grande maioria dos estudantes. Esse resultado mostrou a importância do debate deste tema na SD. Após a aplicação da SD, todos alunos responderam à questão fornecendo argumentos diferentes em suas respostas. Todos, a princípio, coerentes com as discussões realizadas no decorrer das atividades. Isso mostrou que a SD ajudou os alunos a entenderem a importância desta observação para o estudo do Universo.

A lei de Hubble e a idade do Universo foram os últimos pontos a serem tratados. Assim como no caso da RCFM, verificamos que a grande maioria dos estudantes (14) afirmaram não saber nada sobre a Lei de Hubble. Os alunos restantes associaram esta lei à expansão do universo. Após a aplicação do SD, 15 alunos responderam, de modo coerente com o trabalho realizado na SD, a esta questão. Apesar de algumas respostas terem sido um pouco confusas, entendemos que na SD, apesar deste tema ter sido tratado em apenas duas aulas, conseguiu atingir o seu objetivo. A questão relacionada à obtenção da idade do universo, apesar da maioria ter citado que ela está em torno de 13 bilhões de anos, também mostrou que os alunos nunca trabalharam este assunto no ensino médio. Esse resultado foi bastante modificado com a SD. A maior parte deles apresentou respostas coerentes em relação ao modo de como ela pode ser estimada. Foi possível ver que eles associaram a Lei de Hubble à idade do universo.

A oportunidade de desenvolver este trabalho contribuiu muito para minha formação profissional e pessoal, pois possibilitou colocar em prática conhecimentos adquiridos durante anos de docência e formação, tanto na construção, aplicação e análise da SD, quanto na confecção dos experimentos utilizados.

Em suma, quanto a avaliação da SD foi possível perceber ao longo deste processo o aumento do interesse dos alunos pelas aulas de Astronomia, o que pode ser confirmado com o aumento do índice de argumentos e da qualidade das respostas dos alunos ao longo dos questionários, o que é muito interessante no processo de ensino, onde os alunos passam de uma situação passiva dentro de sala de aula para uma posição ativa, participando da aula, fazendo perguntas, demonstrando interesse pelos conteúdos ministrados.

Como sugestões para futuras pesquisas, o campo da Astronomia é muito amplo e é fonte inesgotável de inúmeras curiosidades, que fazem com que os alunos se sintam motivados a aprender, ainda mais com inúmeros assuntos nos jornais e na mídia, como por exemplo: vida extra terrestre, busca de condições de vida em Marte, a origem do universo, a descoberta de

planetas e estrelas, notícias que envolvem a tecnologia e Astronomia, o que se torna um grande potencial a ser explorado pelos docentes na área, sem contar que os alunos sentem falta dessas discussões em sala de aula. Quando eles têm abertura para fazer perguntas sobre tais assuntos eles se sentem instigados a entenderem os assuntos discutidos. O problema é que nas salas de aula existem inúmeras barreiras para que isso aconteça, como por exemplo, a falta de formação do professor para responder sobre tais assuntos, a falta de abertura para momentos de discussões durante as aulas, para assuntos que estão em destaque na mídia, rigidez do currículo, baixa carga horária, entre outras dificuldades. Desenvolvimento de pesquisas nessa área são muito bem-vindas no campo educacional, pois este campo está em crescente valorização e destaque.

## Referências

- ALVES, C.F.; MATOS, M.E. Sequência Didática para Conteúdo de Engenharia de Software. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 10, n. 3, 2018.
- ARAÚJO, D.L. O que é (e como faz) sequência didática? Entre palavras, Fortaleza - ano 3, v.3, n.1, p. 322-334, jan/jul 2013.
- ARTHURY, L.H.M.; PEDUZZI, L.O.Q. A Teoria do Big Bang e a natureza da ciência. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, n. 20, p. 59-90, 2015.
- BARDIN, Laurance. Análise de conteúdo. 3. reimp. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BARRETO, D.F. Estudo da radiação eletromagnética à luz da astronomia, no contexto das aulas de física, na 3ª série do ensino médio. Feira de Santana- BA, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, 2016. 168p. Dissertação de Mestrado. (Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Verena Freitas Paim)
- BATISTA, A.R.; SILVA, A.P.; SILVA, J.R.N. Análise das tendências presentes nos trabalhos apresentados nas edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) sobre o Ensino de Astronomia. In: XI ENPEC, 2017, Florianópolis. Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.
- BRASIL. “Lei no 5.692, de 11/8/71. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus”, DOU, Brasília, 12/8/71, retificada 18/8/71, 1971.
- BRASIL. “Lei nº 9.394, de 20/12/96. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional”, DOU, Brasília, 23/12/96, 27833, 1996.
- BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica, Brasília: MEC, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf)>. Acesso em: 28 setembro 2018.
- BRASIL. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (1ª a 4ª série), Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (5ª a 8ª série), Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio — Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília: MEC/SEMT, 2000.
- BRASIL. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais — Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

DIAS, C.A.; RITA, J. R.S. Inserção da Astronomia como disciplina curricular do ensino médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 6, p. 55-65, 2008.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. *Gêneros orais e escritos na escola*. Campinas: Mercado de Letras, p. 95-128, 2004.

DUARTE; L.P.A.A. Instituto de Física Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física Mestrado Profissional em Ensino de Física. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2016.

FERREIRA, D.; MEGLHIORATTI, F.A. Desafios e possibilidades no ensino de Astronomia. *Cadernos PDE*. Paraná, v.I, p. 2356-8, 2011.

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. Métodos de Pesquisa. *Série Educação a Distância*. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica - Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre. 2009.

GIL; A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GUIMARÃES, Y.A.F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas, 2011.

HENRIQUE, A.B. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2011.

KATO, D.S. O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores. 2007. 119f. Dissertação (mestrado - Programa de pós-graduação em Educação, área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao ensino da Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 2, p. 75-92, 2005.

LEITE, C.; BRETONES, P.S.; LANGHI, R.; BISCH, S.M. Astronomia na educação básica: o ensino de Astronomia no Brasil colonial, os programas do Colégio Pedro II, os Parâmetros Curriculares Nacionais e a formação de professores. In: Oscar Matsuura. (Org.). *História da Astronomia no Brasil*. 1 ed. Recife: Cepe Editora, 2014, v. 1, p. 542-585.

MACEDO, C.C.; SILVA, L.F. Contextualização e Visões de Ciência e Tecnologia nos Livros Didáticos de Física Aprovados pelo PNLEM. *Alexandria (UFSC)*, v. 3, p. 1-23, 2010.

MARCHI, F.; LEITE, C. Uma análise das potencialidades de um livro de literatura científica para o ensino de astronomia. *SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA*, 2011.

MARINS, F.A.Q. Astronomia: Um tema mais que necessário no Ensino Médio; Monografia (Curso de graduação em Física Licenciatura). Universidade Federal Fluminense Niterói, 2013.

- MESQUITA, A.I.S. A Teoria Do Big Bang: Concepções dos Estudantes de Licenciatura em Física do IFCE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Campus De Fortaleza Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática-PGECM Ensino De Física, 2017.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. CBC: Conteúdo básico comum de física para o ensino médio. Educação básica. Belo Horizonte, 2005.
- MIQUELANTE, M.A. PONTARA, C.L.; CRISTOVÃO, V.L.L.; SILVA, R.O. As modalidades da avaliação e as etapas da sequência didática: articulações possíveis. Trabalhos em Linguística Aplicada, v. 56, n. 1, p. 259-299, 2017.
- NEVES, M.C.D. A questão controversa da cosmologia moderna: Uma teoria e suas incongruências parte 2. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 205-228, 2000.
- OLIVEIRA FILHO, K.S.; SARAIVA, M.F.O. Astronomia e astrofísica. São Paulo: Editora Livraria da Física, v. 780, 2004.
- PEREIRA SILVA JUNIOR, O. O mirabolante mundo das partículas elementares: uma sequência didática para professores de física. Faculdade de Ciências e Tecnologia Campus de Presidente Prudente, 2015.
- QUEIROZ, V. A Astronomia presente nas séries iniciais do ensino fundamental das escolas municipais de Londrina. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- RICARDO, E.C. Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências. 2005. 257 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SILVA NETO, Gival Pordeus da. Estimando parâmetros cosmológicos a partir de dados observacionais. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2018, vol.40, n.2, e2318. Epub Dec 18, 2017.
- SOUZA, C.A.W.; Villela, T.; TELLO, C.; FERREIRA, I.S. Arqueologia Cósmica com a radiação cósmica de fundo em microondas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, p. 647-671, 2010.
- TEIXEIRA, C.H.S.; CARVALHO, W.L.P. Proposta de um ensino crítico da Astronomia em um curso de formação de professores do ensino básico; I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia. Rio de Janeiro, 2011.
- VILLELA, T.; FERREIRA, I.; WUENSCHÉ, C.A. Cosmologia observacional: a radiação cósmica de fundo em microondas. Revista USP, n. 62, p. 104-115, 2004.

**Anexo A****Pré-teste**

Nome: \_\_\_\_\_

Responda com letra legível, com as respostas mais completas possíveis, explicando detalhadamente o que for pedido.

**A) Formação**

1) Em que ano você se formou no ensino médio?

\_\_\_\_\_

2) Quais assuntos de Astronomia foram abordados em sua formação inicial?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3) Você já realizou alguma atividade extraclasse associada à Astronomia?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4) Qual (quais) temas de Astronomia mais despertam o seu interesse?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**B) Tema que será discutido**

5) Em sua opinião o Universo surgiu ou sempre existiu?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 6) Alguma vez na escola foi discutido o assunto “Big Bang”? Em caso afirmativo, o que foi discutido?

---

---

---

---

---

- 7) O que você entende por Big Bang?

---

---

---

---

---

- 8) Em sua opinião, o Universo é estático ou dinâmico? Há evidências disso?

---

---

---

---

---

- 9) O que é radiação? Como ela pode influenciar em nossa vida?

---

---

---

---

- 10) O que é radiação cósmica de fundo?

---

---

---

---

11) O que são galáxias?

---

---

---

---

12) O que é lei de Hubble? Como ela pode ser interpretada?

---

---

---

---

13) Qual a idade do universo? Como ela pode ser estimada?

---

---

---

---

**Anexo B****Pós-teste**

Nome: \_\_\_\_\_

Responda com letra legível, com as respostas mais completas possíveis, explicando detalhadamente o que for pedido.

1) Em sua opinião o Universo surgiu ou sempre existiu?

---

---

---

---

2) O que você entende por Big Bang?

---

---

---

---

3) Em sua opinião, o Universo é estático ou dinâmico? Há evidências disso?

---

---

---

---

4) O que é radiação? Como ela pode influenciar em nossa vida?

---

---

---

---

5) O que é radiação cósmica de fundo em micro-ondas?

---

---

---

---

6) O que são galáxias?

---

---

---

---

7) O que é lei de Hubble? Como ela pode ser interpretada?

---

---

---

---

8) Qual é a idade do universo? Como ela pode ser estimada?

---

---

---

---

## Anexo C

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa de mestrado intitulada: “O USO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO UM INSTRUMENTO PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: A RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO EM MICRO-ONDAS E A EXPANSÃO DO UNIVERSO”. Nesse estudo, temos como objetivo geral: analisar a aplicação de uma sequência didática na perspectiva de potencializar o ensino de Astronomia.

Para esse estudo, adotaremos os seguintes procedimentos metodológicos: Questionários com os sujeitos da pesquisa; e gravação dos áudios das aulas; a análise do material coletado será por meio da análise de conteúdo.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que será atendido pelo pesquisador.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será analisado ou utilizado de qualquer maneira sem a sua permissão. Além disso, você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pela pesquisadora responsável e a outra será fornecida a você.

Eu, \_\_\_\_\_,  
portador(a) do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado(a) dos objetivos do estudo intitulado “O USO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO UM INSTRUMENTO PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: A RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO EM MICRO-ONDAS E A EXPANSÃO DO UNIVERSO”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar da pesquisa se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas antes de assiná-lo.

Itajubá/MG, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

---

Nome e assinatura do aluno participante

---

Nome e assinatura do aluno pesquisador

---

Nome e assinatura do orientador