



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM**  
**ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA SOCIEDADE**  
**BRASILEIRA DE FÍSICA**

**PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ABORDANDO**  
**TÓPICOS DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

**MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA**

**BRASÍLIA – DF**

**2018**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO  
DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA SOCIEDADE  
BRASILEIRA DE FÍSICA

**PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ABORDANDO  
TÓPICOS DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física - Área de Concentração “Física na Educação Básica”.

Orientação:

Prof. Dr.<sup>a</sup> Vanessa Carvalho de Andrade.

BRASÍLIA – DF

2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

OM539p OLIVEIRA MENDONÇA, MARCOS  
PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA  
ABORDANDO TÓPICOS DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO / MARCOS  
OLIVEIRA MENDONÇA; orientador VANESSA CARVALHO DE ANDRADE.  
- Brasília, 2018.  
180 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissionalizante em  
Ensino de Ciências) -- Universidade de Brasília, 2018.

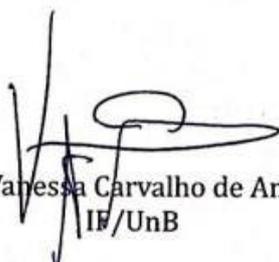
1. COSMOLOGIA. 2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA. 3. APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA. 4. UEPS. 5. TDIC. I. CARVALHO DE ANDRADE,  
VANESSA, orient. II. Título.

# “Proposta de construção de uma sequência didática abordando tópicos de Cosmologia no Ensino Médio”

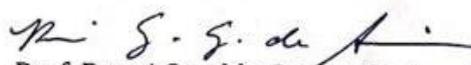
Por  
**Marcos de Oliveira Mendonça.**

Dissertação submetida ao Instituto de Física da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

Aprovada por:



Prof.ª Vanessa Carvalho de Andrade  
IF/UnB



Prof. Ronni Geraldo Gomes de Amorim  
IF/UnB



Prof. Cláudio Manoel Gomes de Sousa  
UFOPA

Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho  
Coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Instituto de Física

Dedico à minha companheira e amada esposa Letícia, aos meus  
pais e irmãos e ao meu filho Rafael,  
fonte de inspiração, esforço e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus. Criador de todo o Cosmos e regente do Universo.

À minha esposa, amiga, companheira e amada Letícia, pela paciência e apoio nos momentos difíceis.

Aos meus amados pais, Luiz e Cleci, pela Educação que me proporcionaram com amor e dedicação sempre tentando fazer o melhor que podiam e estava ao alcance deles.

Aos meus irmãos Renato e Gina, pelo amor, dedicação e motivação em todos os momentos difíceis de minha vida.

Aos meus familiares, pelos conselhos e bons exemplos que sempre procurei seguir.

À minha madrinha amada, Roseli e seus familiares, pelo apoio, conselhos, atenção e amor que me deram durante minha graduação.

À professora Vanessa, exemplo de dedicação e amor pela profissão, obrigado por todos os momentos de aprendizagem, conselhos e críticas necessários. Foi muito rica e gratificante minha caminhada sob sua orientação.

Aos professores do MNPEF-UnB, por primarem sempre pela excelência no Ensino de Física.

À Sociedade Brasileira de Física, por oportunizar esse Programa a professores de Educação Básica e fomentar as discussões a respeito do Ensino de Física no Brasil. À Universidade de Brasília e Instituto de Física, por acolherem e estarem sempre investindo no conhecimento e progresso da Ciência Brasileira.

À SEEDF, pela licença concedida para estudos, pois sem esse grande incentivo dificilmente, eu e muitos outros colegas não teríamos condições de nos aperfeiçoar em nossas profissões.

Aos colegas do curso, em especial Wesley e Marcus Vinícius, pela oportunidade de aprendizagem e troca de experiências. Foram muitos momentos de estudo e dedicação. Com a ajuda de vocês a jornada foi enriquecida.

Aos alunos, que sempre me desafiam a procurar ser melhor e mais bem preparado para as situações que nos esperam na sala de aula. Muito obrigado pela inspiração e motivação.

## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de se introduzir tópicos de Cosmologia para estudantes do Ensino Médio. A escolha para se realizar esse trabalho foi pela elaboração e aplicação de uma Sequência Didática inspirada na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e, também, no modelo de UEPS - Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, proposto por Moreira (2015). Nessa Sequência foram utilizados, como materiais potencialmente significativos, TDIC - Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, artigos científicos, e textos a respeito do tema Cosmologia. Na oportunidade o professor/pesquisador produziu um texto sobre o tema com o intuito de tornar a linguagem mais acessível para estudantes e professores de Educação Básica. A Sequência foi aplicada em uma turma regular de Ensino Médio e os resultados obtidos foram satisfatórios pelas análises realizadas a respeito da Sequência Didática e do texto autoral sobre Cosmologia. Os estudantes demonstraram interesse e indícios de aprendizagem significativa através da abordagem utilizada.

Palavras-chave: Cosmologia. Sequência Didática. Aprendizagem Significativa. UEPS. TDIC. Materiais Potencialmente Significativos.

## **ABSTRACT**

The present work was developed with the aim of introducing topics of Cosmology for high school students. The choice to perform this work was for the elaboration and application of a Didactic Sequence inspired by the theory of Significant Learning of David Ausubel and also in the model of UEPS - Units of Education Potentially Significant, proposed by Moreira (2015). In this sequence were used, as potentially significant materials, TDIC - Digital Technologies of Information and Communication, scientific articles, and texts regarding the theme Cosmology. In the opportunity the teacher / researcher produced a text on the subject with the intention of making the language more accessible for students and teachers of Basic Education. The sequence was applied in a regular high school class and the results obtained were satisfactory by the analyzes carried out regarding the Didactic Sequence and the author's text on Cosmology. Students demonstrated interest and significant learning cues through the approach used.

**Keywords:** Cosmology. Didactic Sequence. Significant Learning. LIFO. TDIC. Potentially Significant Materials.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado Teste 1: Gravitação Universal e Lei de Kepler .....	67
Gráfico 2 - Resultado Teste 2: Relatividade Restrita .....	68
Gráfico 3 - Respostas à pergunta 01 .....	70
Gráfico 4 - Respostas à pergunta 02 .....	71
Gráfico 5 - Respostas à pergunta 03 .....	72
Gráfico 6 - Respostas à pergunta 04 .....	74
Gráfico 7 - Resposta à pergunta 05 .....	75
Gráfico 8 - Respostas à pergunta 06 .....	76
Gráfico 9 - Respostas à pergunta 01 .....	78
Gráfico 10 - Respostas à pergunta 02 .....	79
Gráfico 11 - Respostas à pergunta 03 .....	80
Gráfico 12 - Respostas à pergunta 04 .....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem texto 01 .....	82
Figura 2 - Imagem texto 02 .....	83
Figura 3 - Imagem texto 03 .....	83
Figura 4 - Imagem texto 04 .....	84
Figura 5 - Imagem texto 05 .....	84
Figura 6 - Imagem texto 06 .....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado Teste 1 .....	66
Tabela 2 - Resultado Teste 2 .....	67
Tabela 3 - Respostas à pergunta 01 .....	70
Tabela 4 - Respostas à pergunta 02 .....	71
Tabela 5 - Respostas à pergunta 03 .....	72
Tabela 6 - Respostas à pergunta 04 .....	73
Tabela 7 - Respostas à pergunta 05 .....	74
Tabela 8 - Respostas à pergunta 06 .....	76
Tabela 9 - Respostas à pergunta 01 .....	78
Tabela 10 - Respostas à pergunta 02 .....	79
Tabela 11 - Respostas à pergunta 03 .....	80
Tabela 12 - Respostas à pergunta 04 .....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CERN	Conseil Européen pour La Recherche Nucléaire
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FATEC	Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo
FC	Física Clássica
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FMTM	Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro
FURG	Fundação Universidade Federal do Rio Grande do Sul
IF Unesp	Instituto de Física da Universidade Estadual Paulista
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
PAS 3	Programa de Avaliação Seriada da Universidade de Brasília 3ª Etapa
PAS UnB	Programa de Avaliação Seriada da Universidade de Brasília
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
PPP	Projeto Político Pedagógico
PUC RS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TGR	Teoria Geral da Relatividade
TRG	Teoria da Relatividade Geral
TRR	Teoria da Relatividade Restrita
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina

UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas
UERJ	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UnB	Universidade de Brasília
UniEvangélica – GO	Centro Universitário de Anápolis
UNISC RS	Universidade de Santa Cruz do Sul
UNIUBE	Faculdade de Uberaba

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 Justificativas para o Trabalho .....	17
1.2 Questões da Pesquisa .....	18
1.3 Objetivos da Pesquisa .....	18
1.4 Realidade da Escola e Organização do Trabalho.....	19
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>21</b>
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel .....	21
2.1.1 Assimilação e Assimilação Obliteradora.....	22
2.1.2 Subsunção Subordinada.....	23
2.1.3 Aprendizagem Superordenada.....	23
2.1.4 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa .....	23
2.1.5 Hierarquias Conceituais.....	24
2.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira .....	24
2.2.1 Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar / aprender perguntas ao invés de respostas. ....	26
2.2.2 Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais. ....	26
2.2.3 Princípio do aprendiz como perceptor / representador.....	27
2.2.4 Princípio do conhecimento como linguagem .....	27
2.2.5 Princípio da consciência semântica .....	28
2.2.6 Princípio da aprendizagem pelo erro .....	28
2.2.7 Princípio da desaprendizagem.....	29
2.2.8 Princípio da incerteza do conhecimento.....	29
2.2.9 Princípio da não utilização do quadro de giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.....	30
2.3 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS .....	30
2.4 Aspectos Legais para o Ensino Médio.....	31
2.5 Uma breve discussão sobre Cosmologia.....	34
2.5.1 Eras Cosmológicas .....	36
<b>3 REVISÃO DE TRABALHOS ANTERIORES.....</b>	<b>38</b>
3.1 Revisão de Trabalhos sobre FMC com ênfase em Cosmologia e uso de TDICs .....	38
3.2 Análise de obras que abordam FMC no Ensino Médio: .....	43
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
4.1 A Concepção da Proposta da Sequência Didática .....	45

4.2	Justificativa para Construção do Produto Educacional.....	45
4.3	Descrição da Turma, da Escola e do Projeto Pedagógico onde a Sequência foi aplicada.....	45
4.3.1	Desenvolvimento prévio para Aplicação do Produto .....	46
4.4	Cronograma.....	46
<b>5</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL:.....</b>	<b>48</b>
5.1	Concepção do Produto Educacional .....	48
5.2	Sequência Didática.....	48
5.3	Sobre o texto autoral a respeito de Cosmologia: .....	55
5.4	Sobre os instrumentos de Avaliação .....	55
<b>6</b>	<b>RELATO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>57</b>
6.1	Trabalho prévio a aplicação da Sequência didática .....	57
6.1.1	Trabalho realizado no 1º Bimestre .....	57
6.1.2	Trabalho realizado no 2º Bimestre .....	58
6.1.3	Trabalho realizado no 3º Bimestre .....	59
6.1.4	Trabalho realizado no 4º Bimestre .....	59
6.2	Relato de Aplicação da Sequência Didática .....	59
6.2.1	Relato da 1ª Aula .....	59
6.2.2	Relato da 2ª Aula .....	60
6.2.3	Relato das 3ª e 4ª Aulas .....	61
6.2.4	Relato da 5ª Aula .....	62
6.2.5	Relato da 6ª Aula .....	63
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE.....</b>	<b>66</b>
7.1	Testes Diagnósticos .....	66
7.2	Questionários de Opinião.....	69
7.2.1	Questionário de Opinião a respeito da Sequência Didática.....	70
7.2.2	Questionário de Opinião a Respeito do Texto Produzido sobre Cosmologia ....	77
7.3	Resultado e Análise do Pós-Teste.....	82
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>86</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>92</b>
	<b>APÊNDICE B – TESTE 1 E TESTE 2 .....</b>	<b>135</b>
	<b>APÊNDICE C – TEXTO AUTORAL SOBRE COSMOLOGIA: .....</b>	<b>148</b>
	<b>APÊNDICE D – QUESTIONÁRIOS DE OPINIÃO 1 E 2.....</b>	<b>160</b>
	<b>APÊNDICE E - TCLE .....</b>	<b>164</b>

<b>APÊNDICE F – DIÁLOGOS ENTRE PROFESSOR E ESTUDANTES NO GRUPO “TERCEIRÃO” PELO APLICATIVO WHATSAPP:.....</b>	<b>166</b>
<b>ANEXO A – TUTORIAL DO SOFTWARE STELLARIUM.....</b>	<b>169</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a maioria dos professores de Ensino Médio não costuma abordar tópicos de FMC em suas aulas. Nos planejamentos dão mais ênfase a tópicos de FC (Física Clássica) e costumam abordar Física Moderna quando sobra tempo.

As razões para essa postura podem ser exemplificadas pela insegurança em se abordar temas de FMC por serem considerados mais difíceis e, também, pelo fato desses conceitos não terem sido trabalhados de forma eficaz durante suas formações acadêmicas.

Além disso, muitos educadores acham que tópicos de Física Moderna são pouco cobrados em exames vestibulares, consideram que a Física Clássica é mais relevante para o cotidiano, não encontram materiais com linguagem apropriada para professores e estudantes de Ensino Médio e, em contrapartida encontram quantidade muito maior de exercícios e materiais de apoio relacionados à FC (JARDIM; GUERRA, 2013).

Diante dessa realidade e procurando encontrar uma alternativa viável para que professores possam se sentir encorajados e motivados a abordar tópicos de Física Contemporânea para com seus estudantes, esse trabalho tenta trazer uma proposta de se abordar tópicos de Cosmologia em uma linguagem acessível aos professores e estudantes da Educação Básica (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

### 1.1 Justificativas para o Trabalho

Uma das justificativas para a abordagem de tópicos de Cosmologia está no fato do assunto estar presente no cotidiano dos estudantes através de livros, séries e filmes de ficção científica. Somado a isso, os veículos de informação sempre trazem notícias sobre a descoberta de novos exoplanetas, pulsares, colisões de buracos negros e galáxias, ondas gravitacionais, novas missões espaciais, dentre outras informações que despertam o interesse e a curiosidade das pessoas.

Além disso, os progressos da Ciência rendem inúmeras descobertas nos diversos ramos do conhecimento e podem gerar muita riqueza para as nações que investem em Ciência e Tecnologia.

O estudante e toda sociedade, diante desses fatos, tem o direito de estar a par do conhecimento que está sendo descoberto dia a dia. O ensino de Física pode contribuir dando uma noção básica da estrutura da matéria, da origem, estrutura e evolução do Universo, tornando, dessa forma, o estudante mais consciente e participativo do mundo contemporâneo.

Além disso, a Física abordada no Ensino Médio não costuma ultrapassar a Física do século XIX, tornando o assunto um pouco desestimulante já que muitas inovações tecnológicas presentes da vida dos educandos são aplicações de FMC (OLIVEIRA, 2017)

Dessa forma é fundamental que se busque, mesmo que de forma qualitativa, abordar os temas da Física Contemporânea para que estudantes se sintam estimulados e desafiados a ingressar na área das Ciências Exatas. Pois é fundamental que o curso de Física oferecido para alunos de Ensino Médio mostre de maneira clara que a Física é uma construção humana e não uma ciência acabada e sem novas perspectivas (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

## 1.2 Questões da Pesquisa

Diante da escolha em se abordar tópicos de Cosmologia para estudantes de Ensino Médio, aparece o desafio que pode ser resumido pela seguinte questão:

*COMO CONSTRUIR UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE ABORDE DE FORMA QUALITATIVA E MOTIVADORA TÓPICOS DE COSMOLOGIA PARA ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO?*

Em outros capítulos desse trabalho procuraremos explicar de forma detalhada como será a construção da Sequência Didática abordando tópicos de Cosmologia com uma linguagem apropriada para os estudantes de Ensino Médio e com o objetivo de tentar obter indícios de aprendizagem significativa.

## 1.3 Objetivos da Pesquisa

A pesquisa a que nos propusemos tem como **Objetivo Geral**:

- Construir uma Sequência Didática que aborde tópicos de Cosmologia para Estudantes de Ensino Médio e tentar obter, de forma qualitativa, indícios de aprendizagem significativa, através de materiais potencialmente significativos.

Além do Objetivo Geral, existem ainda **Objetivos Específicos** a serem alcançados de forma a se tentar obter aprendizagem significativa e motivar os estudantes a ter gosto em estudar Física:

- Discutir, de forma qualitativa, tópicos de Relatividade Geral e Restrita bem como outros temas relacionados a Cosmologia;

- Promover a inclusão digital através do uso de Softwares e Aplicativos com o intuito de se entender conceitos relacionados à Cosmologia e Astronomia;
- Incentivar o debate a respeito de temas relacionados à Cosmologia com o uso de TDIC, textos, artigos e discussões mediadas pelo professor regente/pesquisador;
- Propor atividades de leitura com materiais potencialmente significativos e de elaboração de texto com o objetivo de se tentar obter indícios de aprendizagem significativa.

#### **1.4 Realidade da Escola e Organização do Trabalho**

O trabalho que iremos apresentar nos capítulos seguintes foi organizado e planejado com o objetivo de se elaborar uma proposta de inserção de tópicos de Cosmologia para estudantes da Educação Básica. Para que isso acontecesse de forma eficaz optamos pela utilização de materiais potencialmente significativos buscando uma aprendizagem significativa com uma abordagem diferente da tradicional, chamada de aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2015).

A Sequência Didática foi aplicada em uma Escola Particular, situada na cidade do Guará-DF, e composta de quatro turmas de Ensino Médio e 04 turmas de Ensino Fundamental. A turma de 3º Ano do Ensino Médio, a qual foi aplicada a Sequência, era composta de 40 alunos entre as idades de 16 a 18 anos.

Como será descrito mais adiante, os estudantes, em sua maioria, apresentavam dificuldades em Ciências Exatas e uma abordagem diferente da tradicional poderia gerar melhores resultados do que os obtidos atualmente. Além disso, o trabalho pode servir de incentivo e motivar alunos a ingressar em cursos de Exatas.

Para esclarecer o que foi realizado nesse trabalho, iremos resumir nos próximos parágrafos o que foi feito em cada capítulo.

No capítulo 2, abordaremos os referenciais teóricos que foram utilizados como base conceitual para a construção do Produto Educacional. Começaremos falando da Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, logo em seguida, falaremos da teoria da aprendizagem significativa crítica proposta por Marco Antônio Moreira, das UEPS, como propostas de Sequências Didáticas para a promoção da aprendizagem significativa. Além disso, abordaremos tópicos relativos à Legislação vigente para a Educação Básica do país, dando ênfase a introdução de FMC para estudantes do Ensino Médio.

No capítulo 3, falaremos sobre os trabalhos anteriores relacionados FMC, em especial a tópicos de Cosmologia. Além disso, veremos algumas propostas de abordagem, em sala de aula, de tópicos de Física Contemporânea para estudantes de Ensino Médio com a utilização de TDIC. No final do capítulo, há uma análise de alguns livros didáticos que abordam temas de FMC no Ensino Médio que foram feitas por Ostermann e Moreira (2000) no artigo “Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio”.

No capítulo 4, falaremos sobre as concepções sobre a construção do Produto Educacional bem como sua aplicação. No capítulo, há um cronograma onde são apresentados os recursos e atividades a serem executadas em cada aula. Nesse capítulo fazemos uma previsão teórica de como será a aplicação do Produto.

No capítulo 5, abordaremos a metodologia de aplicação do Produto Educacional. A aplicação está organizada na forma de aulas com descrição detalhada nos objetivos, conceitos e referencial teórico, bem como, as ferramentas que serão utilizadas com fundamentação teórica. O cronograma que se encontra no final do capítulo 4 auxilia o entendimento e a dinâmica de aplicação do Produto que é descrita no capítulo 5.

O capítulo 6 é dedicado a descrever a aplicação do Produto Educacional. No começo do capítulo fazemos uma descrição do que foi feito durante o ano letivo através de 4 bimestres. Posteriormente, começamos a relatar a aplicação do Produto, aula por aula, e descrevendo os relatos dos estudantes ao longo da aplicação da Sequência bem como as discussões que foram ocorrendo durante as aulas.

No capítulo 7, são feitas as análises finais dos resultados. Foram aplicados dois Pré-testes para se avaliar os subsunçores necessários para a aplicação da Sequência, dois Questionários de Opinião para avaliar o Produto Educacional e outro para avaliar o texto autoral produzido pelo professor/pesquisador e um pós-teste para avaliar se houve indícios de aprendizagem significativa.

No capítulo 8, fizemos uma conclusão a respeito do trabalho. Analisamos se houve efetividade na aplicação da Sequência e avaliamos a importância de se introduzir tópicos de FMC para estudantes de EM, com ênfase em Cosmologia e, também, sobre a relevância de se produzir material que aborde temas de FMC com linguagem apropriada para professores e alunos da Educação Básica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A teoria de Ausubel pode ser enquadrada como cognitivista, ou seja, todo o conhecimento e ideias do indivíduo estão organizados em uma estrutura chamada de estrutura cognitiva. Dessa forma, há uma preocupação em organizar as informações para que o aprendizado ocorra de maneira mais eficaz. (MOREIRA, 2015)

Ausubel propõe a construção da aprendizagem ancorada em conhecimentos prévios do sujeito e que o material e a forma de se introduzir a nova informação sejam potencialmente significativos, ou seja, que integrem o que o aluno já sabe e que sejam utilizados de uma forma planejada e organizada. Esse material deve se conectar a algum conceito já adquirido pelo aluno, que seja significativo para ele e pode ser utilizado assim para a introdução de novos conceitos.

Essa nova informação a ser introduzida deve relacionar-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, esse processo envolve uma interação entre a nova informação e uma estrutura de conhecimento específica para esse aprendizado, a qual, Ausubel chama de conceito subsunçor ou, simplesmente, subsunçor (MOREIRA, 2015).

Segundo Ausubel, o conhecimento está organizado de forma hierárquica em nossa estrutura cognitiva e o ato de ensinar deve levar isso em conta. Para se introduzir um novo conhecimento, como o de Força de Atrito, por exemplo, é importante que o estudante tenha o subsunçor mais abrangente que seria o conceito de força e, dessa forma, a aprendizagem se daria de forma mais eficiente do que, simplesmente, introduzir sem planejamento ou de forma arbitrária o conceito de força de atrito. Utiliza-se assim, o conceito de força como âncora para se chegar ao conceito de força de atrito. Porém, é importante destacar que após a introdução do conceito de força de atrito o conceito de força sofrerá uma alteração tornando-se mais abrangente e servindo de âncora para novas aprendizagens.

Ausubel chama de *aprendizagem mecânica* a introdução de novos conceitos de forma aleatória e desconectada com os conhecimentos prévios. Nesse tipo de aprendizagem não se leva em consideração a estrutura hierárquica proposta em sua teoria. Porém, quando o aluno vai aprender um assunto totalmente novo, a introdução dos conceitos básicos pode se dar de forma mecânica e à medida que ele vai aumentando seu conhecimento a respeito do novo tema os conceitos poderão ser interligados em sua estrutura cognitiva. A aprendizagem mecânica, em alguns momentos, pode auxiliar no processo de construção dos conceitos iniciais e servir como ponto de partida para a aprendizagem significativa.

Outra estratégia citada pelo autor se refere aos organizadores prévios que podem ser utilizados para potencializar a aprendizagem de um novo tema ou conectá-lo de forma mais eficiente com subsunçores do aprendiz. Como exemplo, podemos citar alguns meios pelos quais os organizadores prévios podem ser apresentados ao estudante: a introdução de vídeos, imagens, sons ou textos significativos.

O material a ser utilizado na introdução de um novo assunto deve ser potencialmente significativo, como já foi citado anteriormente, porém, é importante destacar que nada disso será eficaz se esse material não for significativo para o aprendiz. Pois ele deve estar em conexão com os subsunçores do estudante. Além disso, mesmo o material sendo potencialmente significativo para o estudante não deve ser usado de forma arbitrária com simples memorização, pois dessa forma a aprendizagem não ocorrerá de forma significativa.

Para verificar se houve ou não aprendizagem significativa, o autor recomenda que o professor se arme de várias ferramentas para a verificação da aprendizagem, como questões diferentes das propostas no dia a dia. O aluno deve ser desafiado a resolver questões em que ele expresse total conhecimento do assunto abordado através de perguntas que sejam diferentes das trabalhadas em sala de aula, por exemplo. De fato, de acordo com o autor, o aluno cria mecanismos, por meio da repetição na execução de questões, para solucionar problemas de forma quase mecânica. Portanto, para se verificar se houve ou não aprendizagem significativa, o professor deve utilizar-se de várias formas de avaliar a capacidade do aluno.

### *2.1.1 Assimilação e Assimilação Obliteradora*

A assimilação ajuda a entender como se forma a estrutura cognitiva do aluno. Para Ausubel, a assimilação se dá quando um conceito, potencialmente significativo, é assimilado por um conceito mais abrangente (subsunçor). Se a aprendizagem ocorrer de forma significativa, o novo conceito irá se juntar ao mais abrangente de forma que os dois serão enriquecidos. (MOREIRA; MASINI, 2006)

Esse novo conceito juntamente com o subsunçor que já existia formará o produto interacional (subsunçor modificado). Esse produto modificado pode ser entendido como uma soma indissolúvel, ou seja, o subsunçor ficará mais abrangente com a aquisição do novo conceito ou informação e não voltará a sua forma original.

Após um período, esse produto passará por modificações como esquecimento e associação com outros subsunçores. Esse amadurecimento, segundo Ausubel, é importante para a acomodação do novo conhecimento na estrutura cognitiva.

De acordo com o autor, o esquecimento de algumas informações menos relevantes no processo de aprendizagem faz parte do processo de acomodação da informação do cérebro (estrutura cognitiva). Outra informação importante é que durante o processo de retenção das informações elas ficam dissociadas das ideias âncora. Porém, ao final do processo de acomodação, elas formam um único subsunçor já modificado. Dessa forma, o sujeito terá um conceito mais abrangente do que o que ele possuía antes da nova ideia ser introduzida e sempre que for acessar esse conhecimento em sua estrutura cognitiva ele terá uma visão mais ampla do que a que possuía inicialmente. A esse último processo, dá-se o nome de assimilação obliteradora.

### 2.1.2 *Subsunção Subordinada*

No processo de subsunção subordinada o conceito novo se integra, de forma significativa, com o subsunçor que já existia na estrutura cognitiva do sujeito. Essa subsunção pode ser dividida em dois processos (MOREIRA; MASINI, 2006):

- a) Subsunção derivativa: quando a nova ideia se agrega ao subsunçor na forma de um exemplo ou algo que ilustre os conceitos pré-estabelecidos. Esse processo se dá de maneira mais simples e pode ser entendido como um mecanismo para facilitar a assimilação das ideias e dos conceitos.
- b) Subsunção correlativa: quando o tópico a ser introduzido é uma extensão, elaboração ou qualificação dos conceitos aprendidos. Esse processo é mais complexo e pode modificar positivamente ou prejudicar os conceitos já assimilados.

### 2.1.3 *Aprendizagem Superordenada*

Nesse processo um novo conceito é adquirido através de subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito. Porém, esse novo conceito engloba os outros por ser mais abrangente. Um exemplo seria a aprendizagem de conceitos como cão, gato, vaca e, posteriormente, com o desenvolvimento do aprendiz a aprendizagem do conceito de mamífero (que engloba todos eles).

### 2.1.4 *Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa*

Na visão ausubeliana, a introdução de um novo conceito ou ideia deve se iniciar do assunto mais abrangente para o menos, pois, dessa forma, o educando conseguirá construir

com maior facilidade uma conexão entre o que será introduzido e os subsunçores. Esse modelo, que é conhecido como diferenciação progressiva, usa “organizadores” para conectar os subsunçores relevantes na introdução do novo tópico.

Além da diferenciação progressiva, Ausubel, ainda cita em sua teoria a importância de se relacionar os temas afins durante a introdução de um novo conceito. De acordo com ele não se deve ensinar de forma fragmentada, como muitos livros didáticos fazem atualmente. Ele considera que, ao relacionar os temas de forma a facilitar e aproveitar a relação entre determinados conceitos, o aprendizado ocorre de uma maneira mais simples e fácil. Essa relação entre os conceitos já apreendidos e os novos, mostrando suas diferenças e semelhanças, pode ser entendida como Reconciliação Integrativa.

### 2.1.5 Hierarquias Conceituais

De acordo com Ausubel, toda disciplina tem sua estrutura conceitual hierarquizada de modo que há conceitos mais abrangentes que englobam e complementam-se com conceitos menos abrangentes.

Ele defende a ideia, como já foi dito anteriormente, que introduzir o conteúdo começando-se dos temas mais abrangentes para os menos abrangentes facilita a aprendizagem significativa. Essa estrutura hierarquizada deve ser bem estruturada de modo a identificar os temas que estão subordinados aos mais abrangentes, pois, assim, a conexão entre as ideias e conceitos pode ocorrer de forma mais eficiente.

## 2.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira

No livro “Teaching as a subversive activity”, de Postman e Weingartner (1969), os autores criticam a forma de ensinar da época através das seguintes ideias:

1. O conceito de “verdade” absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má.
2. O conceito de certeza. Existe sempre uma e somente uma resposta “certa”, e é absolutamente “certa”.
3. O conceito de entidade isolada, ou seja, “A” é simplesmente “A”, e ponto final, de uma vez por todas.
4. O conceito de estados e “coisas” fixos, com a concepção implícita de que quando se sabe o nome se entende a “coisa”.
5. O conceito de causalidade simples, única, mecânica; a ideia de que cada efeito é o resultado de uma só, facilmente identificável, causa.
6. O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas: bom-ruim, certo-errado, sim-não, curto-comprido, para cima-para baixo etc.

7. O conceito de que o conhecimento é “transmitido”, que emana de uma autoridade superior, e deve ser aceito sem questionamento. (MOREIRA, 2015)

As críticas de Postman e Weingartner, feitas há mais de quarenta anos, ainda podem ser aplicadas à forma de ensinar atual. Na maioria das escolas os professores ensinam seus alunos como detentores do saber e meros transmissores do conhecimento. Enquanto que seus alunos reproduzem conceitos de livros textos e aulas expositivas em atividades, muitas vezes que não promovem interação ou troca de ideias. A aprendizagem que se observa nos dias atuais ainda é, na maioria das vezes, a chamada aprendizagem mecânica. Na aprendizagem mecânica não há interação entre professor e aluno, as atividades não são diversificadas e o aluno não é levado a construir um conceito e sim pegá-lo de forma pronta. Como citado nas críticas de Postman e Weingartner, as questões trabalhadas em sala de aula são, em sua maioria, de Certo ou Errado, e com uma única e absoluta opção certa.

A proposta de ensino como atividade subversiva propõe um ensino mais crítico e participativo em que o aluno passa a ter um papel mais ativo no processo de ensino e aprendizagem e mais preparado para os desafios do mundo moderno. Como alternativa a essa aprendizagem mecânica criticada por Postman e Weingartner, Marco Antônio Moreira propõe a aprendizagem significativa crítica, que utiliza como base a teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel.

Na aprendizagem significativa o estudante aprende de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Através do que ele já sabe, introduz-se o novo conhecimento de forma integrada e planejada. Na aprendizagem significativa o estudante não estuda os conceitos de forma aleatória e desarticulada, como na aprendizagem mecânica. Além disso, com a aprendizagem do novo, o conhecimento prévio pode ser modificado, enriquecido, ou até englobado. A aprendizagem significativa não estimula a simples memorização ou reprodução dos conceitos e sim a produção e construção do conhecimento.

Mas para se promover a aprendizagem significativa necessita-se de muitas mudanças na estrutura do ensino e aprendizagem. Moreira propõe em sua teoria da Aprendizagem Significativa Crítica caminhos para se alcançar a aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades, mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo. É esse o significado de subversivo para Postman e Weingartner. (MOREIRA, 2015).

Diferentemente do que propõe Postman e Weingartner, com o ensino subversivo, Moreira propõe a aprendizagem subversiva tendo a aprendizagem significativa crítica como o caminho para que o aluno seja mais ativo no processo de ensino e aprendizagem e seja capaz de fazer parte de sua cultura sem ser subjugado por ela. Nessa perspectiva, o aluno é capaz de lidar com a tecnologia, sem ser um tecnófilo, estar mergulhado na informação e continuar sendo crítico a ela.

A aprendizagem significativa crítica promove, de acordo com Moreira, uma mudança profunda na forma de ensinar e de certa maneira, procura preparar de maneira muito mais eficaz o sujeito para as novas ideias presentes no mundo contemporâneo como Relatividade, Incerteza, Probabilidade, dentre outras.

Tendo como suporte as propostas de Postman e Weingartner e a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Moreira propõe alguns princípios e estratégias para a facilitação da aprendizagem significativa crítica.

#### *2.2.1 Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar / aprender perguntas ao invés de respostas.*

Nesse princípio o autor propõe uma postura de maior interação e troca de ideias entre professor e aluno. Que o aluno participe das discussões como agente ativo em ideias e contraposições e que não aceite a informação de forma passiva. O professor, dentro dessa lógica de ensino e aprendizagem, deve criar uma atmosfera para se promover sempre o debate crítico. O aluno deve, ainda, ser capaz de elaborar questões que demonstrem aprendizagem significativa.

Essa proposta difere da educação mecânica que traz sempre a ideia de professor como transmissor do conhecimento e alunos como reprodutores do conhecimento em questões previamente elaboradas em livros e atividades avaliativas.

#### *2.2.2 Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.*

Nesse princípio, o autor propõe a importância de se diversificar os materiais utilizados em sala de aula. Ele critica a importância que se dá ao livro didático, como se ele fosse a única opção dentre tantas, além, de reprodutor de “verdades” enraizadas, conceitos absolutos e imutáveis, questões Certas ou Erradas. O autor chama a atenção para outros materiais didáticos, tais como: artigos, textos jornalísticos, contos, vídeos, poesias, crônicas, dentre outras formas de produção do conhecimento humano.

Ele chama atenção, ainda, para outras estratégias de aprendizagem como o Vê epistemológico de Gowin e os mapas conceituais propostos por Novak.

É importante esclarecer, no entanto, que o autor não propõe a não utilização de livro didático, mas que o professor deve tomar cuidado para não se tornar reproduzidor do livro texto e a importância de não o colocar como única e principal fonte de pesquisa para o aluno.

### 2.2.3 *Princípio do aprendiz como perceptor / representador.*

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel estrutura-se na ideia de que o aluno é um receptor do novo conhecimento e que ele irá receber esse conhecimento e não ser levado a construí-lo. Deve-se enfatizar que nessa teoria o estudante não é um agente passivo, ou seja, haverá interação e relação entre o que está sendo passado e o que já se sabe por parte do aprendiz.

Na proposta de Moreira, da aprendizagem significativa crítica, o aprendiz é considerado um perceptor, ou seja, leva-se em conta que o que é ensinado é percebido de forma diferente por cada aluno, pois se considera que cada pessoa percebe a informação de acordo com sua estrutura cognitiva e da forma que lhe é mais conveniente ou eficiente. Se cada pessoa percebe o que está sendo transmitido pelo professor de uma forma, então, caberá ao professor interagir ao máximo com o aluno para tentar aproximar sua forma de ver o conhecimento (pois o professor também é um perceptor nessa teoria) com a do estudante.

Mais uma vez deve-se valorizar o debate e a diversidade na forma de se ensinar para se tentar atingir o objetivo da aprendizagem significativa crítica.

### 2.2.4 *Princípio do conhecimento como linguagem*

Nesse princípio, o autor chama a atenção para a importância da linguagem no processo de ensino e aprendizagem, pois através da linguagem nós expressamos a percepção do mundo e das informações que recebemos. A ideia de que a linguagem expressa nosso pensamento e que ela reflete o que vemos é um pouco ingênua, pois a linguagem está totalmente implicada em todas as tentativas de perceber a realidade.

Existe uma linguagem própria da Ciência que é formada por símbolos, conceitos, fórmulas e é importante o estudante e seus professores estarem sempre discutindo e propagando essa linguagem em sala para que se torne mais próxima da realidade do estudante.

Pelo que podemos observar no parágrafo anterior, a linguagem pode ser entendida como conhecimento e, para se ter o conhecimento de determinada área é importante dominar a sua linguagem.

### *2.2.5 Princípio da consciência semântica*

Nesse princípio, Moreira fala sobre o poder das palavras e que quando um conceito vem associado a uma palavra fica difícil de desassociá-lo ou modificá-lo. A aprendizagem nessa abordagem deve focar na ideia de que o significado não está na palavra e sim nas pessoas. Pois o significado das palavras foi atribuído por pessoas. Novamente o autor chama a atenção para a percepção como algo individual e o cuidado que se deve ter ao achar que todos têm o mesmo entendimento ou percepção de determinada coisa ou palavra. A maneira como cada pessoa descreve um fenômeno ou interpreta uma palavra está associado ao seu conhecido prévio. O princípio da consciência semântica se dá quando professor e aprendiz compartilham os significados dos assuntos abordados no currículo. Dessa forma com o compartilhamento de ideias e percepções haverá maior chance de obterem um melhor resultado no processo de ensino e aprendizagem. Outro ponto interessante dessa abordagem está no fato de que uma palavra não caracteriza um fenômeno, ela dá significado a ele e esse significado pode ser modificado e enriquecido ou até mesmo mudado.

### *2.2.6 Princípio da aprendizagem pelo erro*

Nesse princípio o autor fala sobre o fato de que a educação atual foca muito o ensino em Certo ou Errado e que o erro geralmente é punido no processo de aprendizagem. Ele nos convida a mudar o foco e notar que errar é uma atividade humana que faz parte da construção do conhecimento, que a forma de aprender deve se basear em errar e corrigir os erros e estar sempre com a perspectiva de que o conceito de que se tem hoje é uma construção histórica e que um conceito que é aceito hoje não necessariamente será aceito no futuro. O aluno deve ser conscientizado de que errar faz parte do processo de aprendizagem e deve sempre questionar os conceitos, pois as verdades não devem ser encaradas como absolutas. Esse princípio chama atenção, ainda, para o fato de que quando o estudante aprende dessa forma ele é levado a aprendizagem significativa crítica, diferentemente da mecânica.

Nessa perspectiva os professores seriam detectores de erros e tentariam sempre auxiliar seus alunos a reduzirem seus erros e aprimorarem suas habilidades.

### 2.2.7 *Princípio da desaprendizagem*

Esse princípio ancora-se na ideia de que alguns subsunçores podem atrapalhar a aprendizagem de um novo conceito, como, por exemplo, para se aprender Mecânica Quântica o estudante deve desaprender (não utilizar os subsunçores) conceitos de Mecânica Clássica. Não se trata de esquecer o subsunçor, pois no caso de aprendizagem significativa, isso será impossível, mas de torná-lo irrelevante no processo de aprendizagem em questão. Essa desaprendizagem deve ser consciente por parte do aprendiz e deve se basear na ideia do que deve ser usado (relevante) e o que não deve ser usado (irrelevante) do conhecimento prévio.

### 2.2.8 *Princípio da incerteza do conhecimento*

Esse princípio é uma extensão do que já foi dito em alguns princípios anteriores. Aqui se chama a atenção sobre os mecanismos com os quais a linguagem humana constrói sua visão de mundo através de Definições, Perguntas e Metáforas.

Nesse princípio o autor chama a atenção para a forma como o conhecimento é transmitido ou apresentado aos estudantes. As definições dos conceitos são, por exemplo, apresentadas como algo já estabelecido e da forma como é passada, na aprendizagem mecânica, como algo definitivo sendo que a definição de algo é uma invenção para alguma finalidade específica que se relaciona a algum subsunçor. Vale a pena lembrar que as definições não são reais como as nuvens, as montanhas e outros objetos do mundo físico como associado por alguns educandos.

As perguntas são instrumentos de percepção, ou seja, o aprendiz irá assimilar de acordo com as perguntas elaboradas durante a troca de informações com o professor e suas perguntas serão elaboradas de acordo com seu conhecimento prévio. A elaboração de perguntas, como já foi dito anteriormente, é um importante mecanismo para a aprendizagem significativa, pois o aprendiz consegue relacionar o conhecimento já aprendido com o novo.

As metáforas são construções mentais para descrever o mundo. De certa forma, elas podem ser usadas na Física, por exemplo, para descrever fenômenos ou modelos físicos. Através de metáforas pode-se chegar melhor na compreensão de determinado fenômeno da natureza ou modelo Físico.

Esse princípio chama atenção para o fato de que o conhecimento humano é uma construção do homem que pode estar errada ou em construção.

### *2.2.9 Princípio da não utilização do quadro de giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino*

Nesse princípio o autor chama a atenção novamente para a importância da diversidade nas estratégias de ensino. O quadro negro, da mesma forma que o livro didático, quando usado como única estratégia pedagógica, pode ser um local para os estudantes onde o professor escreve as “verdades” contidas no livro. Ele simboliza a forma de aprendizagem mecânica que está baseada no professor como transmissor do conhecimento e o aluno como receptor passivo das informações desconectadas e sem coerência na estrutura cognitiva. Além disso, o uso cada vez menor do quadro negro e o aumento de estratégias de ensino como painéis, seminários, projetos, pesquisas, discussões pode tornar a aprendizagem significativa. Claro que a simples abolição do quadro negro não garante a aprendizagem significativa, ela, para ser efetiva precisa de planejamento e sempre considerar o conhecimento prévio do educando.

Com esses princípios, o autor nos mostra caminhos para a ocorrência da aprendizagem significativa subversiva ou crítica, que ele considera mais eficiente. E conclui que em sua teoria são apresentados dois lugares-comuns dos eventos educativos, a aprendizagem e o ensino. Aqui não foram estudados currículo, o contexto e a avaliação. Esses são igualmente importantes no processo educativo, pois, ao desconsiderá-los em uma análise geral, isso pode acarretar em aprendizagem mecânica.

## **2.3 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**

UEPS são sequências didáticas alicerçadas, principalmente, na teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel. Elas foram propostas por Moreira (2011) como alternativa a aprendizagem mecânica baseada na narrativa do professor (detentor do saber) e do aluno como mero receptor passivo desse saber. A justificativa da UEPS, segundo Moreira, se dá pelo fato de que os estudantes, aprendendo de forma mecânica não conseguem se aprofundar nos temas propostos e o objetivo do aprendizado escolar, muitas vezes raso, é apenas para se realizar avaliações e depois ser esquecido.

A UEPS se baseia em uma sequência que é construída a partir da escolha de um tema a ser abordado. Após essa escolha, deve-se organizar a sequência de maneira que as etapas estejam organizadas de forma articulada e organizada. Deve haver uma harmonia e sentido em cada recurso e atividade proposta de forma que valorize a aprendizagem significativa, proposta por Ausubel.

Na UEPS, Moreira (2011) sugere-se que sejam utilizados vários recursos, como filmes, vídeos, livros, textos, artigos, simuladores, dentre outros recursos, de forma planejada e que sejam potencialmente significativos para a proposta desejada. Além disso, a aplicação e elaboração da Sequência deve ser mediada e planejada pelo professor, a todo momento e ter como finalidade a aprendizagem significativa como alternativa à aprendizagem mecânica, criticada por Moreira (2011), como modelo consolidado e mais utilizado no Brasil, por exemplo.

Em alguns momentos a Sequência prevê avaliações somativas e novas formas de avaliar diferentes das utilizadas comumente pelos estudantes. A avaliação deve incentivar o aluno a demonstrar que houve aprendizagem significativa ou indícios dela. Dessa maneira, não se deve avaliar sempre da mesma forma para se evitar, ou tentar, a aprendizagem mecânica.

À medida que a Sequência vai evoluindo o nível de complexidade dos conteúdos abordados também devem aumentar de forma que estudante não atinja uma aprendizagem superficial.

## **2.4 Aspectos Legais para o Ensino Médio**

A Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996, conhecida também como Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB foi concebida com o objetivo de renovar o modelo educacional brasileiro com vistas a tornar o Ensino Médio uma modalidade que não fosse apenas preparatória para o Ensino Superior, mas que fornecesse ferramentas que buscassem a autonomia do estudante de modo a prepará-lo para o mundo contemporâneo. (BRASIL, 1996)

Dessa forma, o ensino não poderia ser mais descontextualizado e fechado. A Física, por exemplo, deveria ser entendida e ensinada como uma construção humana capaz de explicar as inovações tecnológicas e auxiliar o estudante a pensar no passado, presente e futuro de forma crítica.

Do Ensino Médio

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

[...]

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico.

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996).

Assim, a introdução de temas de FMC no Ensino Médio é fundamental para que o estudante possa ter contato com a Física que explica várias inovações tecnológicas que o cercam. Além disso, a forma de se abordar tópicos de Física deve ser feita buscando a aprendizagem significativa e crítica.

Art. 35-A A Base Nacional Comum Curricular definirá direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação, nas seguintes áreas do conhecimento: (Incluído pela Lei nº 13.415, de 2017)

[...]

III – Ciências da natureza e suas tecnologias; (Incluído pela Lei nº 13.415, de 2017)

[...]

§ 8º Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação processual e formativa serão organizados nas redes de ensino por meio de atividades teóricas e práticas, provas orais e escritas, seminários, projetos e atividades on-line, de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre: (Incluído pela Lei nº 13.415, de 2017)

I – domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; (Incluído pela Lei nº 13.415, de 2017)

II – conhecimento das formas contemporâneas de linguagem. (Incluído pela Lei nº 13.415, de 2017)

Então, para que haja uma aprendizagem significativa e que gere estudantes críticos e autônomos é fundamental a diversificação nas atividades propostas em sala de aula, além da produção de materiais potencialmente significativos. Outro ponto que merece destaque está na utilização de TDIC como ferramentas de inclusão digital para o mundo contemporâneo.

De forma complementar a LDB, em 2000 foram construídos os PCN e PCN+ com objetivo de renovar o ensino brasileiro e orientar educadores na busca de um trabalho pedagógico que prime pela contextualização, interdisciplinaridade, preparo para o mundo contemporâneo e para a aprendizagem significativa.

Dessa forma, é fundamental que a Física abordada no ensino médio contemple tópicos de FMC, visto que a maior parte dos livros didáticos aborda Física Clássica e, quando abordam FMC, esse assunto fica nos capítulos finais e, muitas vezes, é visto de forma complementar.

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a elaboração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na

solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo (BRASIL, 2000).

Como podemos observar, os PCN propuseram mudanças no ensino brasileiro, de modo a privilegiar a aprendizagem significativa em detrimento da aprendizagem mecânica ou tradicional que vem sendo praticada na maior parte das escolas do país.

A fonte de pesquisa mais utilizada por professores é sem dúvida o livro didático. Nos livros, os conteúdos, estão, geralmente, divididos em capítulos e de forma compartimentada. Isso, de certa forma já incentiva o ensino desconectado e muitas vezes o aluno, por conta da abordagem realizada pelo professor, não consegue enxergar conexão entre os temas que estão sendo vistos durante o ano. A utilização de outros materiais, dentre outras estratégias, pode melhorar a qualidade do ensino e contextualizar as aulas de Ciências.

Assim, o aprendizado de Física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas, orientando-os para a identificação sobre o assunto que está sendo tratado e promovendo meios para a interpretação de seus significados. Notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular, são alguns exemplos de informações presentes nos jornais e programas de televisão que deveriam também ser tratados em sala de aula. (BRASIL, 2000).

A abordagem de tópicos de FMC é fundamental para se entender muitas informações científicas vinculadas por meios de comunicação. Além disso, o estudante consegue conectar o assunto que está sendo estudado na escola com o mundo que o cerca. Na maioria das vezes, com já foi dito anteriormente, a Física abordada para o Ensino Médio não ultrapassa a Física do século XIX. Isso é muito grave visto que muitas aplicações tecnológicas estão vinculadas a conhecimentos de FMC.

No mesmo ano de 2000, os PCN+, foram criados como Orientações Educacionais Complementares aos PCN e com a proposta de reformulação do Currículo da Educação Básica.

Nos PCN+ os autores falam em sugestões para melhoria no trabalho pedagógico, como o trabalho de forma interdisciplinar e integrada entre as componentes curriculares, a

formação continuada dos professores, o trabalho pedagógico realizado no ambiente escolar e Projeto Político Pedagógico das unidades escolares.

Retomamos, a seguir, as principais competências em Física esperadas ao final da escolaridade básica, de maneira equivalente ao que já foi apresentado nos PCNEM. De novo, não há a preocupação em produzir uma listagem completa, mas a de buscar dar-lhes um sentido mais concreto, discutindo possíveis encaminhamentos e suas diferentes compreensões, ressaltando os aspectos que as tornam significativas por meio de situações que as exemplificam.

[...]

Adquirir uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões espaciais e temporais no Universo (BRASIL, 2000).

Além de propor uma reforma curricular, podemos observar que temas como Cosmologia devem ser trabalhados no EM, mesmo que de forma qualitativa, pois assuntos relacionados à FMC sempre estão sendo divulgados pelos veículos de comunicação e estão presentes em aplicações tecnológicas. Os estudantes, ao estudarem a origem, estrutura e evolução do Universo podem ter uma compreensão melhor sobre espaço, tempo e evolução. Dessa forma, o estudo de temas multidisciplinares, como Cosmologia, pode enriquecer aulas de Ciências como: Física, Química ou Biologia.

## 2.5 Uma breve discussão sobre Cosmologia

Pode-se dizer que a cosmologia é o ramo da astronomia que estuda a origem, estrutura e evolução do universo a partir da aplicação de métodos científicos. A partir da teoria da relatividade geral e da mecânica quântica, no início do século XX, a cosmologia teve um impulso muito grande, principalmente a partir da década de 1960, o que resultou numa enorme quantidade de descobertas. (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014, p. 331 )

Os modelos cosmológicos atuais baseiam-se na teoria da Relatividade Geral, dentre outras teorias. Um dos primeiros modelos cosmológicos modernos a serem construídos foi proposto por Albert Einstein, em 1917. Nesse modelo o universo era estático e Einstein introduziu a constante cosmológica  $\Lambda$  para contrabalancear a gravidade gerada pela matéria comum. No modelo proposto por Einstein, o universo seria estático com curvatura positiva e um espaço esférico, fechado e finito.

Esse inspirou outros cientistas a construir modelos cosmológicos baseando-se na teoria da Relatividade Geral e na Mecânica Quântica.

No mesmo ano de 1917, Willen De Sitter, constrói um modelo de universo com espaço plano e isento de matéria. Nesse modelo, o universo teria passado e futuro infinitos e aceleraria a uma taxa constante. Apesar de ser um modelo sem matéria, esse modelo falava que a velocidade de afastamento de objetos aumentava com a distância entre eles. Isso ajudava a entender, na época, os desvios de espectros. (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014)

Nos anos de 1922 e 1924, o russo Alexander Friedmann, escreveu dois artigos em que propunha modelos cosmológicos que se iniciavam com big bangs. Nos modelos propostos o universo poderia ser fechado e com a constante de curvatura  $k > 0$  (formato esférico), poderia ser aberto e plano com  $k = 0$  e poderia ser aberto com curvatura negativa  $k < 0$ , tendo o formato hiperbólico. No modelo proposto por Friedmann existe a possibilidade de um universo em expansão, estático ou que expande e colapsa.

Outro modelo cosmológico foi proposto por Georges Lemaître. Nesse modelo o universo estaria em expansão e não estático como afirmava Einstein. Em seu modelo havia um estado inicial com alta densidade e energia em que um átomo primordial teria dado origem ao universo. Nesse modelo o universo teria começado em dois estágios: um com expansão desacelerada devido ao fato da ação gravitacional ser mais forte que a repulsão da força  $\Lambda$ , e outro com a repulsão da força  $\Lambda$  sendo maior que a atração gravitacional e, dessa forma, o universo expandindo. O modelo proposto por Lemaître é aceito atualmente e serve como base para modelos cosmológicos mais modernos.

É importante destacar que os modelos cosmológicos propostos por Friedmann, Lemaître e Robertson (que chegou às mesmas conclusões de Lemaître) previam um universo homogêneo e isotrópico, ou seja, com as mesmas propriedades em qualquer ponto, independente da direção a ser observado.

Em 1948, o modelo de universo estacionário foi proposto por H. Bondi, T. Gold e por Frey Hoyle. Nesse modelo as galáxias se afastavam umas das outras, de acordo com as observações da época, porém, à medida que as galáxias se afastavam ocorria a criação de matéria e formação de novas galáxias e estrelas. Nesse modelo, a densidade do universo  $\rho$  e a constante de Hubble  $H$  possuíam valores constantes e eram relacionadas de acordo com a equação:

$$H^2 = \frac{8\pi G\rho}{3}$$

Em que  $G$  é constante da gravitação universal.

Através de observações astronômicas, Vesto Slipher, observou o descolamento para o vermelho (redshift) da luz proveniente de galáxias utilizando a teoria do efeito doppler. Essa descoberta contribuiu para o modelo de universo em expansão.

Edwin Hubble, através de observações astronômicas, observou que existem outras galáxias iguais a nossa e, também que as galáxias estão se afastando umas das outras. Além disso, ele constatou que a velocidade de afastamento aumenta de forma linear com a distância entre as galáxias através da seguinte equação, que ficou conhecida como lei de Hubble:

$$v = H.d$$

Sendo  $v$  a velocidade de afastamento das galáxias,  $H$  a constante de Hubble e  $d$  a distância entre as galáxias.

É importante destacar aqui que Hubble não expôs a ideia de um universo em expansão. Os dados obtidos por Hubble foram utilizados por outros cientistas na construção de modelos cosmológicos que abordavam a ideia de universo em expansão.

George Gamow construiu um modelo cosmológico utilizando a ideia de big bang com a teoria da Física Nuclear. Para ele o ambiente que se tinha no início do universo era semelhante ao que ocorre no núcleo das estrelas. Segundo essa teoria o universo primordial teria densidade e temperaturas muito altas e à medida que ele foi expandindo, a densidade de matéria, a densidade de radiação e a temperatura foram decrescendo.

A representação do big bang como uma grande explosão, não é correta. Diferentemente dos fenômenos presentes no cotidiano, como a expansão de um gás, o qual ocupa uma região cada vez maior no espaço tridimensional, isso não ocorre no universo. O universo é a totalidade, compreendendo tudo o que existe e, portanto, não está se expandindo dentro de algo que o contém, pois não existe algo externo ao universo. Não há nenhum observador externo para assistir à expansão do universo. (PERUZZO; POTTKER; PRADO, 2014, p. 346)

### 2.5.1 Eras Cosmológicas

**Quadro 1 - As Eras Cosmológicas**

Era Planck	Primeira era do universo, compreendida entre 0 s e $10^{-43}$ s depois do big bang. Durante esse período a temperatura diminuiu do infinito até $10^{32}$ K. Acredita-se que nesse período as quatro forças fundamentais estavam unidas. Após $10^{-43}$ s houve separação entre a força gravitacional e a força eletromagnética.
Era da Grande Unificação (GUT)	Período compreendido entre $10^{-43}$ s e $10^{-33}$ s, depois do big bang. Nesse período origina-se a assimetria entre matéria e antimatéria e, também, ocorre a inflação cósmica. A inflação cósmica foi provocada por flutuações quânticas do vácuo.
Era Hadrônica	Período compreendido entre $10^{-35}$ s e $10^{-4}$ s, depois do big bang. Nesse

	período o universo estava cheio de hádrons, pois a temperatura havia variado entre $10^{27}$ K e $10^{12}$ K.
Era Leptônica	Período compreendido entre $10^{-4}$ s e $10^{-2}$ s, depois do big bang. Nesse período a temperatura variou entre $10^{12}$ K e $10^9$ K. Nessa era a temperatura era muito alta, isso permitiu a produção de pares elétron-pósitron.
Era da Nucleossíntese	Período compreendido entre $10^{-2}$ s e $3 \cdot 10^{-3}$ s, depois do big bang. Nesse período a temperatura variou entre $10^9$ K e $10^4$ K. Nessa era ocorreu grande formação de He que hoje se encontra no universo e, em menor quantidade, outros elementos mais pesados.
Era da recombinação	Cerca de 380000 anos depois do big bang. Nesse período elétrons se unem aos prótons, formando átomos, nêutrons e deixando o universo transparente. Nessa época é emitida a radiação de fundo.
Formação de átomos, galáxias e estrelas	Cerca de 200 milhões de anos após o big bang. Formação dos átomos, galáxias, aglomerados de matéria e estrelas. A formação dos astros aconteceu cerca de 1 bilhão de anos após o big bang.

Fonte: elaborado pelo autor

O modelo atual de Universo é o Modelo Cosmológico Padrão ( $\Lambda$ CDM,  $\Lambda$  constante cosmológica de Einstein, CDM – matéria escura fria) que concebe um universo isotrópico e homogêneo em grande escala. Esse modelo utiliza conceitos da Teoria da Relatividade Geral e da Mecânica Quântica para explicar a estrutura do cosmos além de buscar explicações para matéria escura, energia escura, buracos negros, buracos de minhoca, viagens no tempo, dentre outros conceitos relacionados a astronomia moderna.

Dentro dessas ideias surgiram modelos cosmológicos mais recentes que conceberam um universo com início (big bang) e que evoluiu através de um resfriamento e formação de matéria. Existem também modelos de universos que não tem início ou fim e que são cíclicos e que vem de uma evolução lenta e que foi aumentando com o tempo. Somados a esses modelos, existem modelos de multiuniversos que usam conceitos relacionados à Mecânica Quântica em que esses universos poderiam “se comunicar” através dos buracos de minhoca.

Esses modelos cosmológicos, citados acima, utilizam dentre outras teorias, a teoria da inflação cósmica que foi um período em o universo se expandiu em uma taxa mais veloz que a velocidade da luz e que, juntamente com a Relatividade Geral, preveem possibilidades de modelos de universo.

Atualmente, o Modelo Cosmológico Padrão não tem respostas para várias questões, como por exemplo: a matéria escura, energia escura e a diferença de quantidades entre matéria e antimatéria presentes no universo. Dessa maneira, a Cosmologia se coloca como ramo da Astronomia fundamental para desvendar os mistérios do Universo buscando explicar sua origem, estrutura, evolução e, também, buscando novas teorias que expliquem muitos fenômenos presentes no cosmos.

### 3 REVISÃO DE TRABALHOS ANTERIORES

#### 3.1 Revisão de Trabalhos sobre FMC com ênfase em Cosmologia e uso de TDICs

Neste capítulo será relatada uma pesquisa bibliográfica acerca de trabalhos relacionados à FMC, em especial a tópicos de Cosmologia, também ao uso de TDIC's, ao Software Stellarium e à Transposição Didática<sup>1</sup>, dentre outros assuntos correlacionados ao tema proposto.

Oliveira (2017), em sua dissertação de mestrado “Alguns aspectos da física de buracos negros através da modelagem matemática: uma intervenção didática para o ensino médio”, cita a importância de se abordar temas de FMC no Ensino Médio, pois eles estão presentes em muitas aplicações tecnológicas.

Ele cita, ainda, a dificuldade de se abordar temas como Relatividade Geral e Buracos Negros, pois a matemática envolvida é muito complexa. Uma solução abordada por ele em seu trabalho está na construção de Transposições Didáticas a respeito de temas de FMC. Outra forma de se introduzir temas complexos de FMC seria com uma abordagem conceitual e menos matemática.

Oliveira cita ainda, em seu trabalho que a maioria dos professores não se sente à vontade em abordar temas de FMC visto que esses profissionais já trabalham Física Clássica há muitos anos e se sentem mais confortáveis em continuar trabalhando dessa forma. O autor fala sobre a importância de se utilizar materiais potencialmente significativos para se abordar temas de FMC, pois estimular e auxiliar na aprendizagem.

O uso do Software Stellarium mostrou-se interessante para a abordagem do tema Astronomia, pois esclarece, de acordo com Oliveira, muitas dúvidas a respeito de fenômenos visíveis a olho nu como as fases da Lua, dia e noite, o fato da lua estar presente no céu durante o dia, dentre outras curiosidades. Porém, o autor cita que apesar do Software ser um excelente simulador em três dimensões do céu, ele não substitui a observação a olho nu que é bem mais rica.

Já Brockington e Pietrocola (2005) discutem em seu artigo “Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna?” a necessidade de atualização no currículo de Física, pois ele é muito extenso e, pela carga horária semanal das

---

<sup>1</sup> Transposição Didática. Instrumento através do qual se transforma o conhecimento científico em conhecimento escolar, para que possa ser ensinado pelos professores e aprendido pelos alunos. Disponível em: [www.educabrasil.com.br](http://www.educabrasil.com.br). Acesso em: 24 out. 2018.

redes de ensino públicas do país, fica inviável para o professor trabalhar todos os conceitos propostos de forma qualitativa e significativa.

Eles ainda chamam a atenção no artigo para dificuldades relacionadas à infraestrutura precária que muitas escolas possuem e à superlotação das salas de aula. Isso pode ser um fator desestimulante para a comunidade escolar e pode influenciar na baixa aprendizagem.

Outro ponto que merece destaque no artigo está no fato de muitos professores não se sentirem à vontade para abordar temas de FMC por não dominarem o tema e por este ser um tema “novo” no currículo da Educação Básica. Os educadores se sentem mais confortáveis em introduzir temas de FC (Física Clássica), pois estes já são trabalhados há mais tempo e tem maior aplicação em atividades experimentais.

Eles destacam, ainda, a dificuldade encontrada em se construir transposições didáticas a respeito de FMC, pois a matemática envolvida é muito complexa para a maioria dos professores. Dessa forma existe um grande desafio em se construir Transposições Didáticas de FMC que possam ter a mesma “aceitação” que Transposições como as que são feitas a respeito de Cinemática ou Associação de Resistores, por exemplo.

De forma análoga ao parágrafo anterior, merece destaque a importância de se construir Transposições Didáticas que contemplem temas relacionados à Astrofísica e Cosmologia visto que esses assuntos sempre estão presentes no cotidiano dos estudantes através de divulgações, por parte da mídia, de novas descobertas da Ciência.

Os autores concluem que é um grande desafio construir Transposições Didáticas que abordem temas relacionados à FMC, porém esse trabalho é fundamental para a renovação do currículo de Física, pois o ensino de Física praticado na maioria das escolas de Educação Básica contempla apenas a Física Clássica.

Eles apontam a construção de Transposições com abordagem mais teórica e conceitual e realização de exercícios que procurem estimular o senso crítico e o debate em sala de aula. Atualmente, os exercícios praticados buscam, na maioria das vezes, respostas rápidas (do tipo Certo ou Errado) e que não instigam os alunos a questionar.

Neste artigo, Brockington e Pietrocola (2005) não desestimulam o ensino de tópicos de Física Clássica, pois estes têm inúmeras aplicações no mundo contemporâneo, mas destacam o fato de haver uma Física que complementa e, em muitos casos, explica questões que a FC não explica.

Ainda dando ênfase à necessidade de integração entre o mundo contemporâneo e o ensino de Física, Costa, Duqueviz e Pedroza (2015) em seu artigo “Tecnologias digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais”, falam sobre as TDICs e a

influência dessas novas tecnologias como instrumentos mediadores no processo de ensino e aprendizagem de jovens que são considerados nativos digitais<sup>2</sup>

No artigo, os autores também destacam o fato de não haver ainda muitos estudos que comprovem que as TDICs podem atuar como fator fundamental no processo de aprendizagem, mas chamam a atenção para o número de pessoas usuárias de Smartphones, dentre outras TDICs, estar aumentando consideravelmente no país. Dessa forma, eles sugerem que a escola tem o papel de introduzir essas TDICs como instrumentos mediadores no processo de aprendizagem e também no sentido de integrar as pessoas a novas tecnologias, visto que muitas não possuem acesso a elas, apesar de sua popularização.

Além disso, os autores destacam o fato de nativos digitais terem uma forma de aprender muito conectada com essas TDICs, recorrendo a pesquisas em sites, vídeos, artigos, mídias digitais, etc, com muito mais frequência, diferente de pessoas que não são dessa geração. Porém, chamam atenção para o fato de nativos digitais utilizarem as TDICs para inúmeras finalidades que não estão necessariamente ligadas a escola. Dessa maneira, a escola tem o papel de tentar introduzir essas ferramentas ao processo de ensino e aprendizagem.

Rabelo de Sá (2015) em sua dissertação de mestrado “Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1º ano do ensino médio: uma proposta de inserção” discute vários temas correlacionados ao presente trabalho, como o ensino de Teoria da Relatividade Restrita e Geral no Ensino Médio, a Transposição Didática, a Introdução de tópicos de FMC no Ensino Médio, dentre outros assuntos.

O autor discute a importância de se trabalhar tópicos de FMC no Ensino Médio de forma eficaz e não somente como um pequeno apêndice a ser explorado no final do ano letivo, pois a FMC está presente no cotidiano dos estudantes e tem papel fundamental nas inovações tecnológicas presentes no século XX e XXI. Em seu trabalho, ele aplicou um Produto Educacional (Sequência Didática) para estudantes do 1º Ano do Ensino Médio fazendo uma relação entre tópicos de Mecânica, geralmente introduzidos apenas à luz das Leis de Newton com tópicos de Relatividade Restrita e Geral. No trabalho, o autor destaca a importância de construir textos e materiais de apoio para se ensinar FMC visto que a maioria dos livros didáticos presentes na lista do PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) não aborda tais assuntos. Principalmente, no tocante à TRG, Física de Partículas, Astronomia e Cosmologia. Essa informação deve ser levada em consideração pelo fato de que na maior parte das escolas brasileiras o livro didático é a única ou quase única fonte de referência.

---

<sup>2</sup> Os usuários que nasceram a partir de 1990, em um mundo circundado pelas novas tecnologias e que usam as mídias digitais como parte integrante de suas vidas são chamados de nativos digitais (FRANCO, 2013; PRENSKY, 2001).

Ele discute ainda o porquê de não se ensinar FMC no Ensino Médio com a mesma tranquilidade que se trabalha conceitos de FC. Algumas das possíveis explicações podem estar nos seguintes fatos:

- A matemática envolvida e os conceitos serem complexos e gerarem dificuldades entre estudantes;
- À formação acadêmica dos professores de ensino médio ser insuficiente e dessa forma gerar uma insegurança em trabalhar tais conceitos;
- A dificuldade em se encontrar materiais de apoio didático que estejam em uma linguagem acessível aos estudantes do ensino médio;
- Falta de tempo para se trabalhar todo o conteúdo previsto no currículo da Educação Básica e optar pelos tópicos de Física considerados tradicionais como os de Física Clássica.

O autor ainda discute em seu trabalho, à luz da teoria da Transposição Didática proposta por Yves Chevallard, que a construção de materiais didáticos e produtos educacionais que envolvam tópicos de FMC são fundamentais para Educação Básica, visto que não existem muitos trabalhos com linguagem apropriada. Além disso, a introdução de tópicos de FMC, encontra fundamentação legal pela LDB (Lei 9394 de 96.).

No trabalho apresentado no IX Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias com o título: “Minicurso de cosmologia na formação de professores; dificuldades na ampliação de propostas para o ensino médio”, Jardim e Guerra (2013), discutem as dificuldades em se abordar temas de FMC encontradas por professores de Ensino Médio.

O curso que eles promoveram foi desenvolvido para alunos-professores que estavam cursando o último ano da licenciatura em Física. Vários temas foram trabalhados e discutidos com os estudantes, como:

- O ensino de Física praticado em escolas de Educação Básica não contempla uma visão histórico-filosófica da ciência e, dessa forma, o aluno vê na maior parte do tempo um conteúdo estabelecido e sem contexto. A ideia que se passa é que todos os conceitos da Física são imutáveis e que não houve um início, meio e fim na construção desse conhecimento;
- Eles chamam a atenção para o fato de terem escolhido Cosmologia por ser um tema de interesse dos alunos já que o assunto é abordado em livros, filmes e séries acessadas pelos estudantes;

- Alguns professores relataram que sentem insegurança em trabalhar tópicos de Cosmologia por não haver muitas fontes com linguagem apropriada para professores de Educação Básica e também para estudantes de Ensino Médio;
- Os autores citam em seu trabalho que já é consenso entre os pesquisadores na área de Ensino de Ciências a necessidade de se trabalhar tópicos de FMC no Ensino Médio, a questão que merece ser discutida na atualidade é como introduzir esses temas para estudantes de Ensino Médio;
- Os autores destacaram, ainda, que o uso de filmes e imagens pode ajudar muito o professor na abordagem de tópicos de Cosmologia.

Além dessas contribuições deve-se destacar que a Física que vem sendo estudada na Educação Básica não ultrapassa o século XIX e que todas as inovações tecnológicas que foram impulsionadas pela Física do século XX e XXI não são mencionadas no Ensino Médio, dessa forma, o aluno não consegue relacionar o mundo contemporâneo com o que está sendo visto em sala de aula.

Dando continuidade à análise de trabalhos relacionados à FMC, Ostermann e Moreira (2000), em seu artigo “Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”, fazem uma revisão de inúmeros trabalhos relacionados à FMC.

Os autores discorrem sobre vários pontos do Ensino de Física no Ensino Médio, em especial, a abordagem de tópicos de FMC. Dentre os pontos destacados podemos enumerar alguns aqui como:

- A dificuldade de elencar quais tópicos devem ser abordados no Ensino Médio, quando e de que forma eles podem ser introduzidos para os estudantes;
- A necessidade de mudanças na forma de se ensinar Física Clássica sem mencionar seus limites e os modelos onde ela não se enquadra;
- A importância de se ensinar a Física Moderna, visto que o mundo contemporâneo está cheio de aplicações desse ramo da Ciência;
- A carência de trabalhos aplicados em sala de aula que abordem tópicos de FMC no Ensino Médio;
- A falta de materiais didáticos adequados à linguagem de estudantes de ensino médio e professores de educação básica que abordem temas de FMC;

- Em toda a extensa pesquisa feita pelos autores, não existe muita menção a tópicos relacionados à Cosmologia, especificamente. Eles dão destaque, principalmente, a tópicos relacionados à Física Quântica, Teoria da Relatividade Restrita e Física de Partículas;

### 3.2 Análise de obras que abordam FMC no Ensino Médio:

Ainda em “Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”, Ostermann e Moreira (2000) fazem uma análise sobre livros didáticos que abordam temas de FMC no Brasil e em outros países.

Dentre as obras trabalhadas podemos destacar algumas:

- **Curso de Física – Alvarenga e Máximo. 4. Ed 3v. Scipione, 1997, 1394p.:** na obra os autores trabalham textos muito bem elaborados sobre diversos temas atuais da Física, em especial, relacionados a FMC, em seções intituladas “Tópico Especial”. Há uma preocupação em se trabalhar de forma mais qualitativa, porém, sem perder a qualidade conceitual. A crítica feita a obra é que pelo fato dos tópicos relacionados a FMC estarem em uma seção à parte, como um anexo de cada capítulo, corre-se o risco de não ser trabalhado devido à imensa quantidade de tópicos, predominantemente, de FC a serem abordados para exames vestibulares;
- **Imagens da Física – Ugo Amaldi. Scipione, 1995, 536p.:** nessa obra o autor aborda temas de FMC como: Física Atômica e Nuclear, Física com abordagem computacional (Semicondutores, o transistor, circuitos integrados, hardware e software, os fluxos de informações no interior do computador), ondas eletromagnéticas, TRR, teoria dos quanta, Radioatividade, fissão e fusão nuclear. O livro é de volume único, voltado para estudantes de ensino médio e aborda os temas citados acima de forma qualitativa, com pouca ênfase matemática. Outro destaque abordado pelos autores do artigo está no fato dos autores do livro terem dedicado capítulos inteiros para tópicos de FMC, o que pode influenciar positivamente na escolha do professor que for selecionar conteúdos a serem abordados com os alunos;
- **Conceptual Physics – The High School Physics Program – Hewit, P., Addison-Wesley, 1992, 676p.:** nessa obra os autores mesclam tópicos de FMC com os tópicos de FC. Há uma harmonia na abordagem que, como o próprio nome da obra destaca, é conceitual. Eles abordam temas como Buracos Negros, TRR, Física

Atômica e Nuclear, Mecânica Quântica, Radioatividade, Fissão e Fusão Nuclear. O livro é voltado para estudantes de Ensino Médio e tem uma abordagem diferente da que se costuma observar em livros tradicionais brasileiros;

- **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, Editora da USP, 3v, 1993/95.:** a obra foi elaborada numa perspectiva de física do cotidiano e da ciência/tecnologia/sociedade (CTS). Os tópicos de FMC são abordados nos capítulos de forma integrada com os tópicos de FC. Eles abordam temas como: interação luz-matéria, natureza da luz, modelo de matéria baseado na Física Quântica, laser, modelo atômico de Bohr, diodo, transistor, materiais semicondutores. Os autores do livro discutem que a inspiração da obra é trabalhar a física que cerca o aluno em seu dia a dia.
- **Physique, TermS – Durandeu et al. – Collection Durandeu, Paris, 1995, 384p.:** na obra que é o terceiro volume e muito adotada para estudantes que estão no último ano do ensino médio da França, os autores do artigo chamam a atenção para a forma como a física moderna é abordada do início ao fim. Em quase todos os capítulos, há uma abordagem de tópicos de FMC. Além disso, existem seções abordando experimentação, como o funcionamento do Laboratório CERN, localizado na fronteira da França com a Suíça.

Há, ainda, no último capítulo do livro uma abordagem de tópicos de Astrofísica, com aplicações da espectroscopia na Astrofísica e seus métodos observacionais.

Dessa forma podemos observar, pela análise de artigos, dissertações e trabalhos apresentados em eventos científicos, que a abordagem de tópicos de FMC é importante para a continuidade e estímulo do estudo de Ciências entre estudantes do Ensino Médio.

Pelos trabalhos analisados fica exposta a necessidade de construção de práticas que envolvam aplicação de Tópicos de FMC para estudantes de Ensino Médio, além de necessidade de construção de materiais com linguagem acessível e atraente voltados para estudantes e professores da Educação Básica.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 A Concepção da Proposta da Sequência Didática**

À luz da teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel, propomos um Produto Educacional que será aplicado em uma Sequência didática, inspirada no Modelo de UEPS (MOREIRA, 2011), que procure contemplar os conteúdos significativos trazidos pelos estudantes. Somados a isso, os subsunçores necessários para a aplicação da Sequência serão trabalhados previamente para que se obtenha êxito na aplicação do Produto Educacional (que será descrito mais adiante). Além disso, nessa Sequência serão utilizadas várias estratégias pedagógicas com a finalidade de tornar as aulas menos maçantes (MOREIRA, 2015), como, por exemplo, a utilização de TDICs. Outro fator, ainda mencionando o uso de TDICs, está no fato delas fazerem parte do cotidiano dos alunos (COSTA; DUQUEVIZ; PEDROZA, 2015).

### **4.2 Justificativa para Construção do Produto Educacional**

A escolha por tópicos de Cosmologia justifica-se por o assunto ser interessante e atraente para os alunos e estar presente em livros, filmes e séries que eles têm acesso (JARDIM; GUERRA, 2013). Outro fator que reforça a introdução de tópicos de Cosmologia é que há grande necessidade de se falar de FMC, pois a Física que vem sendo estudada nas escolas não passa do século XIX e não contempla grande parte das inovações presentes no mundo contemporâneo que foram concebidas graças à FMC (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

### **4.3 Descrição da Turma, da Escola e do Projeto Pedagógico onde a Sequência foi aplicada**

A turma de 3º Ano do Ensino Médio onde foi aplicada a Sequência é composta, basicamente, por 30 alunos entre 16 e 19 anos, de uma escola Particular situada na cidade do Guará, Distrito Federal. A escolha de uma turma de escola Particular ao invés de uma de escola Pública se deve pelo fato de o professor/pesquisador estar fora de sala na Rede Pública e por ter conseguido acordo de ser o professor regente na turma citada por todo o ano letivo. Dessa forma, não há nenhum desconforto aos alunos pelo fato de o professor não ser regente e estar inserido na realidade deles.

#### 4.3.1 *Desenvolvimento prévio para Aplicação do Produto*

Antes de começar a explanação sobre a Sequência Didática, faz-se necessário relatar o que foi feito durante o ano letivo, como desenvolvimento prévio para a aplicação da Sequência Didática. A turma terá durante o ano dois professores de Física que trabalharão com o modelo de **frentes**<sup>3</sup>, sendo que um professor trabalhará a frente A (duas aulas por semana) os seguintes tópicos: Eletrostática, Eletrodinâmica e Eletromagnetismo. Eu, professor pesquisador/regente, trabalharei, na frente B (duas aulas por semana) começando o primeiro bimestre fazendo uma revisão de Mecânica e Termologia, no segundo bimestre farei uma revisão de Óptica e Ondas, no terceiro e no quarto bimestres pretendo trabalhar FMC. Basicamente as aulas serão expositivas (uso de quadro negro e giz), tendo como material didático de suporte o livro texto Coleção 360°: Física, Volumes 1, 2, 3, Caderno de Revisão e Caderno de Atividades da editora FTD (2015).

Serão resolvidos vários exercícios do livro texto e caderno de atividades e as avaliações estão planejadas, conforme Projeto Político Pedagógico (PPP) da Unidade Escolar, para serem divididas em quatro momentos durante cada bimestre:

**1º Momento:** Prova Mensal Interdisciplinar (questões dos tipos A, B e C<sup>4</sup> baseadas nos conteúdos trabalhados por todas as componentes curriculares);

**2º Momento:** Prova Bimestral (10 questões abertas, do tipo B, baseadas nos conteúdos de Física trabalhados pelos dois professores);

**3º Momento:** Trabalho (resolução de listas de exercícios com questões envolvendo os conteúdos trabalhados pelos professores de Física).

**4º Momento:** Simulado (prova semelhante a exames vestibulares).

#### 4.4 **Cronograma**

O Cronograma abaixo descreve de maneira sucinta a divisão das aulas de aplicação do Produto Educacional que ocorrerá no mês de novembro de 2017:

---

<sup>3</sup> Algumas escolas privadas optam por trabalhar a Física com dois ou mais professores, sendo que cada professor trabalha uma **Frente** da Física, como exemplo: um professor trabalha a frente A: Cinemática e outro professor a frente B: Dinâmica.

<sup>4</sup> Questões do tipo A são objetivas (Certo ou Errado), questões do tipo B são discursivas e questões do tipo C são objetivas (do tipo a, b, c, d, e)

### Cronograma 1 - PROPOSTA DE SEQUENCIA DIDÁTICA

<b>Aula</b>	<b>Data</b>	<b>Atividade proposta / Materiais didáticos</b>	<b>Duração da Aula</b>	<b>Recursos Utilizados</b>
01	14/11	Aplicação dos Testes diagnósticos 1 e 2 a respeito de Gravitação e Relatividade Restrita.  Objetivos: avaliar os subsunçores necessários para a sequência da atividade.	50 min	Quadro Negro, giz.
02	14/11	Correção dos Testes; aula expositiva sobre Gravitação e Relatividade; criação do grupo de Whatsapp.  Objetivos: sanar todas as dúvidas relativas a Gravitação e Relatividade Restrita.	50 min	Quadro negro, giz.
03	21/11	Debate sobre os materiais compartilhados via Whatsapp: Artigo sobre Cosmologia e Episódio 01 da Série Cosmos (Carl Sagan).  Objetivos: discutir tópicos de Cosmologia em nível qualitativo.  Apresentação usando Datashow. Na apresentação foram usadas animações para se demonstrar os efeitos da gravidade no espaço-tempo, imagens com animações a respeito de fenômenos como Lentes Gravitacionais e Buracos negros, etc.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
04	21/11	Continuação do debate sobre Cosmologia e introdução de tópicos de Relatividade Geral. Orientações sobre o uso do Software Stellarium como atividade extra-classe.  Orientações sobre a leitura do Tutorial e noções de Astronomia.  Material disponibilizado pelo grupo de WhatsApp	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
05	28/11	Debate sobre Cosmologia e percepções dos estudantes a respeito do uso do Software Stellarium.  Objetivos: sanar as dúvidas oriundas do uso da ferramenta Stellarium. Discussão de temas relacionados a Astronomia. Discussão de temas de Cosmologia.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
06	28/11	Debate com os estudantes sobre o texto autoral sobre Cosmologia construído pelo professor; Aplicação dos questionários a respeito da Sequência Didática e o Texto autoral; Confecção de um texto sobre Origem, Estrutura e Evolução do Universo.  Avaliação da Sequência Didática.	50 min	Quadro negro, giz.

Fonte: elaborado pelo autor

## **5 PRODUTO EDUCACIONAL:**

### **5.1 Concepção do Produto Educacional**

Neste momento, é importante explicar um pouco mais sobre o Produto Educacional que foi construído. Ele será aplicado em uma Sequência de 06 aulas, conforme mostrado no **Cronograma 1**, do capítulo 04. Com esse Produto utilizaremos várias estratégias para tentar obter uma aprendizagem significativa ou indícios dessa aprendizagem. A motivação em se construir tal Sequência se dá pelo fato de vários alunos não estarem tendo rendimentos satisfatórios em Física através da metodologia convencional, chamada também de Aprendizagem Mecânica, pois muitas vezes o aluno decora as fórmulas e conceitos para reproduzi-los em provas (MOREIRA, 2015).

### **5.2 Sequência Didática**

A Sequência Didática será dividida em seis aulas (50 minutos, cada), com vídeos, textos, dentre outras atividades. Para melhor aproveitamento do tempo serão utilizadas TDICs (Smartphone, Aplicativo WhatsApp e Software de Astronomia). Através do Aplicativo WhatsApp, será criado um grupo para compartilhamento de informações, divulgação de vídeos e textos para as aulas. Já o uso do software Stellarium que é um planetário virtual, terá o objetivo de atrair a atenção do estudante para o tema proposto.

Essas TDICs tiveram objetivo de tornar a aprendizagem significativa e diferenciada da aprendizagem mecânica com aulas meramente expositivas. O uso de vídeos, por exemplo, para a introdução de conteúdos, pode despertar a atenção do estudante e tornar o conteúdo mais atraente. Simuladores, como o software Stellarium, podem atrair os jovens para o estudo de Astronomia e promover a inclusão digital, além de, auxiliar na aprendizagem de conceitos.

É importante observar que durante o ano os estudantes tiveram, na maioria das vezes, aulas expositivas e com aprendizagem mecânica. Uma abordagem com metodologias diversificadas trouxe novas perspectivas e novas possibilidades de aprendizagem, diferentes do modelo tradicional (aprendizagem mecânica), como proposto por Moreira (2015).

Como já foi dito antes, a Sequência será aplicada em seis aulas que serão descritas abaixo.

**1ª Aula:**

Nesse primeiro encontro, o professor lançará uma pergunta aos alunos a respeito da Origem e Evolução do Universo e começará uma discussão com a turma. Após esse momento, serão aplicados dois testes diagnósticos (ver Apêndice A) sobre Leis de Kepler, Lei da Gravitação Universal de Newton (Teste 1) e Teoria da Relatividade Restrita (Teste 2). Essa atividade tomará todo o restante da aula e ao final o material será recolhido pelo professor;

Pensando nos exames que se aproximavam, os testes diagnósticos foram elaborados com questões de vestibulares tradicionais do país. Dessa forma, o trabalho auxiliará no preparo para tais exames.

Nessa primeira aula, a pergunta lançada aos alunos terá o papel de uma situação-problema, inspirada no modelo de UEPS, proposta por Moreira (2011) que a partir das respostas produzidas auxiliará o professor a avaliar os subsunçores dos estudantes a respeito do tema que será explorado. Os testes, nesse primeiro momento, também servirão para verificar os subsunçores e o professor, diante do resultado dos testes e das respostas obtidas da situação-problema, poderá traçar os próximos passos da Sequência.

**Objetivos dessa aula:**

- Iniciar uma discussão sobre a Origem, Estrutura e Evolução do Universo através de informações trazidas pelos estudantes;
- Verificar subsunçores relacionados à Gravitação e Leis de Kepler;
- Verificar subsunçores relacionados à Relatividade Restrita;

**Conteúdos Abordados:**

- Tópicos de Cosmologia;
- Gravitação;
- Leis de Kepler;
- TRR.

## 2ª Aula

Na segunda aula, o professor corrigirá os testes com os estudantes e irá tirar as dúvidas restantes a respeito de Gravitação e Relatividade Restrita.

Deve-se enfatizar aqui a importância em se retomar os assuntos que causaram dificuldades aos alunos, pois é importante que o aluno tenha os subsunçores necessários para poder prosseguir na Sequência proposta (MOREIRA, 2015)

Após esse momento o professor informará aos alunos que será criado um grupo no aplicativo WhatsApp<sup>5</sup> com o intuito de compartilhamento de informações.

No relatório à UNESCO, ainda no século passado, o uso das novas tecnologias foi recomendado para desenvolver a colaboração entre quem ensina e quem aprende em todos os níveis e, mais especificamente, para a educação permanente dos sujeitos, o ensino à distância, a educação de adultos e a formação continuada de professores. Assim, inferimos que a comissão responsável pelo relatório Educação: um tesouro a descobrir (Delors, 1998) apostou nas tecnologias digitais como instrumentos mediadores para a educação a ser desenvolvida ao longo da vida das pessoas. (COSTA; DUQUEVIZ; PEDROZA, 2015, p. 604)

A criação do grupo terá como objetivo otimizar o envio de material de suporte para a aplicação da Sequência. Outro fator que motiva a criação do grupo é a facilidade no manuseio do aplicativo por parte dos estudantes e professor e, também a praticidade para se compartilhar imagens, vídeos, textos sem a necessidade de gastos com impressão, além de fornecer material extraclasse de forma mais rápida e eficiente visto que a quantidade de aulas para a aplicação da Sequência é limitada por estar no final do ano letivo e em proximidade com as provas externas (PAS/UnB e ENEM)<sup>6</sup>.

### Objetivos dessa aula:

- Estudar e discutir conceitos de Gravitação e Leis de Kepler;
- Estudar e discutir conceitos da TRR;
- Criar um grupo de WhatsApp com a finalidade de compartilhamento de materiais de apoio potencialmente significativos.

<sup>5</sup> O WhatsApp é um aplicativo criado para troca de informações, vídeos, imagens, arquivos de forma rápida e gratuita. Para se utilizar o aplicativo deve-se instalá-lo no Smartphone.

<sup>6</sup> PAS/UnB é o Programa de Avaliação Seriada, promovido pela Universidade de Brasília para o ingresso na Instituição e ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) é uma avaliação promovida pelo Governo Federal cuja nota pode ser usada para o Ingresso em Várias Instituições de Nível Superior do Brasil e algumas no Exterior.

### Conteúdos Abordados:

- Gravitação e Leis de Kepler;
- Conceitos da TRR.

### 3ª Aula

Nessa aula será feito um debate a respeito do material compartilhado no grupo de *Whatsapp*, como tarefa de casa. Os arquivos compartilhados serão compostos de um vídeo com o episódio 1 da Série de TV: “*Cosmos*”, narrada pelo astrônomo Carl Sagan, além de um artigo do professor Rogério Rosenfeld, IFUnesp-SP, sobre Cosmologia.

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, portanto, é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo. Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados. (MOREIRA, 2015, p. 164).

Para enriquecer a discussão, o professor preparará uma apresentação a respeito de Cosmologia e realizará uma aula com Datashow e debate com os alunos.

Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Ao contrário, um ensino centrado na interação entre professor e aluno enfatizando o intercâmbio de perguntas tende a ser crítico e suscitar a aprendizagem significativa crítica. (MOREIRA, 2015, p. 228)

Nesse momento, é importante frisar que, o ensino de Cosmologia terá uma abordagem mais qualitativa e conceitual. Deve-se salientar, ainda, que durante a aula o professor explicará aos alunos noções da Teoria da Relatividade Geral, como base para a Cosmologia. Para preparação dessa aula, o professor usará como Referências os livros “O universo numa casca de noz”, de Stephen Hawking; “O universo escuro”, de Larissa Santos, além de artigos relacionados.

**Sobre os Materiais utilizados e compartilhados para essa aula:**

- a) O episódio 1 da série Cosmos, narrada pelo astrônomo Carl Sagan, justifica-se pela maestria e riqueza de detalhes e exemplos sobre a origem, estrutura e evolução do Cosmos. Além disso, o episódio descreve um pouco sobre a história da Astronomia da ciência e as incríveis descobertas do início das observações do céu até a data da época. O astrônomo Carl Sagan sempre foi um grande divulgador da ciência através de inúmeros trabalhos científicos e livros sobre Cosmologia e Astronomia voltados para pessoas leigas no assunto. Outro fator que influenciou a utilização do vídeo foi a linguagem adotada por ser adequada a realidade dos estudantes. O episódio aborda, ainda, temas como sistema solar, a Via Láctea, outras galáxias e aglomerados de galáxias, dentre outros assuntos.
- b) O artigo sobre Cosmologia de Rogério Rosenfeld foi escolhido, devido ao fato do autor conseguir descrever temas complexos como inflação cósmica, recombinação, matéria escura e energia escura de uma forma relativamente acessível para os estudantes do ensino médio. O texto foi escolhido, também, por não haverem tantos textos sobre o assunto em uma linguagem mais próxima da realidade da educação básica. Porém, deve-se levar em consideração que a primeira leitura serve de introdução para a discussão a ser mediada pelo professor em sala.
- c) O aplicativo WhatsApp foi utilizado pois faz parte do cotidiano dos estudantes e é uma ferramenta que todos na turma dominam e possuem em seus Smartphones. A escolha pela criação do grupo no WhatsApp se justificou, também, pelo fato de não haverem muitas aulas disponíveis para a aplicação do produto e pela agilidade no envio de arquivos.
- d) O uso do Data Show se deve pelo fato da apresentação se tornar mais rica com imagens. Animações como a curvatura do espaço-tempo, por exemplo, podem auxiliar na aprendizagem de conceitos relacionados à TGR, ou a imagem de galáxias, ou a curvatura da luz no fenômeno da lente gravitacional.

**Objetivos dessa aula:**

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos;

### **Conteúdos Abordados:**

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR;
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.

### **4ª Aula**

Na quarta aula, que seguirá após a terceira (horário duplo), o professor, continuará com a discussão da **aula 03** a respeito de temas sobre Cosmologia.

### **Objetivos dessa aula:**

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos;

### **Conteúdos Abordados:**

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TRG;
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.

### **5ª Aula**

Para a quinta aula será solicitado aos alunos, a leitura do tutorial do Software Stellarium (ver Anexo 1) enviado pelo grupo de Whatsapp e utilização do Software Stellarium como tarefa de casa.

Nesse trabalho investigamos alguns fenômenos astronômicos que podem ser simulados utilizando o Stellarium. Além de selecionar os fenômenos, fazemos um paralelo com as principais concepções alternativas relativas a esses fenômenos. Dessa forma, o Stellarium pode contribuir de forma

significativa na melhoria das concepções dos estudantes. (ANDRADE, SILVA, ARAÚJO, 2009)

O objetivo dessa atividade extraclasse será informativo, motivacional e, também, para que o aluno tenha contato com informações a respeito de Astronomia, pois o Stellarium é um planetário virtual e funciona como um simulador 3D no céu. Em sala, o professor fará uma discussão com a turma a respeito do Software e procurará esclarecer dúvidas a respeito de Astronomia e uso do Software.

#### **Objetivos dessa aula:**

- Promover a inclusão digital dos alunos a novas ferramentas digitais;
- Esclarecer fenômenos presentes no cotidiano dos estudantes como: fases da Lua, eclipses, movimento celeste visto a olho nu.

#### **Conteúdos Abordados:**

- Sistema solar;
- Fases da Lua;
- Eclipse;
- Mapa celeste;
- Estações do Ano.

#### **6ª Aula**

Para a sexta e última aula da Sequência, o professor enviará, previamente, aos alunos pelo aplicativo Whatsapp, um texto, autoral, a respeito de Cosmologia. Esse texto aborda as Teorias da Relatividade Restrita e Geral como base para o estudo de Cosmologia, além de vários temas como Inflação Cósmica, Big Bang, Buracos Negros, Lente Gravitacional, Energia Escura, Matéria Escura, dentre outras coisas.

A aula iniciará com um debate sobre o texto a tirar dúvidas e, em um segundo momento, os estudantes responderão a dois questionários, um a respeito da Sequência e outro relacionado ao texto produzido sobre Cosmologia. No final da aula o professor ainda pedirá que os estudantes respondam, por escrito, novamente a pergunta inicial a respeito da **Origem**

e **Evolução do Universo** como forma de tentar verificar se houve aprendizagem significativa por parte dos estudantes ou indícios de tal aprendizagem.

**Objetivos dessa aula:**

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos;
- Avaliar a Sequência Didática e o texto autoral produzido pelo autor desse trabalho;
- Promover uma produção de texto a respeito dos temas discutidos durante a aplicação da Sequência;

**Conteúdos Abordados:**

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR;
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.

**5.3 Sobre o texto autoral a respeito de Cosmologia:**

A maior motivação em se construir um texto sobre Cosmologia voltado para estudantes do Ensino Médio justifica-se pelo fato de não haver muitos trabalhos na literatura pesquisada que estejam em uma linguagem acessível para a Educação Básica (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Dessa forma, a construção de uma Transposição Didática tendo como base Artigos Científicos, livros de Ensino Superior, dentre outras fontes, torna-se necessária para a introdução de temas relacionados à FMC e que são fundamentais para uma melhor compreensão, por parte do aluno, do mundo que o cerca.

**5.4 Sobre os instrumentos de Avaliação**

Os pré-testes tiveram a finalidade de avaliar os subsunçores necessários para a introdução dos tópicos de Cosmologia. Eles serviram também para reavaliar a forma como os

conteúdos de Gravitação e Relatividade Geral haviam sido ministrados e se estava ocorrendo aprendizagem significativa ou indícios dela.

Pela teoria da aprendizagem significativa, os instrumentos de avaliação devem estar presentes durante todos os momentos da Sequência, pois dessa forma o professor pode estar sempre avaliando e reavaliando a prática didática. Outra informação que deve ser mencionada está no fato de que a forma de se avaliar deve ser diversificada (MOREIRA, 2015).

Os debates tiveram grande importância para se avaliar se estava havendo aprendizagem significativa ou indícios dela. O nível de profundidade das perguntas pode indicar o nível de entendimento de determinado assunto. Dessa maneira o debate pode ser uma boa ferramenta para se avaliar, pois é uma maneira de se verificar a aprendizagem diferente da que os alunos estão habituados a realizar.

O pós-teste com a proposta de construção de texto vem como alternativa a respostas prontas, como as observadas em questões objetivas. Nas questões discursivas, o estudante precisa demonstrar entendimento mais profundo que questões de respostas diretas do tipo Certo ou Errado. Dessa forma, a proposta de produção de texto pode auxiliar na verificação de indícios de aprendizagem significativa.

## **6 RELATO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

A respeito da Sequência Didática, ela apresentou-se interessante e proveitosa pelo fato de a maioria dos alunos terem gostado da abordagem, conforme pesquisa de opinião que será explanada mais adiante, além de demonstrarem desenvoltura nas discussões e na confecção do texto final. Em face disso, iniciaremos esse capítulo com subseções que descreverão o trabalho que foi realizado durante ano letivo e que serviram de ancoradouro para a aplicação do Produto que se deu no final do ano letivo de 2017. Posteriormente, irei relatar a aplicação da Sequência juntamente com os depoimentos dos estudantes.

Com relação à metodologia a ser usada nas aulas, iniciei explicando aos alunos que faríamos um trabalho com a aplicação de uma Sequência Didática que seria usada em minha Dissertação de Mestrado. Falei com eles sobre o porquê de cada parte da Sequência e da importância de que eles fossem sinceros durante toda sua aplicação para melhor aproveitamento do trabalho. Eles receberam um Termo de autorização de uso de imagem e depoimentos (ver Apêndice E) que deveria ser assinado pelos seus respectivos responsáveis ou pelos próprios, em caso de serem maiores de 18 anos.

### **6.1 Trabalho prévio a aplicação da Sequência didática**

Nessa subseção irei relatar o trabalho que foi realizado durante o ano de 2017 e que serviu de base conceitual para tornar possível a aplicação da Sequência no final do 4º Bimestre de 2017. Deve-se enfatizar aqui que o melhor momento, a meu ver, foi no final do ano, pois nesse momento todas as habilidades e competências necessárias à introdução de tópicos de Cosmologia haviam sido trabalhadas. Outra informação que merece ser adicionada aqui está na abordagem das aulas que precederam a aplicação do Produto Educacional. Devido à imensa quantidade de conteúdos a serem vistos durante o ano letivo e com vistas a exames vestibulares, as aulas, como será observado nas seções subsequentes, foram predominantemente tradicionais, diferentemente das aulas que foram utilizadas para a aplicação do Produto Educacional.

#### *6.1.1 Trabalho realizado no 1º Bimestre*

Durante a revisão de Mecânica, dentre os tópicos trabalhados eu abordei as leis de Kepler, a contribuição de Galileu Galilei e a Teoria da Gravitação Universal de Isaac Newton. Esses temas foram ministrados em aulas expositivas (quadro negro e giz) e com resolução de

questões do livro texto, caderno de atividades e caderno de revisão. Alguns alunos apresentaram dificuldades em entender as leis de Kepler.

Uma aluna me relatou que não havia estudado esse tema na escola onde ela havia cursado o 1º Ano do Ensino Médio, eu, então, procurei explicar com detalhes as leis de Kepler e resolver exercícios para a fixação do conteúdo. Além dos exercícios de sala eu sempre passava exercícios para casa e os alunos que estavam com dificuldades eram convidados a procurar a monitoria da escola para auxílio na confecção da tarefa de casa.

A aula dedicada à contribuição de Galileu para a Astronomia foi expositiva e muitas perguntas surgiram a respeito da vida de Galileu, como por exemplo, relacionadas às dificuldades que ele enfrentou para que seus trabalhos fossem aceitos pela comunidade científica da época e os riscos de vida que ele sofreu devido a censura de seus trabalhos por parte da Santa Igreja. A maioria dos alunos não sabia das imensas contribuições de Galileu para a Astronomia como a descoberta de planetas, luas e que ele havia utilizado instrumentos ópticos, de forma pioneira, para observar o céu.

Após esse momento eu dediquei aproximadamente três aulas para falar sobre a Teoria da Gravitação Universal de Newton e resolver exercícios do livro texto e caderno de atividades. Nas aulas os alunos apresentaram muitas dificuldades, principalmente com a matemática envolvida nos cálculos. Alguns deles me relataram que tinham dificuldades em decorar tantas fórmulas para as provas. Eu esclareci que a leitura do livro texto e a resolução de exercícios relacionados ao tema poderiam ajudá-los na memorização das fórmulas. Outra forma seria deduzir as fórmulas através da teoria da Gravitação. Porém, muitos alunos me relataram que sentem muita dificuldade em dedução de fórmulas e na matemática envolvida. Em muitos momentos eu precisei revisar conceitos matemáticos para dar ancoragem e sustentação aos novos conceitos que seriam ministrados.

### *6.1.2 Trabalho realizado no 2º Bimestre*

No segundo bimestre, eu fiz uma revisão de Óptica e Ondulatória seguindo os moldes do primeiro bimestre. Procurei explicar os conceitos básicos das teorias com aulas expositivas (quadro negro e giz) e resolvendo exercícios dos livros texto e caderno de atividades. Os alunos tiveram dificuldades em alguns temas específicos como refração, prismas, lentes, espelhos e equação de ondas. Eu procurei dar mais exemplos e resolver exercícios além de orientar os alunos a fazer a tarefa de casa e, em caso de necessidade, procurar a monitoria da escola.

### 6.1.3 Trabalho realizado no 3º Bimestre

No terceiro bimestre do ano letivo eu iniciei o conteúdo de Física Moderna com Relatividade Galileana, Newtoniana e Relatividade Restrita de Einstein. As aulas eram expositivas (quadro negro e giz) e procurei resolver questões dos livros texto e caderno de atividades. Os alunos tiveram dificuldades em entender os postulados da Teoria da Relatividade proposta por Einstein e interpretar os problemas abordados nos livros textos e em questões de vestibulares tradicionais do País, como o da UnB (Universidade de Brasília), por exemplo. Eu procurei resolver o máximo de questões e de várias instituições para tentar ambientar os estudantes à linguagem proposta.

### 6.1.4 Trabalho realizado no 4º Bimestre

No quarto bimestre e último, eu iniciei o tema Física Quântica, com a introdução do modelo de Corpo Negro, Teoria de Planck, Efeito Fotoelétrico, Modelo Atômico de Bohr, Princípio da Incerteza de Heisenberg e Dualidade Onda-Partícula de De Broglie. Basicamente, as aulas foram expositivas com abordagem simples e teórica dentro de uma linguagem apropriada aos estudantes do Ensino Médio.

## 6.2 Relato de Aplicação da Sequência Didática

### 6.2.1 Relato da 1ª Aula

Após todo o trabalho descrito durante os bimestres, iniciei, no final do 4º bimestre, a aplicação da Sequência com uma pergunta a respeito do tema Cosmologia e indagando a turma sobre o que eles sabiam sobre Origem, Estrutura e Evolução do Universo<sup>7</sup>.

A discussão iniciou-se e alguns alunos afirmaram que já haviam ouvido falar do tema em Documentários de TV, Séries, livros, Filmes de ficção científica e revistas científicas.

Seguem os relatos de alguns estudantes:

- Estudante 1: professor, eu assisti a série Cosmos, narrada por Neil Degrasse Tyson. Já vi quase todos os episódios e acho interessante. Nós iremos falar sobre Buracos Negros e Big Bang?

---

<sup>7</sup> Devo enfatizar aqui novamente que a escolha do 4º bimestre foi necessária visto que os alunos já haviam visto todos os conteúdos necessários para a aplicação da Sequência e já estavam mais preparados para as discussões a respeito de tópicos de FMC, em especial, relacionados à Cosmologia.

- Estudante 2: professor, eu assisti ao filme Interestelar e fiquei curioso com a cena que mostra a viagem no tempo. É realmente possível uma pessoa ficar mais velha do que a outra em uma viagem?
- Estudante 3: professor, esses assuntos serão cobrados na prova? De que forma poderão ser cobrados?

Diante das perguntas iniciei as discussões, expliquei como eles seriam avaliados e também falei sobre os tópicos a serem abordados durante as aulas.

Os testes (Teste 1 e Teste 2) diagnósticos demonstraram que os estudantes apresentavam dificuldades em Gravitação e Relatividade Restrita, conteúdos que já haviam sido trabalhados no primeiro bimestre, como descrito anteriormente, porém de forma tradicional.

Observação dos Estudantes:

- Estudante 1: achei o teste sobre Gravitação muito difícil. Não me lembrava desse conteúdo, pois ele foi estudado no primeiro bimestre.
- Estudante 2: o nível das questões de Gravitação e Leis de Kepler estava muito difícil.
- Estudante 3: acho melhor fazer outra revisão. Não me lembrava das leis de Kepler e sei que esse conteúdo cai no vestibular. Seria bom o professor revisar com a turma.
- Estudante 4: as questões de Relatividade estavam mais fáceis que as de Gravitação.

Essa constatação mostrou-se importante e deu indícios de que a forma como os conteúdos são explanados durante as aulas podem não estar sendo eficientes para a aprendizagem.

### 6.2.2 *Relato da 2ª Aula*

De posse disso, o professor dedicou a aula seguinte para explicar e discutir conceitos relacionados à Gravitação e Relatividade para, depois seguir com a sequência proposta, pois os subsunçores relacionados à Gravitação e Relatividade Restrita eram muito importantes para o prosseguimento da Sequência. Além disso, o professor resolveu as questões dos Testes 1 (sobre Gravitação e Leis de Kepler) e 2 (sobre Relatividade Restrita) no quadro e discutiu os conceitos que geraram dúvidas.

Outro fator que merece ser destacado é o período em que a Sequência foi aplicada. Ela foi trabalhada no final do mês de novembro de 2017, ou seja, final do ano letivo. Nessa época

os estudantes do terceiro ano do Ensino Médio estão focados nos exames vestibulares e, por essa razão o professor teve dificuldade em utilizar as aulas para aplicação da Sequência devido a mudanças repentinas nas atividades da escola, como aulas para o Vestibular, por exemplo. Os estudantes, em vários momentos elogiaram a abordagem e o tema escolhido para a Sequência, no entanto, disseram que o momento não era oportuno para tal atividade e sim destinado ao ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e PAS-3 (Programa de Avaliação Seriada – Terceira Etapa). O professor explicou aos alunos que o fato de ter escolhido o final do ano letivo para a aplicação da Sequência era fundamental, pois eles já haviam estudado todos os conteúdos significativos para a abordagem de tópicos de Cosmologia, além de estarem mais amadurecidos para discutir temas de FMC.

Observações dos estudantes:

- Estudante 1: professor, o senhor poderia ter aplicado a atividade no 3º bimestre, pois o 4º bimestre está muito próximo do vestibular.
- Estudante 2: professor, tópicos de Astronomia e Cosmologia podem ser cobrados no Vestibular?

Sobre o questionamento a respeito do momento correto a ser aplicado a Sequência, eu expliquei ao aluno que o final do ano letivo era o momento propício, pois todo o conteúdo já havia sido ministrado.

Eu expliquei ao estudante que as questões sobre Gravitação e Leis de Kepler sempre abordam temas relacionados à Astronomia e que o estudo de Astronomia e Cosmologia, além de outros temas de FMC, poderiam tornar o estudo de Física mais atraente e interessante. A aluna concordou e disse que estava gostando das aulas e da metodologia abordada.

### 6.2.3 *Relato das 3ª e 4ª Aulas*

A criação do grupo de WhatsApp com o nome “TERCEIRÃO” foi feita pela representante de turma. Além de ser usado nas aulas de Física o grupo auxiliava em outras Componentes Curriculares e na troca de informações entre a turma.

O uso do aplicativo WhatsApp demonstrou ser ágil e de fácil acesso para os estudantes e professor.

Os primeiros materiais enviados ao grupo foram: link (do canal youtube) da Série de TV Cosmos, episódio 1, narrado por Carl Sagan e um artigo A Cosmologia, de Rogério Rosenfeld, UNESP-SP.

Relatos dos alunos:

- Estudante 1: professor, o material é muito bom, mas não tive tempo de ver tudo pois estou cheio de atividades nesse final de ano.
- Estudante 2: professor, gostei do texto mas achei a linguagem do artigo difícil. Não entendi algumas coisas, como Modelo Cosmológico Padrão, Recombinação, Matéria Escura e Energia Escura.
- Estudante 3: professor, o universo está em expansão? Como conseguem provar isso?
- Estudante 4: professor, achei o material extenso. Tanto o vídeo quanto o texto.

Eu expliquei aos alunos que havia a necessidade de estudo de material como o Artigo e o Vídeo, pois nosso tempo de aula era curto, e, dessa forma, o material poderia auxiliar nas aulas. Quanto aos questionamentos a respeito dos tópicos abordados no Artigo sobre Cosmologia, eu esclareci as dúvidas pertinentes. Mostrei aos alunos que era importante uma leitura mais elaborada e que textos curtos muitas vezes não dão as informações necessárias ao resultado pretendido que seria uma compreensão, em nível básico, da origem, estrutura e evolução do universo.

#### 6.2.4 *Relato da 5ª Aula*

Infelizmente, o Laboratório de Informática da escola estava em manutenção no período de aplicação da Sequência, por essa razão, foi disponibilizado um tutorial, através, do grupo de WhatsApp, do Software Stellarium. Os alunos foram convidados a visitar o site [stellarium.org](http://stellarium.org) e baixar o Software no computador ou a baixar a versão móvel em um pendrive, por exemplo. O Software possui, ainda, uma versão em aplicativo para Smartphones, porém, por ser paga decidimos não optar por essa opção.

Muitos elogiaram a utilização do Software Stellarium. Porém, alguns estudantes não fizeram a atividade extraclasse devido à falta de interesse e tempo.

Observações dos estudantes:

- Estudante 1: professor, eu achei interessante. Já conhecia o aplicativo, mas não ando tendo muito tempo para explorar todas as ferramentas que o Software oferece.
- Estudante 2: professor, achei legal porque dá pra identificar as estrelas no céu e planetas.

- Estudante 3: professor, acho que a atividade poderia ser mais proveitosa se fosse feita no Laboratório de Informática da escola, pois assim o senhor poderia nos auxiliar.
- Estudante 4: professor, achei o Stellarium de fácil acesso e bem intuitivo. Meu irmão de 11 anos também gostou. Mostrei para os meus pais e eles gostaram.

Sobre as dificuldades enfrentadas, orientei os alunos sobre o uso do Software e indiquei a leitura do tutorial. O objetivo do Software era apenas informativo e para atrair os estudantes ao tema que estava sendo estudado em sala. E também para que eles fossem estimulados a olhar para o céu, visto que em uma cidade grande como Brasília, a visualização do céu não é tão boa quanto em lugares com menos intensidade luminosa.

Alguns estudantes me relataram que não conseguiam diferenciar planeta de estrela ao olhar para o céu e não sabiam que alguns planetas poderiam ser vistos a olho nu.

#### 6.2.5 *Relato da 6ª Aula*

Para a aula seguinte foi enviado através do grupo de WhatsApp o texto, autoral, a respeito de Cosmologia, para leitura e discussão em sala.

O texto produzido pelo professor foi considerado bom e acessível pela maioria dos estudantes e alguns reclamaram do seu tamanho (aproximadamente 10 páginas), além disso, alguns elogiaram o uso de imagens e gráficos para facilitar o entendimento dos conceitos.

Observações dos Estudantes:

- Estudante 1: professor, achei o texto interessante, mas ficou muito grande. Poderia ter umas três páginas.
- Estudante 2: professor, vi um documentário que fala sobre as Ondas Gravitacionais. Elas já foram provadas?
- Estudante 3: professor, achei o texto interessante. Vi um vídeo na internet que descreve um experimento sobre a curvatura do espaço-tempo.
- Estudante 4: professor, achei o texto de difícil compreensão. Fiquei com muitas dúvidas.

A respeito dos questionamentos sobre o tamanho do texto, eu expliquei aos alunos que a quantidade de informações necessárias para se abordar o tema Cosmologia era vasta e necessária e, por esse fato, o texto ficou um pouco extenso. Fiquei de refletir sobre as críticas e tentar construir um texto mais enxuto para a realidade do Ensino Médio. Alguns alunos se

interessaram pelo assunto e sugeri a leitura de alguns livros para aprofundamento como: O Universo em uma Casca de Noz de Stephen Hawking (2001) e Cosmos de Carl Sagan (1980).

Sobre as dúvidas trazidas para sala de aula, elas foram sanadas. Alguns alunos me questionaram sobre o fato de se trabalhar sempre dessa forma, através de Sequências Didáticas, pois assim o estudo ficava mais fácil e atraente. Eu expliquei que o tempo para se trabalhar tantos temas e que a cobrança com o vestibular, infelizmente, tornava o ensino maçante e mecânico.

Alguns alunos argumentaram que seria interessante a aplicação da Sequência a partir do 1º Ano do Ensino Médio ou 9º Ano do Ensino Fundamental 2, pois atividades como essa poderiam incentivar e despertar o interesse dos estudantes pelas Ciências Exatas.

Outros alunos destacaram a importância de atividades como essa na forma de Projetos extraclasse como Feiras de Ciências por exemplo.

Observações dos Estudantes:

- Estudante 1: professor, essa atividade (Sequência) é muito interessante e acho que incentiva os estudantes a conhecer mais sobre Astronomia e pode motivar o aluno a caminhar para as Exatas no ingresso da Faculdade. Mas acho que seria mais proveitoso se o senhor aplicasse essa atividade a partir do 9 ano, pois assim teria mais sucesso.
- Estudante 2: professor, outros professores também utilizam o WhatsApp e enviam para o grupo criado pela turma (grupo com o nome “TERCEIRÃO”) listas de exercícios, textos e vídeos.
- Estudante 3: professor, acho que esse tema Cosmologia poderia ser abordado como projeto e o senhor poderia dar aulas no contraturno sobre isso. O que acha?

Fiquei de refletir sobre quando seria o melhor momento para se aplicar a Sequência, pois a introdução de temas de FMC para alunos de 9 ano do Ensino Fundamental necessitaria de Transposições Didáticas adequadas.

Sobre a aplicação da Sequência na forma de Projetos ou em contraturnos, considero as sugestões como muito boas e motivadoras para trabalhos futuros.

Além dessas sugestões e críticas, alguns alunos relataram que a quantidade de aulas utilizadas em uma Sequência como essa é muito grande e que se o professor trabalhasse sempre dessa forma durante o ano ele não conseguiria vencer todo o programa proposto pelo Currículo da Educação Básica do Ensino Médio. Eles demonstraram preocupação em se trabalhar todos os assuntos devido às provas de Vestibulares Nacionais cobrarem tais assuntos.

Nessa última, além de debater sobre o texto de Cosmologia, produzido pelo professor, os estudantes responderam a dois Questionários de Opinião (ver Apêndice D) e foram orientados a responder uma questão, na forma de pós-teste, a respeito da Origem, Estrutura e Evolução do Universo. A atividade foi recolhida pelo professor ao final da aula.

## 7 RESULTADOS E ANÁLISE

Nesse capítulo, relatarei os resultados obtidos através de pré-testes, questionários de opinião a respeito da Sequência e do texto que produzi sobre Cosmologia e, também, sobre o pós-teste.

Como já descrito nos capítulos anteriores, comecei minha Sequência com a aplicação de dois pré-testes (ver Apêndice B). O primeiro foi sobre Gravitação Universal e Leis de Kepler e o segundo a respeito de Relatividade Restrita.

### 7.1 Testes Diagnósticos

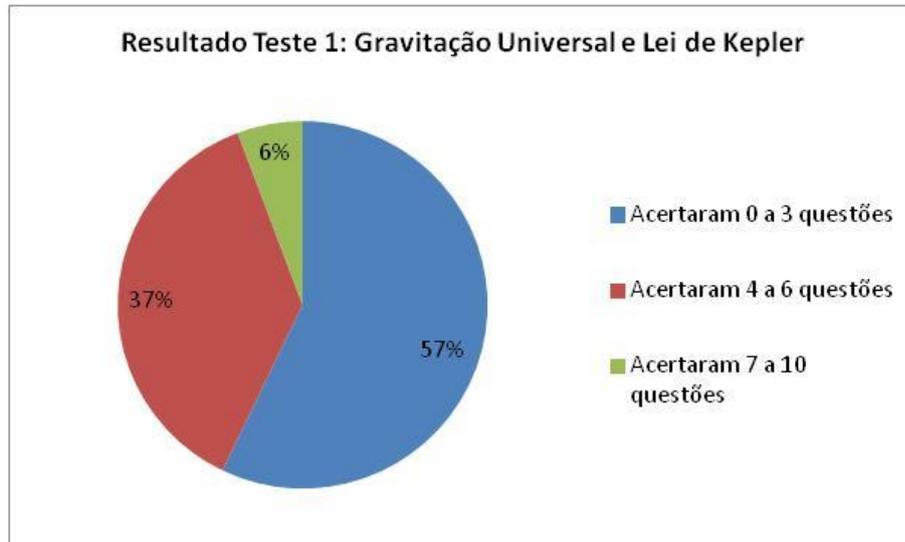
O **Teste 1** sobre Gravitação Universal e Leis de Kepler foi realizado em sala, com trinta e cinco alunos presentes. Esse teste era composto de dez questões, estilo ENEM, de múltipla escolha, com apenas uma opção correta. A Tabela 1 e o Gráfico 1, mostram os resultados obtidos:

**Tabela 1 - Resultado Teste 1**

**Teste 1: Gravitação Universal e Lei de Kepler**

<b>Estudantes que acertaram de 0 a 3 questões</b>	57,14%
<b>Estudantes que acertaram de 4 a 6 questões</b>	37,14%
<b>Estudantes que acertaram de 7 a 10 questões</b>	5,71%

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 1 - Resultado Teste 1: Gravitação Universal e Lei de Kepler**

Fonte: elaborado pelo autor

O resultado do Teste 1 mostrou pouca aprendizagem, pois a maioria dos estudantes (quase 60 por cento da turma) não conseguiu acertar nem a metade das questões propostas. Esse resultado se deve ao fato de o conteúdo ter sido ministrado no primeiro semestre, já distante do final do ano. Outro fator que pode ter influenciado no resultado está no fato de os alunos não terem estudado previamente, pois eles têm esse hábito em véspera de avaliações.

Somado a esses fatos, deve-se destacar que alguns alunos reclamaram que o nível das questões do Teste 1 estava muito elevado. Eu esclareci que elas eram de Vestibulares tradicionais do país e que a atividade tinha como propósito avaliar os subsunçores necessários para aplicação da Sequência Didática e preparação para o Vestibular.

Diante desse resultado, como já foi relatado em seções anteriores, decidi fazer uma revisão dos conteúdos significativos de Gravitação Universal e Leis de Kepler.

O **Teste 2**, sobre Relatividade Restrita, foi realizado em sala, com trinta e cinco alunos presentes. Esse Teste, como o anterior, era composto de dez questões, estilo ENEM, de múltipla escolha, com apenas uma opção correta para cada questão. A Tabela 2 e Gráfico 2, a seguir, mostram os resultados:

**Tabela 2 - Resultado Teste 2**

<b>Estudantes que acertaram de 0 a 3 questões</b>	60%
<b>Estudantes que acertaram de 4 a 6 questões</b>	40%
<b>Estudantes que acertaram de 7 a 10 questões</b>	0%

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 2 - Resultado Teste 2: Relatividade Restrita**

Fonte: elaborado pelo autor

O resultado do Teste 2 mostrou baixa aprendizagem, também, pois nenhum aluno conseguiu obter nota superior a seis, sendo que a média da escola é seis. Isso foi preocupante visto que o conteúdo sobre Relatividade Restrita e outros tópicos de Física Moderna e Contemporânea haviam sido ministrados no bimestre anterior, de forma tradicional, com aula expositiva.

Esses fatos reforçam a importância de se mudar as estratégias de ensino como expostas na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e complementada por Moreira.

Assim como o livro de texto simboliza a autoridade de onde “emana” o conhecimento, o quadro de giz simboliza o ensino transmissivo, no qual outra autoridade, o professor, parafraseia, ou simplesmente repete, o que está no livro, ou resolve exercícios, para que os alunos copiem, “estudem” na véspera da prova e nela repitam o que conseguem lembrar. É difícil imaginar ensino mais antiaprendizagem significativa, e muito menos crítica, do que esse: o professor escreve no quadro, os alunos copiam, decoram e reproduzem. É a apologia da aprendizagem mecânica, mas, ainda assim, predomina na escola. (MOREIRA, 2015, p. 239)

Diante do resultado no Teste 2, decidi fazer uma revisão de conteúdos significativos de Relatividade Restrita na aula posterior juntamente com Gravitação e Leis de Kepler. Devido à escassez de tempo para a aplicação da Sequência, não tive condições de trabalhar os conteúdos de Gravitação Universal, Leis de Kepler e Relatividade Restrita com a utilização de outros recursos como atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, dentre outras atividades que poderiam estimular a aprendizagem significativa.

Alguns alunos me relataram que os resultados ruins nos testes se deviam ao fato de que eles estudam para obter nota e não para aprender. Muitas vezes eles decoram as definições, conceitos e exercícios para a reprodução em provas e testes e, posteriormente, a maioria dessas informações cai no esquecimento. Dessa forma se faz necessário uma reformulação na forma de se ensinar e avaliar, pois usar sempre os mesmos mecanismos e estratégias pode tornar as aulas desinteressantes e a aprendizagem superficial.

## 7.2 Questionários de Opinião

Foram aplicados dois Questionários de Opinião, ao final da Sequência. Eles tiveram a finalidade de avaliar o Produto Educacional e o texto autoral produzido sobre Cosmologia. A opção por utilizar essa forma de pesquisa foi pela relevância de avaliação dos estudantes sobre o trabalho que foi realizado, além de poder obter informações mais precisas a respeito das dificuldades e afinidades dos alunos a respeito de atividades propostas em sala. O segundo Questionário tinha a finalidade de avaliar o texto autoral produzido pelo professor/pesquisador com o objetivo de verificar se o texto produzido estava em uma linguagem acessível ao estudante. A opção pela Escala de Likert mostrou-se interessante e mais rica do que simplesmente as perguntas com opções “sim” ou “não”.

Como docentes é extremamente importante que possamos tirar o máximo partido dos conhecimentos dos nossos alunos acerca dos variados temas que as Ciências Físico-Químicas englobam.

É muito importante sabermos tirar partido das inúmeras aplicações práticas de invenções, descobertas e instrumentos que hoje são postos ao nosso dispor. Como tal, a aplicação de inquéritos por questionários pode revelar-se como um instrumento muito útil na obtenção de dados acerca do conhecimento dos nossos alunos, nunca esquecendo que isoladamente estes de nada servem. (AMARO; PÓVOA; MACEDO, 2004/2005, p. 9)

Os questionários tinham em seu comando o seguinte texto: “*Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:*”

Após esse comando as perguntas seriam respondidas na escala de 1 (Sim) a 5 (Muito pouco).

Seguem abaixo os resultados e discussões a respeito dos Questionários de Opinião.

### 7.2.1 Questionário de Opinião a respeito da Sequência Didática

O primeiro questionário (Questionário de Opinião 1, ver anexo) foi aplicado para se obter informações a respeito da Sequência Didática (Produto Educacional).

Foram elaboradas seis perguntas a respeito da Sequência, com a participação de 38 alunos. Na atividade o estudante não precisava se identificar. Ele apenas preenchia sua idade, sexo e respondia as questões. A atividade foi recolhida para análise.

Seguem os resultados obtidos do primeiro questionário de opinião:

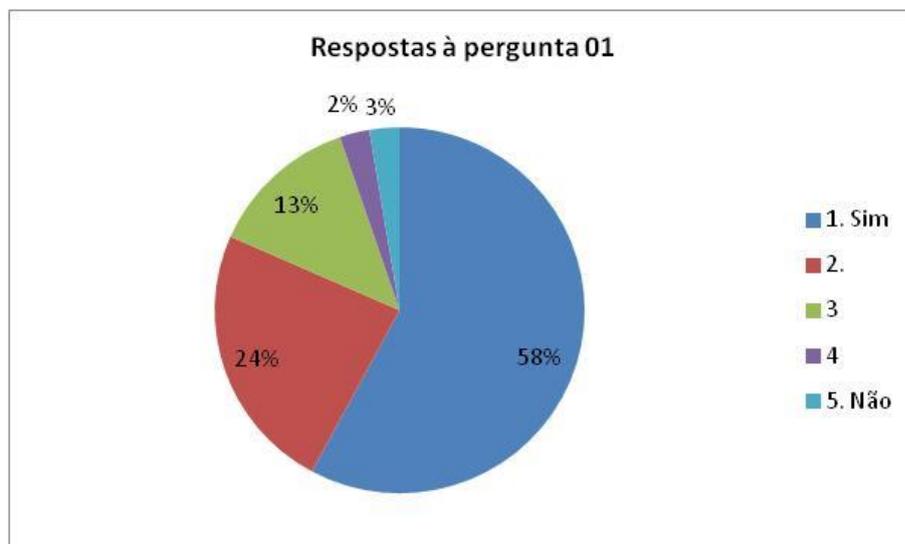
**Pergunta 01: Na sua opinião, a utilização de Tópicos de Cosmologia como instrumento motivador de ensino ajudou você a ampliar seus conhecimentos sobre Gravitação e Relatividade?**

**Tabela 3 - Respostas à pergunta 01**

<b>1 – SIM</b>	58%
<b>2</b>	24%
<b>3</b>	13%
<b>4</b>	2%
<b>5 – MUITO POUCO</b>	3%

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 3 - Respostas à pergunta 01**



Fonte: elaborado pelo autor

Pelos dados obtidos na tabela e gráfico 03, podemos notar que a escolha do tema Cosmologia foi bem acertada, pois o assunto é comentado em várias fontes acessadas pelos

estudantes. Muitos relataram que já haviam lido alguma coisa relacionada ao assunto ou assistido documentários, filmes e reportagens a respeito do tema. Essa escolha incentivou os estudantes a estudar temas que pertencem ao Currículo da Educação Básica, como temas de FMC (Física Moderna e Contemporânea).

Durante a aplicação da Sequência tivemos a oportunidade de debater conceitos relacionados à Gravitação Universal e Relatividade Restrita. Isso ajudou a sanar algumas dúvidas que restaram do assunto.

Alguns alunos relataram, ainda, que assuntos presentes em seu cotidiano eram mais interessantes do que temas que são pouco abordados no dia a dia.

**Pergunta 2: Sobre os conteúdos abordados, você os considera relevantes para o dia a dia?**

**Tabela 4 - Respostas à pergunta 02**

<b>1 – SIM</b>	29%
<b>2</b>	23%
<b>3</b>	24%
<b>4</b>	16%
<b>5 – MUITO POUCO</b>	8%

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 4 - Respostas à pergunta 02**



Fonte: elaborado pelo autor

Pelos resultados da tabela e gráfico 04, podemos notar que os assuntos abordados são relevantes para os estudantes visto que podem aparecer em Exames Vestibulares, reportagens, documentários, filmes e séries de ficção científica, além de estarem presentes em aplicações tecnológicas utilizadas pelos alunos em seu dia a dia.

Outro fato que merece destaque é a forma que os temas foram abordados durante as aulas na forma de vídeos, debates, textos introdutórios, dentre outras ferramentas. Isso pode ter tornado a aprendizagem significativa e dado, de certa forma, mais relevância aos assuntos abordados.

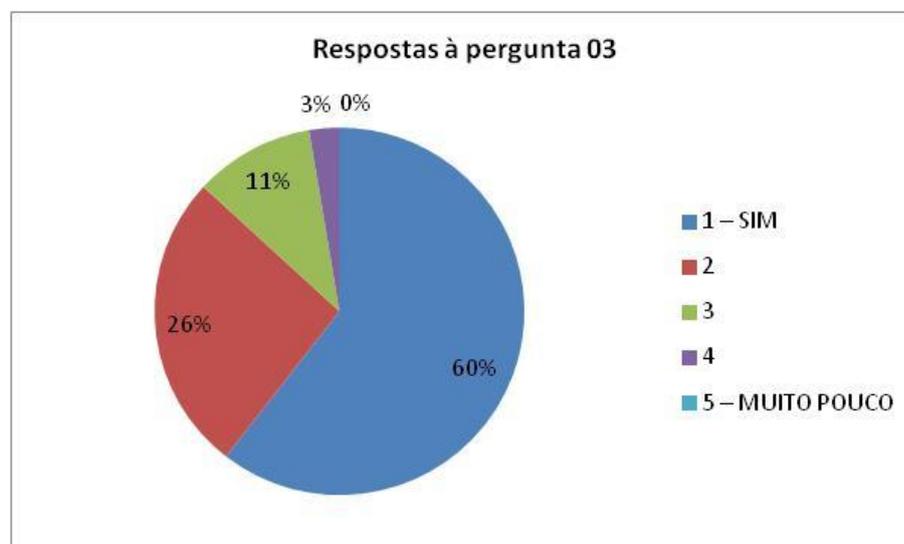
**Pergunta 3: Sobre o texto a respeito de Cosmologia, ele estava em uma linguagem acessível para o estudante do Ensino Médio?**

**Tabela 5 - Respostas à pergunta 03**

<b>1 – SIM</b>	60 %
<b>2</b>	26 %
<b>3</b>	11 %
<b>4</b>	3 %
<b>5 – MUITO POUCO</b>	0 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 5 - Respostas à pergunta 03**



Fonte: elaborado pelo autor

Pelos dados coletados na tabela e gráfico 05, podemos notar que a maioria dos estudantes achou a linguagem do texto acessível. Essa informação era extremamente importante e relevante para a aplicação da Sequência, visto que um texto construído em uma linguagem muito complicada e fora da realidade dos alunos do Ensino Médio dificultaria muito a aprendizagem e discussão dos temas abordados.

O termo “transposição didática”, segundo Chevallard & Joshua (1991), designa o conjunto das transformações que sofre um saber dito sábio, para ser ensinado. Ou seja, refere-se às transformações que sofrem as teorias dos matemáticos quando se tornam saberes escolares, em primeiro lugar nas propostas curriculares, depois nos livros didáticos e em sala de aula. O saber sábio é construído e faz parte do patrimônio cultural do pesquisador. A sociedade solicita o ensino de uma parte desse saber por razões puramente sociais: formação profissional, por necessidades econômicas. É necessário então transformar esses saberes para que possam ser ensinados e, conseqüentemente, entendidos em dado nível. (ALMOULOUD, 2011, p. 194)

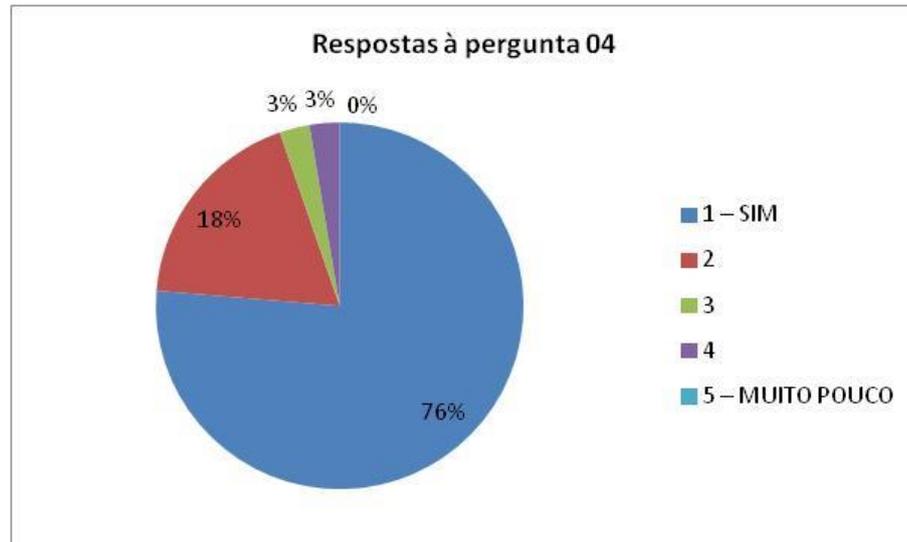
Os textos, livros e artigos utilizados para a construção do texto sobre Cosmologia, já eram resultado de transformações para a linguagem acadêmica. Para que esses conceitos fossem transmitidos aos alunos do Ensino Médio fez-se necessária nova transformação desses assuntos para se tentar adequar a linguagem e conceitos ao nível de entendimento dos estudantes, sempre com a preocupação de não se perder ou simplificar os conhecimentos que estavam sendo explorados.

**Pergunta 04: Em relação ao material pedagógico adotado pela escola, o uso de textos, artigos e vídeos podem ajudar na aprendizagem como material de apoio?**

Tabela 6 - Respostas à pergunta 04

<b>1 – SIM</b>	76 %
<b>2</b>	18 %
<b>3</b>	3 %
<b>4</b>	3 %
<b>5 – MUITO POUCO</b>	0 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 6 - Respostas à pergunta 04**

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados expostos na tabela e gráfico 06, reforçam a teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel e complementada por Moreira, de que os recursos utilizados durante as aulas devem ser diversificados e com materiais potencialmente significativos. O uso de vídeos, softwares, artigos, debates, questionários, pré-testes e pós-testes, como podemos ver pelos dados acima, demonstraram-se exitosos na opinião dos estudantes. Além disso, puderam ser observados, também, durante as aulas, pelo nível dos debates e interesse dos estudantes.

Muitos alunos relataram, durante as aulas que o uso excessivo do livro didático, somado a aulas quase sempre expositivas tornava o curso maçante e entediante, além de não gerar bons resultados de aprendizagem, como demonstrado pelos pré-testes 1 e 2.

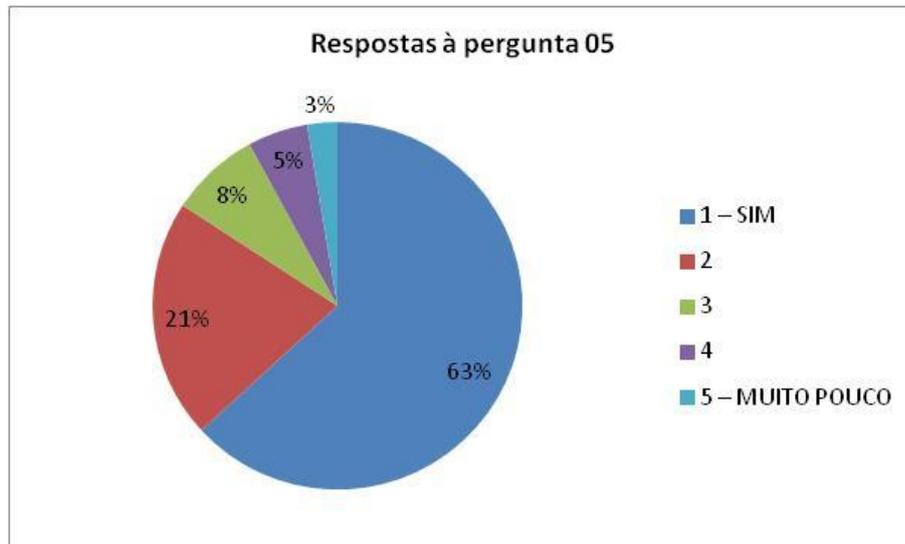
**Pergunta 05: Na sua opinião, o ensino de tópicos de Cosmologia pode ser utilizado como material pedagógico por outros professores ou escolas no Ensino Médio?**

**Tabela 7 - Respostas à pergunta 05**

<b>1 - SIM</b>	63 %
<b>2</b>	21 %
<b>3</b>	8 %
<b>4</b>	5 %
<b>5 - MUITO POUCO</b>	3 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 7 - Resposta à pergunta 05**



Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados expostos na tabela e gráfico 07 demonstram a importância de se tratar temas presentes no cotidiano dos estudantes e tentar contextualizá-los aos temas previstos no Currículo da Educação Básica.

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola do 2º grau.

Não podemos, no entanto, nós professores e pesquisadores da Universidade, enfrentarmos tal tarefa sem a participação conjunta daqueles que praticam a física escolar secundária: os professores de física do 2º grau.

O envolvimento desses profissionais, da forma mais direta possível, em qualquer proposta de reformulação do ensino da física é ponto fundamental para a efetividade da mesma. (TERRAZZAN, 1992, p. 210)

A abordagem de temas de FMC durante as aulas aproxima o estudo da Física do mundo atual, afinal muitas aplicações tecnológicas que são utilizadas pelos estudantes e pela população em geral são fruto desses conhecimentos.

A introdução de tópicos de Relatividade Restrita e Relatividade Geral durante a aplicação da Sequência sobre Cosmologia demonstrou-se mais exitosa que a mera aplicação mecânica e descontextualizada. Os estudantes, como já demonstrado pelos resultados acima demonstraram maior interesse pela metodologia utilizada na Sequência do que a tradicional.

Dessa forma pode ser interessante o professor de Educação Básica introduzir tópicos de FMC através de Sequências Didáticas com a utilização de diversos recursos, como já

citado anteriormente, e discutidos por Moreira. Isso pode auxiliar o professor em suas aulas e, de certa forma, contribuir para a atualização do Currículo da Educação Básica de Física.

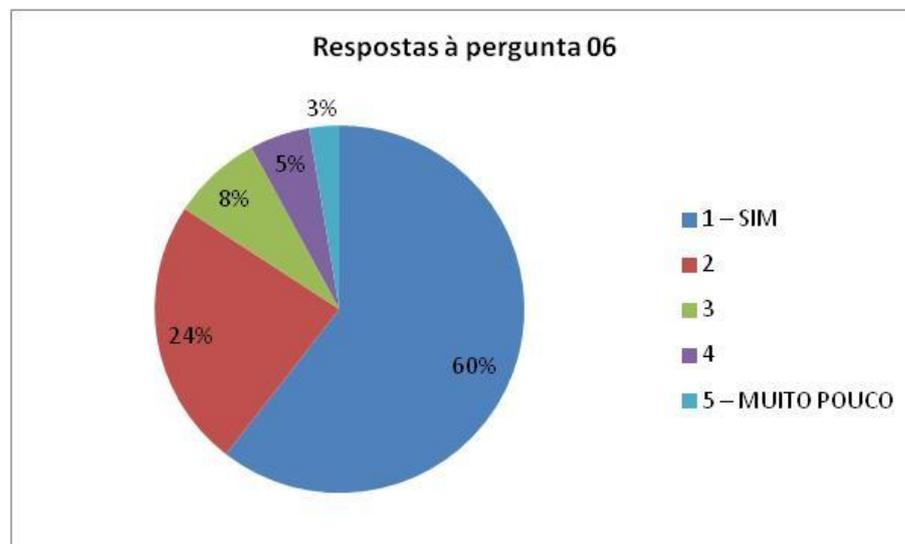
**Pergunta 06: Comparando a uma aula tradicional, a Sequência Didática utilizada (Pré-teste, Leitura do texto, Aula Expositiva com vídeos, imagens, aplicativos e Pós-teste) facilitou a aprendizagem do tema?**

**Tabela 8 - Respostas à pergunta 06**

<b>1 – SIM</b>	60 %
<b>2</b>	24 %
<b>3</b>	8 %
<b>4</b>	5 %
<b>5 – MUITO POUCO</b>	3 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 8 - Respostas à pergunta 06**



Fonte: elaborado pelo autor

A utilização da Sequência, conforme demonstram o gráfico e tabela 8, foi exitosa e teve boa aceitação por parte dos estudantes. Muitos elogiaram a forma de se abordar conteúdos dessa maneira, conforme citado mais acima, e questionaram o porquê da não utilização dessa metodologia durante o ano letivo e por outros professores. Esses depoimentos, aliados aos resultados da tabela e gráfico 8, reforçam a importância de diversificar a metodologia utilizada em sala de aula.

Alguns alunos, conforme descrito em depoimentos, também questionaram a aplicabilidade de Sequências durante todo o ano letivo. Eles argumentaram, durante os debates em sala, que a imensa quantidade de conteúdos previstos no Currículo de Física para o Ensino Médio impedia tais práticas.

Assim como a ideia que está por trás do princípio da não centralidade do livro de texto é a da diversidade de materiais educativos a que subjaz ao princípio da não utilização do quadro de giz é a da diversidade de estratégias instrucionais. O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica. Não é preciso buscar estratégias sofisticadas. A não utilização do quadro de giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, enfim, a diversas estratégias, as quais devem ter subjacentes os demais princípios. Na verdade, o uso dessas estratégias de ensino facilita tanto a implementação dos demais princípios em sala de aula como a atividade mediadora do professor. (MOREIRA, 2015, 239)

O uso de diferentes estratégias pode ajudar a aproximar o aluno da aula, além disso, os resultados demonstraram que a Sequência propiciou o debate e a contextualização do tema à realidade dos estudantes. Outro fator que merece destaque está no fato de os alunos terem a oportunidade de criticar e opinar na metodologia utilizada pelo professor.

### 7.2.2 *Questionário de Opinião a Respeito do Texto Produzido sobre Cosmologia*

O segundo questionário (Questionário de Opinião 2, ver Apêndice D) foi aplicado para se obter informações a respeito do texto, autoral, produzido sobre o tema Cosmologia (ver Apêndice A).

Foram elaboradas quatro perguntas a respeito do texto e Sequência, com a participação de 38 alunos. Na atividade o estudante não precisava se identificar. Ele apenas preenchia sua idade, sexo e respondia as questões. A atividade foi recolhida para análise.

Seguem os resultados obtidos do segundo questionário de opinião:

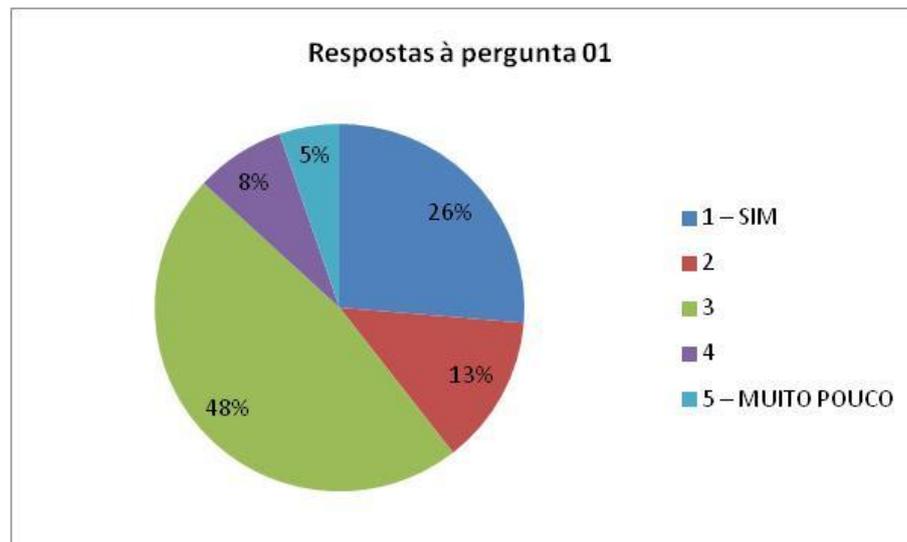
**Pergunta 01: Na sua opinião, o texto produzido a respeito de Cosmologia ficou muito grande?**

**Tabela 9 - Respostas à pergunta 01**

<b>1 – SIM</b>	26 %
<b>2</b>	13 %
<b>3</b>	48 %
<b>4</b>	8 %
<b>5 – MUITO POUCO</b>	5 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 9 - Respostas à pergunta 01**



Fonte: elaborado pelo autor

Pelos resultados obtidos, podemos notar que o texto ficou um pouco extenso para a realidade dos estudantes. A dificuldade encontrada foi abordar muitos temas relacionados à Cosmologia e tentar não simplificar conceitos importantes. O esforço de se transformar o conhecimento científico captado em livros e artigos que estavam em uma linguagem acadêmica para uma linguagem acessível aos estudantes do Ensino Médio sem a perda dos conceitos dificultou a redução do texto. Porém, com os resultados obtidos, faz-se necessária uma reflexão para se tentar reformular o trabalho e sobre a utilização ou não de textos muito longos como materiais potencialmente significativos na abordagem de tópicos de Física.

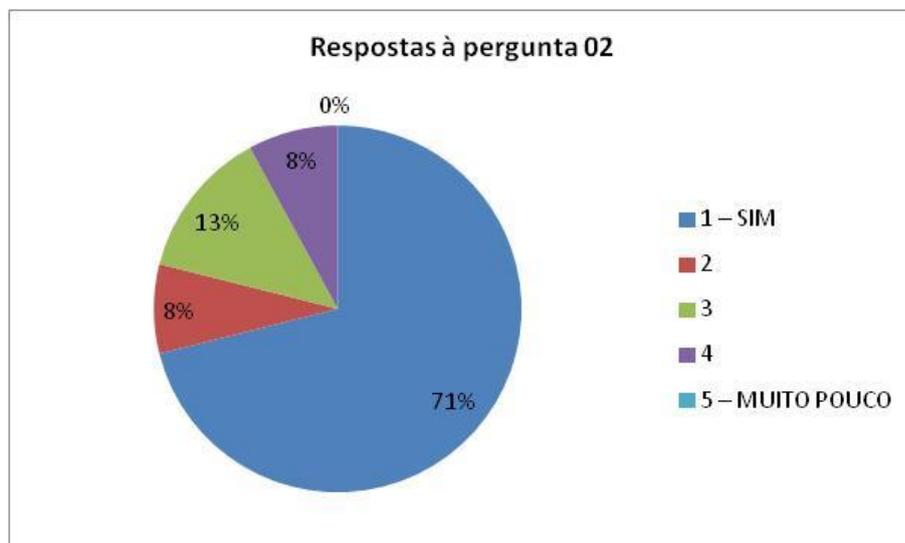
**Pergunta 02: Na sua opinião, a linguagem utilizada foi adequada para estudantes do Ensino Médio?**

**Tabela 10 - Respostas à pergunta 02**

<b>1 – SIM</b>	71 %
<b>2</b>	8 %
<b>3</b>	13 %
<b>4</b>	8 %
<b>5 – MUITO POUCO</b>	0 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 10 - Respostas à pergunta 02**



Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados da tabela e gráfico 10 demonstram que a linguagem abordada alcançou o objetivo de transformar um conteúdo científico em uma linguagem acessível ao estudante do Médio. Essa era uma grande preocupação, pois a construção de um texto que não fosse adequado à realidade dos alunos seria um grande fracasso para o êxito da Sequência. O estudo de Transposições Didáticas sobre o tema Cosmologia, como, “O universo numa casca de noz”, de Stephen Hawking, “O universo escuro”, de Larissa Santos, dentre outros títulos e artigos, auxiliou na construção de um texto que se aproximasse na linguagem dos estudantes.

Nos debates em sala pude notar ainda, pelas perguntas formuladas pelos alunos, que a linguagem utilizada nos textos e vídeos propostos estava adequada ao Ensino Médio.

Entretanto, é importante destacar que alguns alunos apresentaram dificuldades no entendimento de alguns trechos do texto. Eu procurei sanar essas dúvidas na sala de aula.

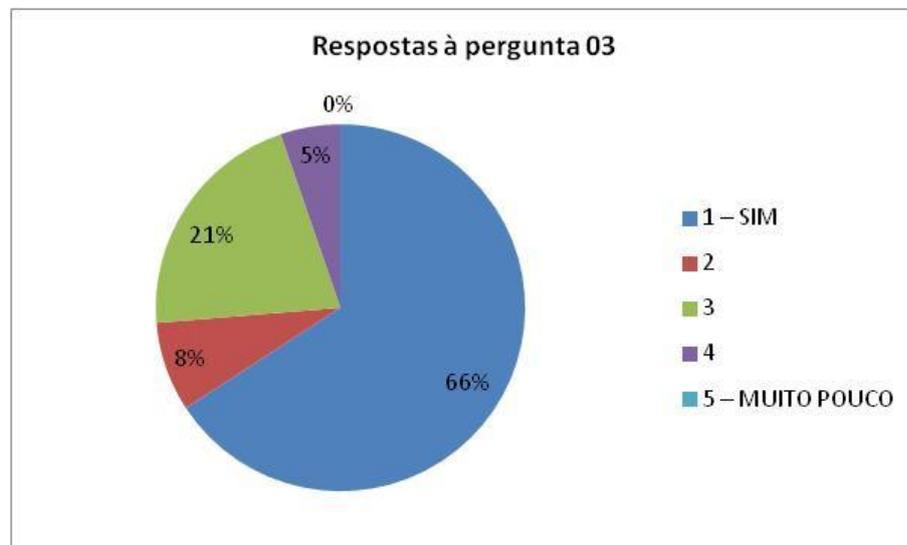
**Pergunta 03: Na sua opinião a utilização de material de apoio (como o texto, por exemplo), pode auxiliar nas aulas?**

**Tabela 11 - Respostas à pergunta 03**

<b>1 – SIM</b>	66 %
<b>2</b>	8 %
<b>3</b>	21 %
<b>4</b>	5 %
<b>5 – MUITO POUCO</b>	0 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 11 - Respostas à pergunta 03**



Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados obtidos da tabela e gráfico 11 foram semelhantes aos obtidos em perguntas anteriores, visto que a maioria dos estudantes aprova a utilização de outras estratégias pedagógicas além do livro texto e quadro negro. Esse resultado também merece destaque porque demonstra a importância da elaboração de textos sobre temas importantes da FMC que não são abordados nos livros textos.

Esta recontextualização e repersonalização constituem o trabalho do professor. Não se trata de reconstruir a origem histórica da descoberta desse saber, bem como das dificuldades que, possivelmente, o acompanham, mas criar um caminho mais curto para o aluno partir da construção de seus

conhecimentos. O trabalho do professor seria semelhante ao inverso do trabalho do pesquisador. O professor deve construir situações-problema em que o conhecimento matemático apontado seja recontextualizado e repersonalizado em vista de se tornar um conhecimento do aluno, ou seja, uma resposta mais natural às condições indispensáveis para que esse conhecimento tenha um sentido. (ALMOULOUD, 2011, p. 195)

Conforme já citado na Pesquisa Bibliográfica, transposições didáticas a respeito de Cosmologia podem ser encontradas em vários artigos e livros. Porém, em muitos casos os autores não conseguem transformar a linguagem científica em uma linguagem acessível ao aluno do Ensino Médio. Dessa forma, o professor pode construir textos que se aproximem da linguagem dos estudantes na tentativa de melhorar a aprendizagem.

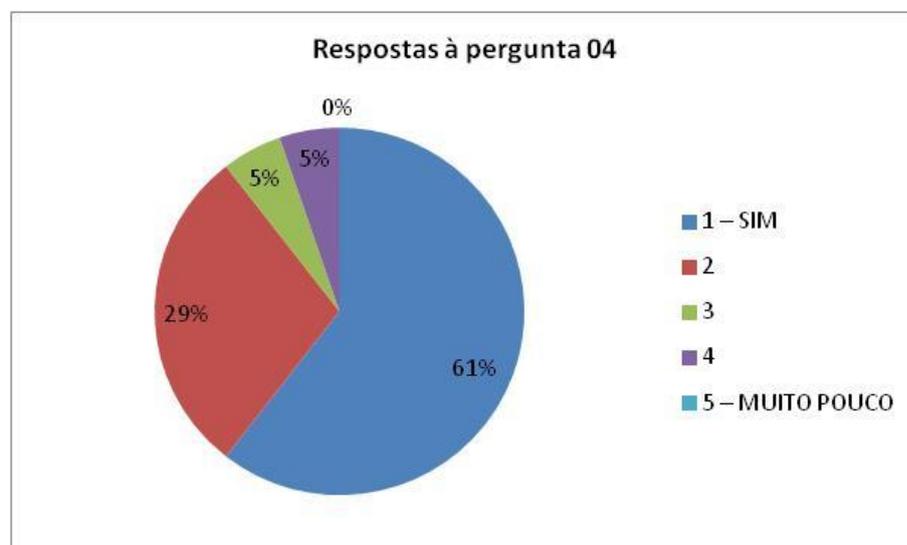
**Pergunta 04: Na sua opinião, o envio de material de suporte para as aulas através de app's foi proveitoso para melhor aproveitamento das aulas?**

**Tabela 12 - Respostas à pergunta 04**

<b>1 – SIM</b>	61 %
<b>2</b>	29 %
<b>3</b>	5 %
<b>4</b>	5 %
<b>5 – MUITO POUCO</b>	0 %

Fonte: elaborado pelo autor

**Gráfico 12 - Respostas à pergunta 04**



Fonte: elaborado pelo autor

Os dados expostos na tabela e gráfico 12 demonstram que a utilização do Aplicativo WhatsApp foi bem acertada pois faz parte da realidade dos estudantes além de facilitar o envio de material de suporte para a aula. Muitos estudantes relataram que alguns professores já utilizavam essa ferramenta como apoio no envio de materiais e para esclarecimentos de dúvidas a respeito de suas Componentes Curriculares. O uso do aplicativo se mostrou eficaz, pois a disponibilização de material impresso em algumas localidades do país pode ser impossível por razões financeiras e, atualmente, o uso de Smartphones tem crescido muito entre os estudantes. Deve-se esclarecer aqui que, antes de propor o uso do aplicativo nas aulas, eu fiz uma pesquisa em sala para verificar se todos os estudantes tinham Smartphones e o resultado foi que 100% dos estudantes possuíam. Isso possibilitou a utilização dessa ferramenta. Além disso, a quantidade de aulas para a aplicação da Sequência era reduzida devido à proximidade do final do ano letivo, dessa forma foi relevante o uso dessa ferramenta para o envio de material extraclasse.

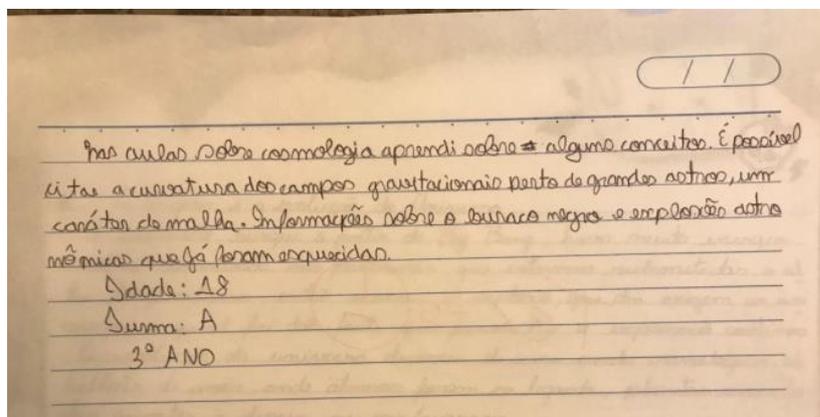
### 7.3 Resultado e Análise do Pós-Teste

Na última aula o professor fez uma proposta de construção de texto sobre a seguinte questão: fale sobre origem, estrutura e evolução do universo.

Os estudantes formularam pequenos textos e o professor recolheu os trabalhos para a análise posterior.

A seguir farei uma análise de alguns textos produzidos pelos estudantes.

**Figura 1 - Imagem texto 01**

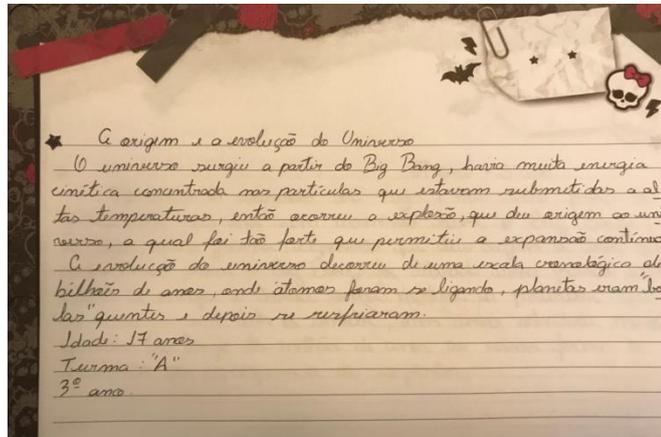


Fonte: arquivo de pesquisa

No texto 1, o aluno faz menção sobre a curvatura no tecido espacial (espaço-tempo) gerada pela gravidade de corpos celestes. Esse assunto foi discutido em sala e trabalhado com o auxílio de materiais como o texto sobre Cosmologia.

As aulas sobre Relatividade Geral também auxiliaram no entendimento sobre a curvatura no espaço-tempo provocada por corpos celestes.

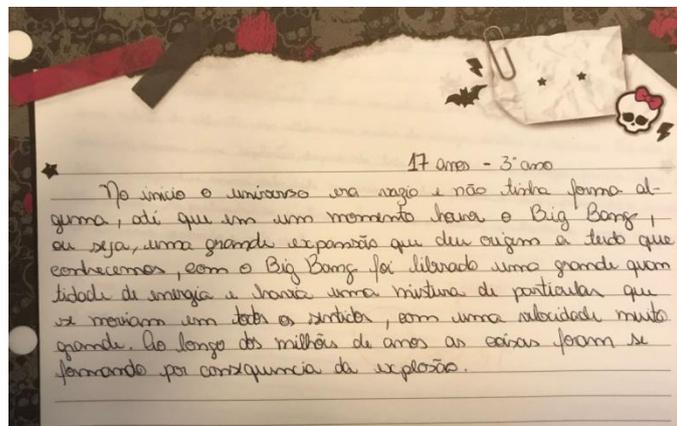
**Figura 2 - Imagem texto 02**



Fonte: arquivo de pesquisa

No texto 2, o estudante faz menção sobre o Big Bang, procura explicar com suas palavras o início do universo e fala sobre a inflação cósmica além do período de recombinação. É importante destacar aqui que durante os debates muitos alunos fizeram perguntas sobre o que aconteceu no início do Universo.

**Figura 3 - Imagem texto 03**

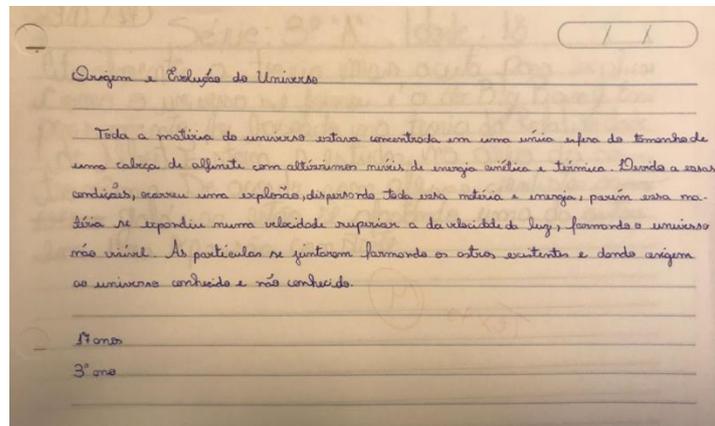


Fonte: arquivo de pesquisa

No texto 3, outro estudante menciona o período inicial do universo e a fase em que a temperatura era tão grande que não havia ainda matéria na forma de átomos como a que

temos atualmente. Ele fala, ainda, sobre a liberação de energia na explosão do Big Bang e que sobre o resfriamento que, posteriormente, foi possibilitando a formação de galáxias, dentre outros corpos celestes.

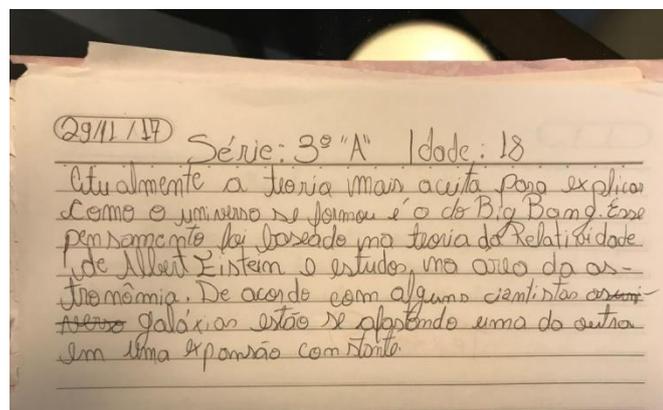
**Figura 4 - Imagem texto 04**



Fonte: arquivo de pesquisa

No texto 4, o aluno procura explicar o universo visível e o não visível. Ele fala sobre o período em que o universo expandiu mais rápido que a velocidade da luz e por essa razão há uma parte do universo que se encontra fora do horizonte de eventos, de acordo com a teoria da Relatividade Restrita. Ele descreve, ainda, o que ocorreu após o período de Recombinação.

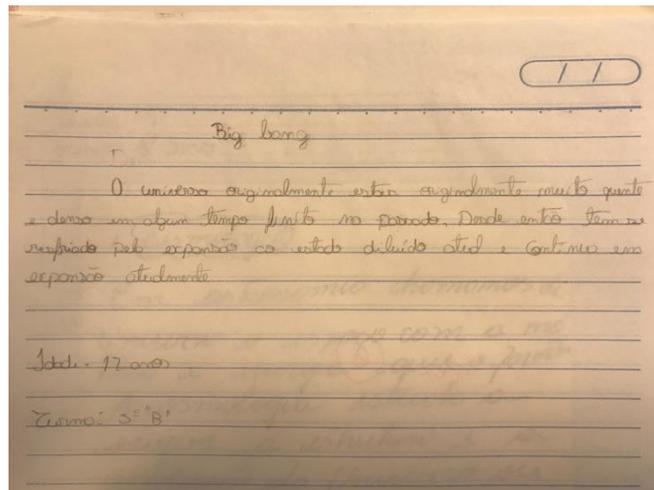
**Figura 5 - Imagem texto 05**



Fonte: arquivo de pesquisa

No texto 5, o estudante aborda a descoberta de Edwin Hubble. Ele descreve, com suas palavras, que o fato de galáxias estarem se afastando pode reforçar a ideia de que o Universo encontra-se em expansão. Ele cita, ainda, a teoria do Big Bang para explicar o surgimento do Universo.

**Figura 6 - Imagem texto 06**



Fonte: arquivo de pesquisa

No texto 6, o aluno menciona o fato de o Universo ter tido um início, pois pela teoria do Big Bang, o tempo começou a contar a partir dessa explosão inicial. Além disso, ele fala sobre a evolução do Universo com o resfriamento.

Pelos textos produzidos, pode-se notar que os debates e todo trabalho desenvolvido na Sequência produziram entendimento, dentro da realidade dos estudantes, a respeito da origem, estrutura e evolução do Universo. A produção de texto é um tipo de atividade pouco usado em aulas tradicionais de Física e demonstrou-se exitosa, pois os estudantes tiveram a oportunidade de passar para o papel seu entendimento a respeito das aulas.

## 8 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo propor mudanças no ensino de Física, no que tange conceitos de FMC. A maioria dos professores de Física, por várias razões citadas nesse trabalho, não abordam FMC dando mais ênfase a FC. A proposta do trabalho não é apontar culpados ou criticar a introdução de FC nas aulas de Física. A ideia aqui foi propor a introdução de tópicos de FMC, em especial o tema Cosmologia, pois se entende que a Física Contemporânea é significativa na vida dos estudantes por estar presente em suas vidas através de inovações tecnológicas e veículos de informação.

Dessa maneira, a construção de um Produto Educacional voltado para a inserção de tópicos de Cosmologia tem a pretensão de promover a introdução de tópicos de FMC de forma harmoniosa nas aulas de Física. Esse Produto foi aplicado para estudantes do 3º Ano do EM por considerar que nesse momento os alunos estariam mais maduros e preparados para a abordagem qualitativa do conteúdo.

Porém, outros trabalhos relacionados mostram que o professor pode optar por abordar tópicos de FMC durante todo o EM tendo sempre o cuidado de transpor a linguagem em um nível acessível pra os estudantes. Dessa maneira, a Física pode se tornar mais atraente e significativa na vida dos alunos e, quem sabe, uma abordagem mais contextualizada e com uma Física mais atual, pode incentivar os estudantes a ingressar em Cursos de Exatas.

Uma das dificuldades encontradas em se abordar tópicos de Cosmologia no EM está no fato de não haverem muitos materiais com linguagem apropriada. Diante disso, me propus a construir um texto abordando o tema e tentando colocá-lo em uma linguagem apropriada para professores e alunos da Educação Básica sem a perda dos conceitos.

A aplicação do Produto Educacional se apresentou proveitosa, pois a avaliação dos estudantes sobre o Sequência Didática e o texto produzido foi positiva. Diante desse fato, avalio que trabalhos voltados para a inserção de FMC no EM e a construção de materiais potencialmente significativos abordando tópicos de Cosmologia e outros temas de FMC devem ser produzidos com a finalidade de popularizar e atrair o ensino de Física Moderna por parte dos professores da Educação Básica. Pois, o que se vê atualmente é uma imensa quantidade de materiais didáticos e exercícios relacionados a FC e em contrapartida a quantidade de matérias voltados para Física Moderna é muito menor e, conseqüentemente, o professor não se sente confortável em trabalhar tais temas.

A utilização de TDIC mostrou-se interessante visto que os estudantes estão totalmente integrados a essas tecnologias. Dessa forma, pode-se avaliar que a criação de Grupos de

WhatsApp com a finalidade de troca de informações e conteúdos bem como o uso de vídeos, textos, artigos e simuladores pode auxiliar na aprendizagem de novos conceitos.

Além dessas propostas, a diversificação na forma de apresentar o conteúdo e na forma de se avaliar os estudantes também pode potencializar a aprendizagem, pois os estudantes tiveram desempenho melhor diante da abordagem proposta pela Sequência Didática do que na maneira tradicional.

Dessa forma, concluímos que a proposta de introdução de tópicos de Cosmologia bem com a construção de materiais potencialmente significativos e que visem uma linguagem acessível para professores e alunos da Educação Básica mostra-se como caminho para o Ensino de Física Moderna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMOULOUD, Saddo Ag. As transformações do saber científico ao saber ensinado: o caso do logaritmo. **Educar em Revista**, Curitiba, n. esp., v. 1, p. 191-210, 2011.
- AMARO, Ana; PÓVOA, Andreia; MACEDO, Lúcia. **A arte de fazer questionários**. Metodologias de investigação em educação. Departamento de Química, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto: Universidade do Porto, 2004/2005.
- ANDRADE, Mariel; SILVA, Janaina; ARAÚJO, Alberto. A utilização do *software* Stellarium para o ensino de astronomia. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - JEPEX, 9., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0793-3.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 2000.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **PCN+ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemáticas e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2002.
- BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/512/309>>. Acesso em: 27 jul. 2017.
- CALHEIRO, Lisiane Barcellos; DEL PINO; José Claudio; GOMES, André Taschetto; GARCIA, Isabel Krey. Um estudo sobre a inserção de tópicos de física de partículas aos conteúdos clássicos do ensino médio. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EM DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 10., 2017, Sevilla. **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla, n. extra., p. 5097-5103, 2017. Disponível em: <[https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2017nEXTRA/98\\_-\\_Um\\_estudo\\_sobre\\_a\\_insercao\\_de\\_topicos\\_de\\_Fisica\\_de\\_Partículas.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/98_-_Um_estudo_sobre_a_insercao_de_topicos_de_Fisica_de_Partículas.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- COSMOS. Produzida pela KCET e Carl Sagan Productions, em associação com a BBC e a Polytel International. Veiculada na PBS em 1980. Narrada por Carl Sagan.
- COSTA, Sandra Regina Santana; DUQUEVIZ, Barbara Cristina; PEDROZA, Regina Lúcia Sucupira. Tecnologias digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 603-610, set./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pee/v19n3/2175-3539-pee-19-03-00603>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

FRANCO, Cláudio de Paiva. Understanding Digital Natives' Learning Experiences. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 13, n. 2, p. 643-658, 2013.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2001.

JARDIM, Wagner Tadeu; GUERRA, Andreia. Minicurso de cosmologia na formação de professores; dificuldades na ampliação de propostas para o ensino médio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 9., 2013, Girona. **Enseñanza de las Ciencias**, Girona, n. extra., p. 1794-1798, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed., ampl. São Paulo: EPU, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS, Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>

MOREIRA, 2011. p. 31 do texto

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

OLIVEIRA, Victor Hugo Rangel. **Alguns aspectos da física de buracos negros através da modelagem matemática**: uma intervenção didática para o ensino médio. 2017. 158 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

PERUZZO; Jucimar; POTTKER, Waldir Eno; PRADO, Thiago Gilberto. **Física moderna e contemporânea**: das teorias quânticas e relativísticas as fronteiras da física. São Paulo: Ed. LF, 2014.

PRENSKY, Marc. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, oct. 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/prensky%20-%20digital%20natives,%20digital%20immigrants%20-%20part1.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

RABELO DE SÁ, Marcos Ribeiro. **Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1º ano do ensino médio**: uma proposta de inserção. 2015. 314 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)-Universidade de Brasília, 2015.

ROSENFELD, Rogério. A Cosmologia. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 31-37, 2005.

SANTOS, Larissa. **O Universo Escuro**: de Ptolomeu a ondas gravitacionais. Brasília: Kiron, 2016.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v.9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

#### TUTORIAL SOFTWARE STELLARIUM

XAVIER, Cláudio; BARRETO, Benigno. **Coleção 360°: Física**. Caderno de revisão e caderno de atividades. São Paulo: FTD, 2015.

## **APÊNDICES E ANEXOS**



# **PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ABORDANDO TÓPICOS DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA



# 1. Apresentação

Caro professor,

Este Produto Educacional foi desenvolvido com o objetivo de se introduzir tópicos de Cosmologia para estudantes de Ensino Médio. A opção escolhida foi pela construção e aplicação de uma Sequência Didática baseada na teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel (MOREIRA, 2015) utilizando, também, o modelo de UEPS proposta por Marco Antônio Moreira (2012). Além disso, como será mostrado ao longo da Sequência, o professor/pesquisador utilizou-se, também de TDIC como maneira de diversificar as atividades e com o intuito de tornar as aulas mais atraentes e propor uma aprendizagem significativa.

A motivação para se construir tal Sequência e com o tema Cosmologia se deve ao fato de o assunto ser mencionado pelos veículos de informação acessados pelos estudantes e por estar relacionado à FMC.

Atualmente, a maioria dos professores de Física trabalha a Física Clássica na maior parte do tempo e deixam para abordar tópicos de FMC apenas no final do terceiro ano do Ensino Médio.

As razões para tal prática são várias como: insegurança em trabalhar temas de FMC, o fato de ter tido pouco contato com Física Moderna durante a graduação, a falta de materiais com linguagem apropriada para estudantes e professores de Ensino Médio e a imensa quantidade de matérias disponíveis abordando Física Clássica.

Em face disso, além de propor a Sequência como opção para abordagem de tópicos de Cosmologia, o professor/pesquisador construiu um texto sobre Cosmologia procurando fazer uma Transposição Didática para o Ensino Médio.

Dessa forma esse Produto foi concebido com o intuito de ser uma opção para o professor utilizar em suas aulas.

## 2. INTRODUÇÃO

O Produto Educacional é composto de uma Sequência Didática a ser aplicada, preferencialmente, em turmas de 3º Ano do Ensino Médio.

A Sequência foi concebida para ser aplicada em seis aulas, porém isso pode ser ajustado pelo professor regente de acordo com a carga horária e Currículo adotados em sua instituição educacional. A sequência pode ser resumida pelo cronograma a seguir.

O Produto que está sendo exposto aqui foi aplicado durante as aulas, porém, em caso de haver a possibilidade, pode ser aplicado em contra turno e adaptado como Projeto Educacional.

Os capítulos que se seguirão buscarão mostrar, através do modelo de Plano de Aula, como a Sequência foi aplicada.

O professor/pesquisador sugere a leitura dos artigos, tutoriais e trabalhos relacionados ao tema que se encontram nas Referências Bibliográficas, Lista de Links, Apêndices e Anexos.

Aula	Atividade proposta	Duração da Aula	Recursos Utilizados
01	Aplicação dos Testes diagnósticos 1 e 2 a respeito de Gravitação e Relatividade Restrita	50 min	Quadro Negro, giz.
02	Correção dos Testes; aula expositiva sobre Gravitação e Relatividade; criação do grupo de Whatsapp.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
03	Debate sobre os materiais compartilhados via Whatsapp: Artigo sobre Cosmologia e Episódio 01 da Série Cosmos (Carl Sagan).	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
04	Continuação do debate sobre Cosmologia e introdução de tópicos de Relatividade Geral. Orientações sobre o uso do Software Stellarium como atividade extra-classe	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
05	Debate sobre Cosmologia e percepções dos estudantes a respeito do uso do Software Stellarium.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
06	Debate com os estudantes sobre o texto autoral sobre Cosmologia construído pelo professor; Aplicação dos questionários a respeito da Sequência Didática e o Texto autoral; Confecção de um texto sobre Origem, Estrutura e Evolução do Universo.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook



### 3. Sequência Didática |

# Aula 1

Nesse primeiro encontro, o professor lançará uma pergunta aos alunos a respeito da Origem, Estrutura e Evolução do Universo e começará uma discussão com a turma. Após esse momento, serão aplicados dois testes diagnósticos (ver Apêndice 01) sobre Leis de Kepler, Lei da Gravitação Universal de Newton (Teste 1) e Teoria da Relatividade Restrita (Teste 2). Essa atividade tomará todo o restante da aula e ao final o material será recolhido pelo professor;

Pensando nos exames que se aproximavam, os testes diagnósticos foram elaborados com questões de vestibulares tradicionais do país. Dessa forma, o trabalho auxiliará no preparo para tais exames. Essa abordagem poderá ser alterada pelo professor conforme sua intenção no trabalho, como, por exemplo, a mudança nas questões por uma abordagem mais quantitativa e menos qualitativa.

Nessa primeira aula, a pergunta lançada aos alunos terá o papel de uma situação-problema, inspirada no modelo de UEPS, proposta por MOREIRA (2012) que a partir das respostas produzidas auxiliará o professor a avaliar os subsunçores dos estudantes a respeito do tema que será explorado. Os testes, nesse primeiro momento, também servirão para verificar os subsunçores e o professor, diante do resultado dos testes e das respostas obtidas da situação-problema, poderá traçar os próximos passos da Sequência.



# Aula 1

## Objetivos dessa aula:

- Iniciar uma discussão sobre a Origem, Estrutura e Evolução do Universo através de informações trazidas pelos estudantes;
- Verificar subsunçores relacionados à Gravitação e Leis de Kepler;
- Verificar subsunçores relacionados à Relatividade Restrita;

## Conteúdos Abordados:

- Tópicos de Cosmologia;
- Gravitação;
- Leis de Kepler;
- TRR.

## Aula 2

Na segunda aula, o professor corrigirá os testes com os estudantes e deverá tirar as dúvidas restantes a respeito de Gravitação e Relatividade Restrita.

Deve-se enfatizar aqui a importância em se retomar os assuntos que causaram dificuldades aos alunos, pois é importante que o aluno tenha os subsunçores necessários para poder prosseguir na Sequência proposta (MOREIRA, 2015)

Após esse momento o professor informará aos alunos que será criado um grupo no aplicativo WhatsApp (ver Lista de Links) com o intuito de compartilhamento de informações.

A criação do grupo terá como objetivo otimizar o envio de material de suporte para a aplicação da Sequência. Outro fator que motiva a criação do grupo é a facilidade no manuseio do aplicativo por parte dos estudantes e professor e, também a praticidade para se compartilhar imagens, vídeos, textos sem a necessidade de gastos com impressão, além de fornecer material extraclasse de forma mais rápida e eficiente.

O WhatsApp é um aplicativo criado para troca de informações, vídeos, imagens, arquivos de forma rápida e gratuita. Para se utilizar o aplicativo deve-se instalá-lo no Smartphone.



## Aula 2

### Objetivos dessa aula:

- Estudar e discutir conceitos de Gravitação e Leis de Kepler;
- Estudar e discutir conceitos da TRR;
- Criar um grupo de WhatsApp com a finalidade de compartilhamento de materiais de apoio potencialmente significativos.

### Conteúdos Abordados:

- Gravitação e Leis de Kepler;
- Conceitos da TRR.



## Aula 3

Nessa aula será feito um debate a respeito do material compartilhado no grupo de WhatsApp, como tarefa de casa. Os arquivos compartilhados serão compostos de um vídeo com o episódio 1 da Série de TV: “Cosmos”, narrada pelo astrônomo Carl Sagan, além de um artigo do professor Rogério Rosenfeld, IFUnesp-SP, sobre Cosmologia (Ver Lista de Links).

Para enriquecer a discussão, o professor preparará uma apresentação a respeito de Cosmologia e realizará uma aula com Datashow e debate com os alunos.

Nesse momento, é importante frisar que, o ensino de Cosmologia terá uma abordagem mais qualitativa e conceitual. Deve-se salientar, ainda, que durante a aula o professor explicará aos alunos noções da Teoria da Relatividade Geral, como base para a Cosmologia.

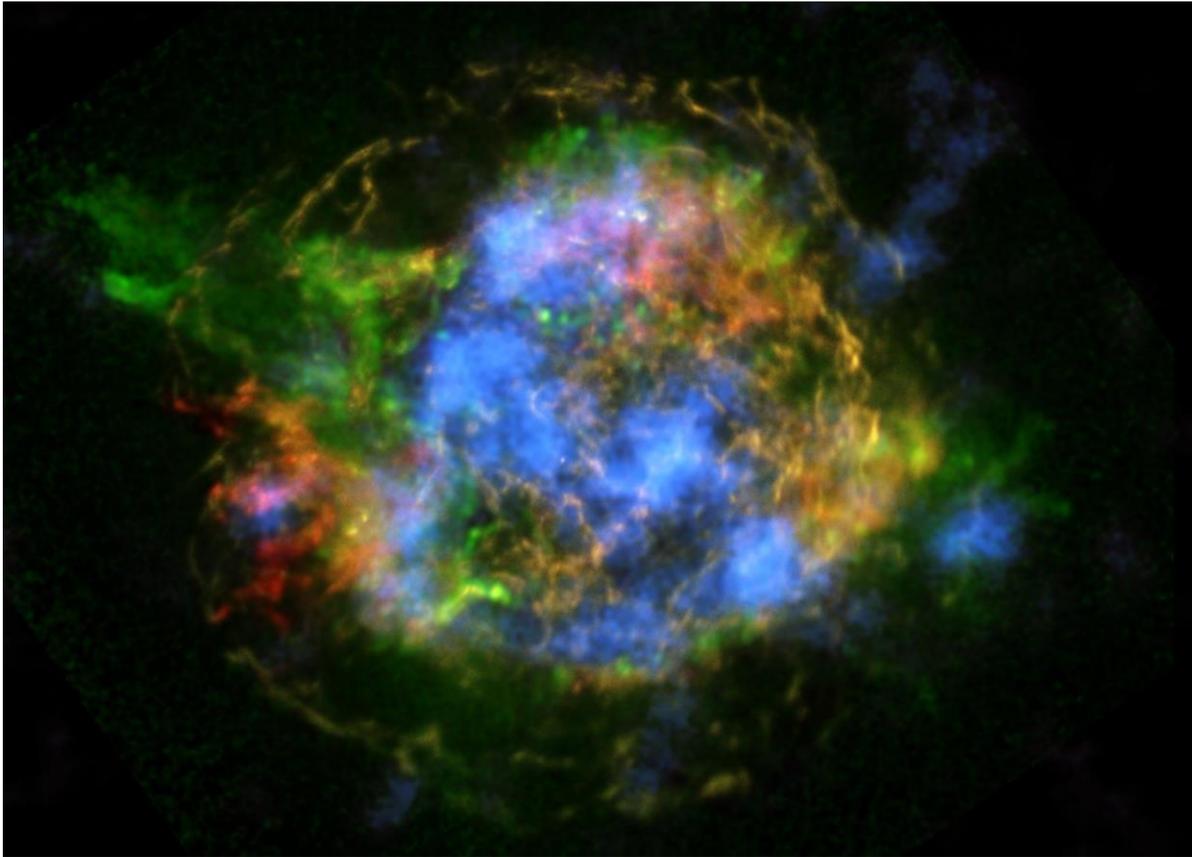
Para preparação dessa aula, o professor poderá usar como referências os livros: O UNIVERSO NUMA CASCA DE NOZ, de Stephen Hawking; O UNIVERSO ESCURO, de Larissa Santos, além de artigos relacionados.

Figura 1 - Episódio 01 da Série “Cosmos”

Disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=OjMOACMdgp0>

# Sobre os Materiais utilizados e compartilhados para essa aula

- a) O episódio 1 da série Cosmos, narrada pelo astrônomo Carl Sagan, justifica-se pela maestria e riqueza de detalhes e exemplos sobre a origem, estrutura e evolução do Cosmos. Além disso, o episódio descreve um pouco sobre a história da Astronomia da ciência e as incríveis descobertas do início das observações do céu até a data da época. O astrônomo Carl Sagan sempre foi um grande divulgador da ciência através de inúmeros trabalhos científicos e livros sobre Cosmologia e Astronomia voltados para pessoas leigas no assunto. Outro fator que influenciou a utilização do vídeo foi a linguagem adotada por ser adequada a realidade dos estudantes. O episódio aborda, ainda, temas como sistema solar, a Via Láctea, outras galáxias e aglomerados de galáxias, dentre outros assuntos.
- b) O artigo sobre Cosmologia de Rogério Rosenfeld foi escolhido, devido ao fato do autor conseguir descrever temas complexos como inflação cósmica, recombinação, matéria escura e energia escura de uma forma relativamente acessível para os estudantes do ensino médio. O texto foi escolhido, também, por não haverem tantos textos sobre o assunto em uma linguagem mais próxima da realidade da educação básica. Porém, deve-se levar em consideração que a primeira leitura serve de introdução para a discussão a ser mediada pelo professor em sala.
- c) O aplicativo WhatsApp foi utilizado pois faz parte do cotidiano dos estudantes e é uma ferramenta que todos na turma dominam e possuem em seus Smartphones. A escolha pela criação do grupo no WhatsApp se justificou, também, pelo fato de não haverem muitas aulas disponíveis para a aplicação do produto e pela agilidade no envio de arquivos.
- d) O uso do Data show se deve pelo fato da apresentação se tornar mais rica com imagens. Animações como a curvatura do espaço-tempo, por exemplo, podem auxiliar na aprendizagem de conceitos relacionados à TGR, ou a imagem de galáxias, ou a curvatura da luz no fenômeno da lente gravitacional.



## Aula 3

### Objetivos dessa aula:

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos.

### Conteúdos Abordados:

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR;
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.



## Aula 4

Na quarta aula o professor continuará com a discussão da **Aula 03** a respeito de temas sobre Cosmologia.

### **Objetivos dessa aula:**

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos.

### **Conteúdos Abordados:**

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR.
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.

## Aula 5

Para a quinta aula, o professor, poderá solicitar aos alunos, a leitura do tutorial do Software Stellarium (ver Lista de Links) a ser enviado através do grupo de Whatsapp e propor a utilização do Software Stellarium como tarefa de casa.

O objetivo dessa atividade extraclasse será informativo, motivacional e, também, para que o aluno tenha contato com informações a respeito de Astronomia, pois o Stellarium é um planetário virtual e funciona como um simulador 3D no céu. Em sala, o professor fará uma discussão com a turma a respeito do Software e procurará esclarecer dúvidas a respeito de Astronomia e uso do Software.

Outra opção, em caso de disponibilidade na escola, pode ser o professor levar os estudantes para o Laboratório de Informática e promover a atividade com intervenções e esclarecimentos a respeito do Software. Trabalhar dessa forma pode ser mais interessante e enriquecedor.

Figura Aula 2 - Software Stellarium  
Disponível em: <https://stellarium.org/pt/>





## Aula 5

### Objetivos dessa aula:

- Promover a inclusão digital dos alunos a novas ferramentas digitais.
- Esclarecer fenômenos presentes no cotidiano dos estudantes como: fases da Lua, eclipses, movimento celeste visto a olho nu.

### Conteúdos Abordados:

- Sistema solar
- Fases da Lua
- Eclipse
- Mapa celeste
- Estações do Ano.

# Aula 6

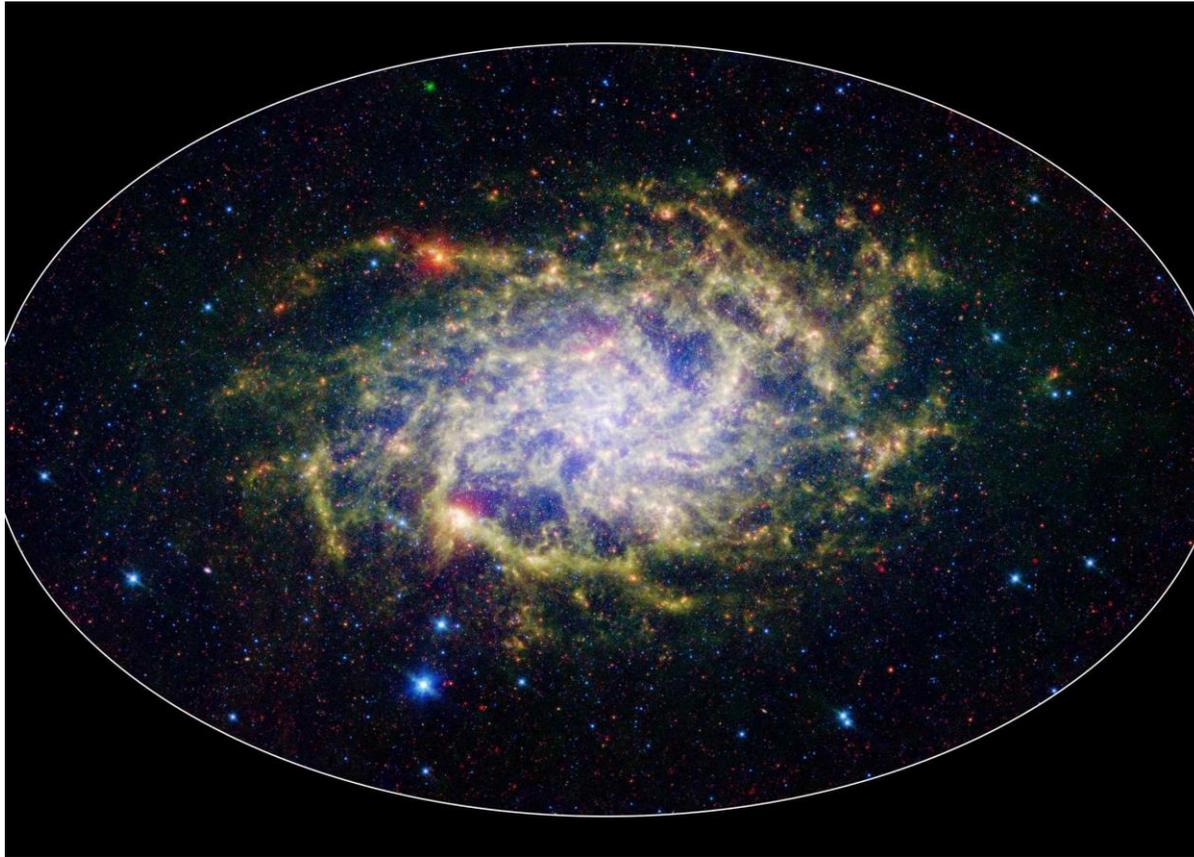
---

Para a sexta e última aula, o professor enviará, previamente, aos alunos pelo aplicativo Whatsapp, um texto, autoral, a respeito de Cosmologia (ver Apêndice 2). Esse texto aborda as Teorias da Relatividade Restrita e Geral como base para o estudo de Cosmologia, além de vários temas como Inflação Cósmica, Big Bang, Buracos Negros, Lente Gravitacional, Energia Escura, Matéria Escura, dentre outras coisas.

A aula iniciará com um debate sobre o texto e, em um segundo momento, os estudantes responderão a dois questionários, um a respeito da Sequência e outro relacionado ao texto produzido sobre Cosmologia (ver Apêndice 3). No final da aula o professor ainda pedirá que os estudantes respondam, por escrito, novamente a pergunta inicial a respeito da **Origem e Evolução do Universo** como forma de tentar verificar se houve aprendizagem significativa por parte dos estudantes ou indícios de tal aprendizagem.

Fica como sugestão, em caso de disponibilidade de aulas, a leitura, em sala, do texto com os estudantes. Dessa forma, o debate pode ficar mais rico. Além disso, o uso de Datashow com uma apresentação usando imagens e vídeos pode enriquecer a aula.





## Aula 6

### Objetivos dessa aula:

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos.
- Avaliar a Sequência Didática e o texto autoral produzido pelo autor desse trabalho.
- Promover uma produção de texto a respeito dos temas discutidos durante a aplicação da Sequência.

### Conteúdos Abordados:

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR.
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.

# Aula 6

## **Sobre o texto autoral a respeito de Cosmologia:**

A maior motivação em se construir um texto sobre Cosmologia voltado para estudantes do Ensino Médio justifica-se pelo fato de não haver muitos trabalhos na literatura pesquisada que estejam em uma linguagem acessível para a Educação Básica (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Dessa forma, a construção de uma Transposição Didática tendo como base Artigos Científicos, livros de Ensino Superior, dentre outras fontes, torna-se necessária para a introdução de temas relacionados à FMC e que são fundamentais para uma melhor compreensão, por parte do aluno, do mundo que o cerca.



# Teste de Física 1

01 - (ITA SP/2002)

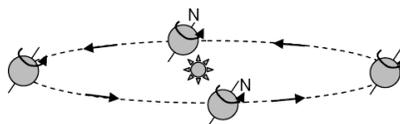
Um dos fenômenos da dinâmica de galáxias, considerado como evidência da existência de matéria escura, é que estrelas giram em torno do centro de uma galáxia com a mesma velocidade angular, independentemente de sua distância ao centro. Sejam  $M_1$  e  $M_2$  as porções de massa (uniformemente distribuída) da galáxia no interior de esferas de raios  $R$  e  $2R$ , respectivamente. Nestas condições, a relação entre essas massas é dada por:

- a)  $M_2 = M_1$ .
- b)  $M_2 = 2M_1$ .
- c)  $M_2 = 4M_1$ .
- d)  $M_2 = 8M_1$ .
- e)  $M_2 = 16M_1$ .

02 - (FCM MG/2014)

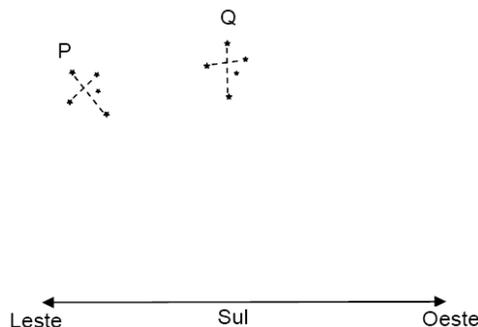
A figura 1 mostra, fora de escala, o sentido de rotação e translação de nosso planeta em torno do Sol, considerando a parte superior da Terra, o polo norte (N).

FIGURA 1



Observando a constelação do Cruzeiro do Sul de uma cidade do hemisfério sul, ao longo das horas, vê-se que ele muda de posição no céu. A figura 2 mostra o Cruzeiro do Sul nas posições P e Q, com relação aos pontos cardeais, visto de uma cidade do hemisfério sul.

FIGURA 2

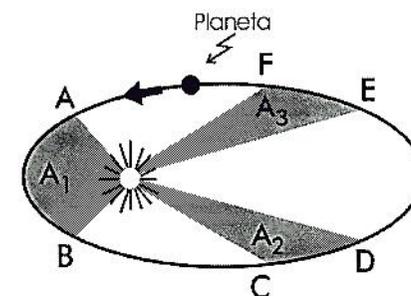


Com base nessas informações, as posições P e Q do Cruzeiro do Sul poderão ter horários diferentes na mesma noite, especificados na alternativa:

- a) P (19 h) e Q (21 h).
- b) P (21 h) e Q (19 h).
- c) P (19 h) e Q (24 h).
- d) P (24 h) e Q (19 h).

03 - (UERJ/2000)

A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol.



Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas -  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  - apresentam a seguinte relação:

- a)  $A_1 = A_2 = A_3$
- b)  $A_1 > A_2 = A_3$
- c)  $A_1 < A_2 < A_3$
- d)  $A_1 > A_2 > A_3$

# Teste de Física 1

## 04 - (UEL PR/2001)

Sobre as forças gravitacionais envolvidas no sistema composto pela Terra e pela Lua, é correto afirmar:

- a) São repulsivas e de módulos diferentes.
- b) São atrativas e de módulos diferentes.
- c) São repulsivas e de módulos iguais.
- d) São atrativas e de módulos iguais.
- e) Não dependem das massas desses astros.

## 05 - (PUC RS/2006)

INSTRUÇÃO: Para responder à questão, considerar o texto e as afirmativas que o complementam.

Durante cerca de oito dias, um astronauta brasileiro dividiu com astronautas estrangeiros uma missão a bordo da Estação Espacial Internacional (EEI). Inúmeras fotografias da parte interna da Estação mostraram objetos e os astronautas “flutuando” no seu interior. Este fenômeno ocorre porque

I. a aceleração da gravidade sobre eles é zero.

II. os objetos e os astronautas têm a mesma aceleração da Estação.

III. não há força resultante sobre eles.

Pela análise das afirmativas conclui-se que somente está / estão correta(s)

- a) a I.
- b) a II.
- c) a III.
- d) a I e a III.
- e) a II e a III.

## 06 - (FATEC SP/2000)

A respeito do planeta Júpiter e de um de seus satélites, Io, foram feitas as afirmações:

I. Sobre esses corpos celestes, de grandes massas, predominam as forças gravitacionais.

II. É a força de Júpiter em Io que o mantém em órbita em torno do planeta.

III. A força que Júpiter exerce em Io tem maior intensidade que a força exercida por Io em Júpiter.

Deve-se concluir que somente

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas.

## 07 - (FMTM MG/2006)

*... nossos próprios olhos nos mostram quatro estrelas que viajam ao redor de Júpiter como o faz a Lua ao redor da Terra, enquanto todos juntos traçam uma grande revolução ao redor do Sol. (Galileu Galilei)*

O advento do telescópio favoreceu a observação dos corpos celestes, permitindo conclusões como a citada por Galileu, que se refere ao comportamento das quatro maiores luas de Júpiter: Io, Calisto, Europa e Ganimedes. Baseado nos estudos de Galileu e Tycho Brahe, Kepler formulou três leis a respeito dos movimentos planetários.

Analise:

# Teste de Física 1

I. a lei dos períodos refere-se ao tempo de que um planeta necessita para dar a volta em torno do Sol;

II. na lei das áreas, o tema em questão remete à velocidade que o planeta desenvolve em sua translação em torno do Sol;

III. a lei das órbitas trata da heliocentricidade do sistema solar.

Está correto o contido em

- a) III, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

## 08 - (FMTM MG/2003)

A força de atração gravitacional entre dois corpos sobre a superfície da Terra é muito fraca quando comparada com a ação da própria Terra, podendo ser considerada desprezível. Se um bloco de concreto de massa 8,0 kg está a 2,0 m de um outro de massa 5,0 kg, a intensidade da força de atração gravitacional entre eles será, em newtons, igual a:

Dado:  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

- a)  $1,3 \cdot 10^{-9}$ .
- b)  $4,2 \cdot 10^{-9}$ .
- c)  $6,7 \cdot 10^{-10}$ .
- d)  $7,8 \cdot 10^{-10}$ .
- e)  $9,3 \cdot 10^{-11}$ .

## 09 - (UNIUBE MG/1997)

A respeito do sistema solar, é correto afirmar que:

- a) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área proporcional ao tempo de varredura.
- b) os planetas descrevem órbitas circulares ao redor do Sol
- c) o cubo do período de um planeta é proporcional ao quadrado de uma distância ao Sol.
- d) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área inversamente proporcional ao tempo de varredura.
- e) o quadrado do período de um planeta é inversamente proporcional ao cubo de sua distância ao Sol.

## 10 - (FURG RS/2001)

Sobre um satélite mantido em órbita a uma distância R do centro da Terra (que possui massa M), é correto afirmar que:

- a) a força com que a Terra atrai o satélite é ligeiramente menor do que a força com que o satélite atrai a Terra.
- b) o satélite é colocado em uma órbita em que a força gravitacional é zero.
- c) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é menor ou igual a GM/R.
- d) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é igual a GM/R.
- e) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é maior ou igual a GM/R.

# Teste de Física 2

## 01 - (UDESC/2014)

Com base na teoria da relatividade restrita, proposta por Albert Einstein, é correto afirmar que:

a) as leis da Física não são as mesmas para quaisquer observadores situados em referenciais inerciais.

b) independentemente da velocidade da fonte luminosa ou do referencial, a velocidade de propagação da luz no vácuo é constante e igual a  $c$ . Portanto, conclui-se que a velocidade da luz é constante e igual a  $c$  em qualquer meio de propagação.

c) pelo princípio da simultaneidade conclui-se que dois observadores em movimento relativo farão observações contraditórias sobre um mesmo evento. Isso implica que um deles sempre estará errado e que se deve eleger, inicialmente, um referencial absoluto.

d) a velocidade da luz no vácuo é uma velocidade limite, não podendo ser superada por nenhuma entidade capaz de transportar energia ou informação.

e) para descrever os eventos relativísticos um observador deverá utilizar sempre quatro coordenadas, duas espaciais e duas temporais.

## 02 - (UFG GO/2014)

A teoria da relatividade elaborada por Albert Einstein (1879-1950), no início do século XX, abalou profundamente os alicerces da Física clássica, que já estava bem estabelecida e testada. Por questionar os conceitos canônicos da ciência e do senso comum até então, ela tornou-se uma das teorias científicas mais populares de todos os tempos.

Que situação física, prevista pela relatividade restrita de Einstein, também está em conformidade com a Física clássica?

a) A invariância do tempo em referenciais inerciais.

b) A contração do espaço.

c) A invariância da velocidade da luz.

d) A diferença entre massa inercial e gravitacional.

e) A conservação da quantidade de movimento.

## 03 - (ITA SP/2014)

Considere um capacitor de placas paralelas ao plano  $yz$  tendo um campo elétrico de intensidade  $E$  entre elas, medido por um referencial  $S$  em repouso em relação ao capacitor.

Dois outros referenciais,  $S'$  e  $S''$ , que se movem com velocidade de módulo  $v$  constante em relação a  $S$  nas direções de  $x$  e  $y$ , nesta ordem, medem as respectivas intensidades  $E'$  e  $E''$  dos campos elétricos entre as placas do capacitor. Sendo  $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ , pode-se dizer que  $E'/E$  e  $E''/E$  são, respectivamente, iguais a

a)  $1$  e  $1$ .

b)  $\gamma$  e  $1$ .

c)  $1$  e  $\gamma$ .

d)  $\gamma$  e  $1/\gamma$ .

e)  $1$  e  $1/\gamma$ .

## 04 - (Unievangélica GO/2014)

Um observador fixo visualiza uma barra de comprimento  $L$  (quando medida em repouso) movimentando-se no sentido do seu comprimento com 60% da velocidade da luz.

A porcentagem do comprimento  $L$  visualizada pelo observador será de

a) 80 %

b) 36 %

c) 64 %

d) 94 %

# Teste de Física 2

## 05 - (UNISC RS/2015)

Em uma explosão de uma mina de carvão foram utilizadas 1.000 toneladas de explosivo trinitrotolueno (TNT), o que equivale a 1,0 10<sup>12</sup> calorias. Qual foi, aproximadamente, a quantidade de massa convertida em energia equivalente a essa explosão? (1 caloria = 4,18 J e  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s)

- a) 4,6 10<sup>-5</sup> kg
- b) 4,6 10<sup>-8</sup> kg
- c) 1,1 10<sup>-5</sup> kg
- d) 1,1 10<sup>-8</sup> kg
- e) 1,1 10<sup>-13</sup> kg

## 06 - (UDESC/2015)

De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de 0,999c para um planeta de uma estrela situado a 20 anos-luz de distância. Ele passa 5 anos neste planeta e retorna para casa a 0,999c. Considerando que , assinale a alternativa que representa corretamente quanto tempo seu amigo passou fora de casa do seu ponto de vista e do ponto de vista dele, respectivamente.

- a) 20,00 anos e 1,12 anos
- b) 45,04 anos e 1,79 anos
- c) 25,00 anos e 5,00 anos
- d) 45,04 anos e 6,79 anos
- e) 40,04 anos e 5,00 anos

## 07 - (UDESC/2015)

A proposição e a consolidação da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, componentes teóricos do que se caracteriza atualmente como Física Moderna, romperam com vários paradigmas da Física Clássica. Baseando-se especificamente em uma das teorias da Física Moderna, a Relatividade Restrita, analise as proposições.

I. A massa de um corpo varia com a velocidade e tenderá ao infinito quando a sua velocidade se aproximar da velocidade da luz no vácuo.

II. A Teoria da Relatividade Restrita é complexa e abrangente, pois, descreve tanto movimentos retilíneos e uniformes quanto movimentos acelerados.

III. A Teoria da Relatividade Restrita superou a visão clássica da ocupação espacial dos corpos, ao provar que dois corpos, com massa pequena e velocidade igual à

velocidade da luz no vácuo, podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

## 08 - (UEL PR/2017)

O tempo nada mais é que a forma da nossa intuição interna. Se a condição particular da nossa sensibilidade lhe for suprimida, desaparece também o conceito de tempo, que não adere aos próprios objetos, mas apenas ao sujeito que os intui.

(KANT, I. *Crítica da razão pura*. Trad. Valério Rohden e Udo Baldur Moosburguer. São Paulo: Abril Cultural, 1980. p.47. Coleção Os Pensadores.)

# Teste de Física 2

A questão do tempo sempre foi abordada por filósofos, como Kant. Na física, os resultados obtidos por Einstein sobre a ideia da “dilatação do tempo” explicam situações cotidianas, como, por exemplo, o uso de GPS.

Com base nos conhecimentos sobre a Teoria da Relatividade de Einstein, assinale a alternativa correta.

a) O intervalo de tempo medido em um referencial em que se empregam dois cronômetros e dois observadores é menor do que o intervalo de tempo próprio no referencial em que a medida é feita por um único observador com um único cronômetro.

b) Considerando uma nave que se movimenta próximo à velocidade da luz, o tripulante verifica que, chegando ao seu destino, o seu relógio está adiantado em relação ao relógio da estação espacial da qual ele partiu.

c) As leis da Física são diferentes para dois observadores posicionados em sistemas de referência inerciais, que se deslocam com velocidade média constante.

d) A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz e da cinemática elementar.

e) A velocidade da luz no vácuo tem valores diferentes para observadores em referenciais privilegiados.

## TEXTO: 1 - Comum à questão: 09

Use, quando necessário,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ,  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ .

## 09 - (UFJF MG/2015)

Na Teoria da Relatividade de Einstein, a energia de uma partícula é calculada pela expressão  $E = mc^2$ , onde  $m$  é a massa. Em um microscópio eletrônico de varredura, elétrons são emitidos com energia de  $8,0 \times 10^5 \text{ eV}$  para colidir com uma amostra de carbono que se encontra parada. Calcule o valor da velocidade dos elétrons emitidos.

a)  $2,31 \times 10^8 \text{ m/s}$

b)  $4,73 \times 10^8 \text{ m/s}$

c)  $1,11 \times 10^6 \text{ m/s}$

d)  $2,31 \times 10^4 \text{ m/s}$

e)  $1,11 \times 10^4 \text{ m/s}$

## TEXTO: 2 - Comum à questão: 10

Quando precisar use os seguintes valores para as constantes: Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$ .

$1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J} = 4,2 \times 10^7 \text{ erg}$ . Calor específico da água:  $1,0 \text{ cal/g.K}$ . Massa específica da água:  $1,0 \text{ g/cm}^3$ .

Massa específica do ar:  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . Velocidade do som no ar:  $340 \text{ m/s}$ .

## 10 - (ITA SP/2016)

Enquanto em repouso relativo a uma estrela, um astronauta vê a luz dela como predominantemente vermelha, de comprimento de onda próximo a  $600 \text{ nm}$ . Acelerando sua nave na direção da estrela, a luz será vista como predominantemente violeta, de comprimento de onda próximo a  $400 \text{ nm}$ , ocasião em que a razão da velocidade da nave em relação à da luz será de

a)  $1/3$ .

b)  $2/3$ .

c)  $4/9$ .

d)  $5/9$ .

e)  $5/13$ .

# Texto Autoral sobre Cosmologia

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro da Física Contemporânea a Cosmologia é um tema relevante e interessante devido a seu objeto de estudo que é Origem, Estrutura e Evolução do Universo. A abordagem de tópicos relacionados à Física mais recente, no Ensino Médio, pode ser um fator atrativo para o aluno, pois esses temas são divulgados pela mídia todos os dias e tornam-se dessa forma mais significativos na vida do estudante. Ademais, o estudo de temas contemporâneos e que impulsionam a evolução tecnológica podem despertar nos alunos o desejo de estudar Ciências Exatas.

## 2. HISTÓRICO E MOTIVAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM TEXTO, AUTORAL SOBRE COSMOLOGIA:

O texto que se segue foi construído com o intuito de discutir temas como Buracos Negros, Teoria da Relatividade Geral, Matéria Escura, Energia Escura e Ondas Gravitacionais em uma linguagem que seja mais acessível ao aluno de Ensino Médio. Esse texto, autoral, faz parte do Produto Educacional, composto por uma Sequência Didática que será aplicada em uma turma de 3º Ano de Ensino Médio da Educação Básica do Distrito Federal, em uma Escola Privada localizada na cidade do Guará I (Distrito Federal). A turma, composta de 40 alunos do 3º Ano, estudou ao longo do Ensino Médio temas como Leis de Kepler, Gravitação Universal (Newton) e Relatividade Restrita. Além disso, é importante citar que o texto tem como objetivo principal despertar o interesse pelas Ciências Exatas.



### 3. UM DESPERTAR PARA A COSMOLOGIA

Para iniciar nosso estudo de Cosmologia que é o ramo da Física que estuda a origem e evolução do Universo, iremos, primeiramente, fazer um pequeno resumo sobre a teoria da Relatividade. É importante, para o estudante, revisar os tópicos de Gravitação Universal (de Newton) e Leis de Kepler. Após várias tentativas frustradas para se tentar comprovar a existência do Éter, como, por exemplo, os famosos experimentos (interferômetro ótico) realizados em 1881 por A. A. Michelson e em 1887, novamente por Michelson e E. W. Morley, ficou comprovado que o Éter não existia e que as equações do Eletromagnetismo (Equações de Maxwell) estavam corretas.

Como consequência desses fatos, a relatividade Galileana e Newtoniana não se adequaria para explicar a constância das ondas eletromagnéticas viajando a velocidade  $c$  para qualquer referencial.

De acordo com os estudos da época a ideia seria medir a velocidade da luz para diferentes sistemas inerciais (obtendo diferentes valores) e a obtenção do valor  $c$  para o sistema Éter. Porém, os resultados obtidos mostraram a não existência de tal meio.

$$c = 3.10^8 \text{ m/s (v\u00e1cuo)}$$

J\u00e1 que a velocidade da luz \u00e9 a mesma em todos os sistemas inerciais, independentemente do movimento relativo da fonte e do observador, conclu\u00eda-se que a Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica necessitava de modifica\u00e7\u00f5es.

Coube ao jovem cientista alem\u00e3o, Albert Einstein, em 1905, em seu trabalho “*Sobre a Eletrodin\u00e2mica de Corpos em Movimento*”, a solu\u00e7\u00e3o para a quest\u00e3o em aberto na Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica. Em seu trabalho ele escreveu:

[...] nenhuma propriedade dos fatos observados corresponde ao conceito de repouso absoluto; para todos sistemas de coordenadas para os quais valem as equa\u00e7\u00f5es da Mec\u00e2nica, valem tamb\u00e9m as equa\u00e7\u00f5es equivalentes da Eletrodin\u00e2mica e \u00d3tica ... A seguir n\u00f3s fizemos estas suposi\u00e7\u00f5es (que chamaremos subseq\u00fcentemente de Princ\u00edpio da Relatividade) e introduzimos uma hip\u00f3tese adicional – uma suposi\u00e7\u00e3o que \u00e9, \u00e0 primeira vista, bastante irreconcili\u00e1vel com a anterior – que a luz se propaga no v\u00e1cuo com a velocidade  $c$ , independentemente da natureza do movimento do corpo que a emite. Estas duas hip\u00f3teses s\u00e3o bastante suficientes para nos dar uma teoria simples e consistente da Eletrodin\u00e2mica dos corpos em movimento, baseada na teoria Maxwelliana para os corpos em repouso.

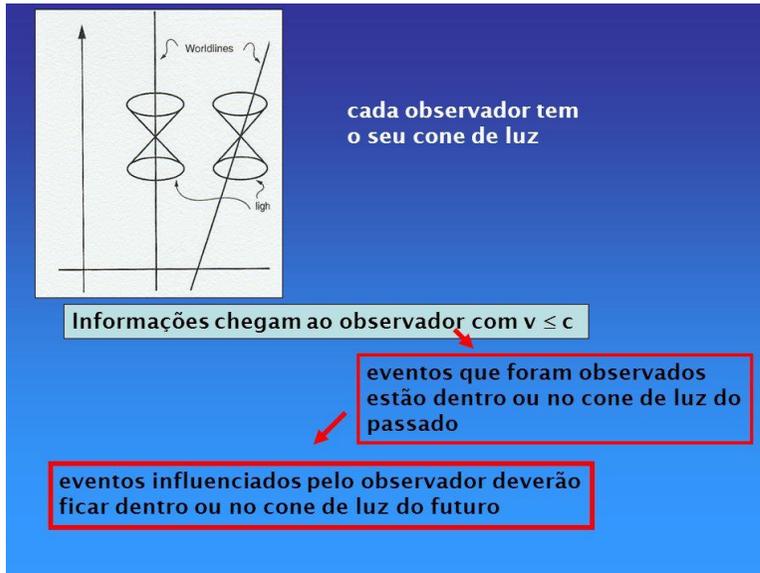
O resumo da teoria da Relatividade Restrita proposta por Einstein pode ser expresso por dois postulados: (RESNICK, 1968, p. 39)

**1\u00b0) As leis da F\u00edsica s\u00e3o as mesmas em todos os sistemas inerciais. N\u00e3o existe nenhum sistema inercial preferencial. (O Princ\u00edpio da Relatividade).**

**2\u00b0) A velocidade da luz no v\u00e1cuo tem o mesmo valor  $c$  em todos os sistemas inerciais. (O Princ\u00edpio da Const\u00e2ncia da Velocidade da Luz).**

Atrav\u00e9s desses postulados, pode-se notar que as equa\u00e7\u00f5es de Galileu e Newton n\u00e3o poderiam explicar a covari\u00e2ncia das leis F\u00edsicas (a invari\u00e2ncia quanto \u00e0 forma). Dessa maneira, Einstein, utilizou-se das transforma\u00e7\u00f5es de Lorentz e a ideia de tempo absoluto foi totalmente descartada. O tempo se torna dependente do sistema de refer\u00eancia, da mesma forma que o espa\u00e7o.

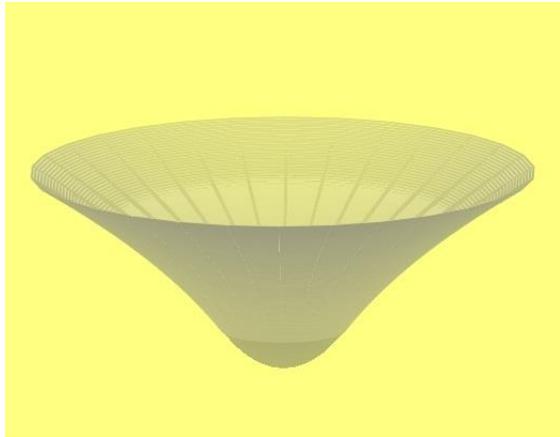
# Cosmologia



Em sua teoria ele descreve que espaço e tempo dependem do sistema de coordenadas, que pode ser expresso por vetores, escalares e tensores. Esse espaço-tempo é descrito por um quadrivetor ( $x$ ,  $y$ ,  $z$  e  $t$ ). Note que  $x$ ,  $y$  e  $z$  referem-se às coordenadas espaciais e  $t$  ao tempo.

Esse espaço quadridimensional plano, conhecido como espaço de Minkowski, é o espaço onde foi construída a teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Na teoria da Relatividade Restrita, como se pode observar o espaço e o espaço-tempo são considerados planos.

Hermann Minkowski (1864-1909), foi um matemático alemão de ascendência judia-lituana, que criou e desenvolveu a geometria dos números e que usou métodos geométricos para resolver problemas difíceis em teoria dos números, física matemática e teoria da relatividade. (www.jinfo.org)



(Representação bidimensional da seção espacial do espaço-tempo de Schwarzschild. Um desafio: tente imaginar o espaço 3D, equivalente ao 2D mostrado aqui, imerso num sistema de coordenadas espaciais 4D)

Na Teoria da Relatividade Geral (TRG) o espaço quadridimensional pode apresentar-se curvo devido à ação da Gravidade. Um corpo de massa  $M$  que se encontra num espaço curvo poderá mover-se devido à curvatura. De forma análoga, pelas leis de Newton, um corpo de massa  $M$  que sofre a ação de um campo de força poderá entrar em movimento também. Se o corpo estiver em um espaço plano ele tenderá a não se mover ou manter seu movimento, de forma análoga à 1ª lei de Newton.

Quando Einstein formulou a TRG, que é uma teoria de campos, ele utilizou a matemática tensorial do matemático alemão Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866). Com essa matemática ele podia explicar os efeitos provocados pela gravidade no espaço-tempo em várias dimensões. As equações da TRG, de Einstein podem ser definidas da seguinte forma (qualitativa):

***curvatura do espaço-tempo = constante × matéria-energia.***

Além da formulação descrita acima, é importante citar que a Teoria da Relatividade Geral (TRG) já foi descrita por vários modelos matemáticos. Como exemplo, podemos citar o modelo proposto pelo astrônomo alemão, Karl Schwarzschild (1873-1916). Nesse modelo ele propõe uma métrica do espaço-tempo em uma região externa a uma superfície esférica e simétrica de massa  $M$ . O modelo de Schwarzschild aplica-se, por exemplo, ao caso da Terra girando em torno do Sol, e pode ser considerado como evolução ao modelo proposto por Newton para a Gravitação Universal.

**Tensores:** Um tensor é uma entidade matemática que possui em cada ponto do espaço  $n^m$  componentes, onde  $n$  é o número de dimensões do espaço e  $m$  é a ordem do tensor. Desta forma, podemos dizer que o *escalar* é um tensor de ordem 0 — portanto, tem 1 componente — e o *vetor* é um tensor de ordem 1 — tem  $n$  componentes. Os tensores utilizados na TRG são tensores de ordem  $m = 0, 1$  e  $2$  e o “espaço” é o espaço-tempo de  $n=4$  dimensões (três coordenadas espaciais e uma coordenada temporal).

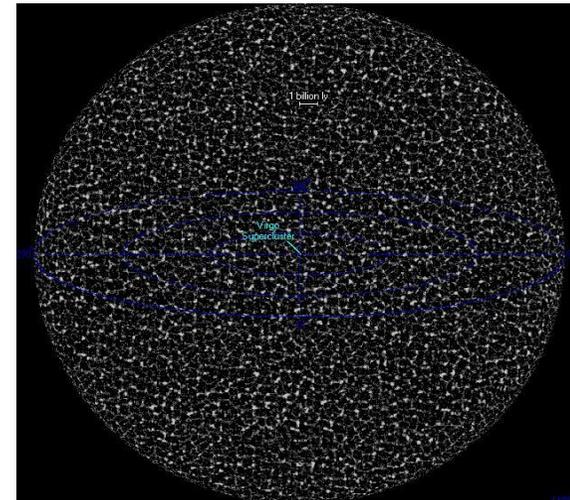
Através da métrica proposta por Schwarzschild, podemos explicar fenômenos como a deflexão da luz ao passar próxima a corpos de massa  $M$  e a lente gravitacional que é também uma consequência da deflexão da luz. O fenômeno da lente gravitacional explica, por exemplo, miragens e amplificação da intensidade luminosa.

A métrica de Schwarzschild é também responsável pela discussão de fenômenos como a radiação gravitacional e os buracos negros. Mas vale ressaltar que a métrica de Schwarzschild é válida para o vácuo e não é utilizada para o modelo Cosmológico Moderno ou completo. Nesse modelo atual (chamado de completo), utilizam-se fontes de matéria e radiação para explicar o modelo de universo. Além disso, é importante citar que esse modelo completo não tem, ainda, comprovação experimental.

Nesse modelo atual de Universo (ou modelo padrão), utilizam os conceitos de matéria escura e energia escura e a concepção de um universo homogêneo e isotrópico.



Fonte: <http://e-escola.tecnico.ulisboa.pt/mgallery/default.asp?obj=6691>



Fonte: <http://astronomia.blog.br/wp-content/uploads/2007/02/200710artigofigura5.jpg>

# Modelos Cosmológicos

Em 1917, logo após a publicação da Teoria Geral da Relatividade (1905), Einstein, escreve um artigo *“Considerações cosmológicas relacionadas à teoria da relatividade geral”* onde ele inicia um caminho de modelos cosmológicos baseados na TGR. Nesse modelo ele introduz uma constante  $\Lambda$ , denominada constante cosmológica, às equações completas em que ele concebe um universo estático. Seu modelo foi bem aceito na época e serviu de motivação para modelos posteriores.

Após isso, o físico, meteorologista e cosmólogo russo Aleksandrovich Friedmann (1888-1925), publica um trabalho em 1922 com o título *“Sobre a curvatura do espaço”*. Nesse trabalho, ele resolve as equações de Einstein, com a hipótese de um universo homogêneo e isotrópico e obtém um modelo de curvatura do espaço positiva (espaço esférico) com fases de expansão e contração. Note que no modelo proposto por Friedmann, o universo isotrópico e homogêneo não está em uma escala próxima ao sistema solar ou a nossa galáxia, mas em uma escala bem maior.

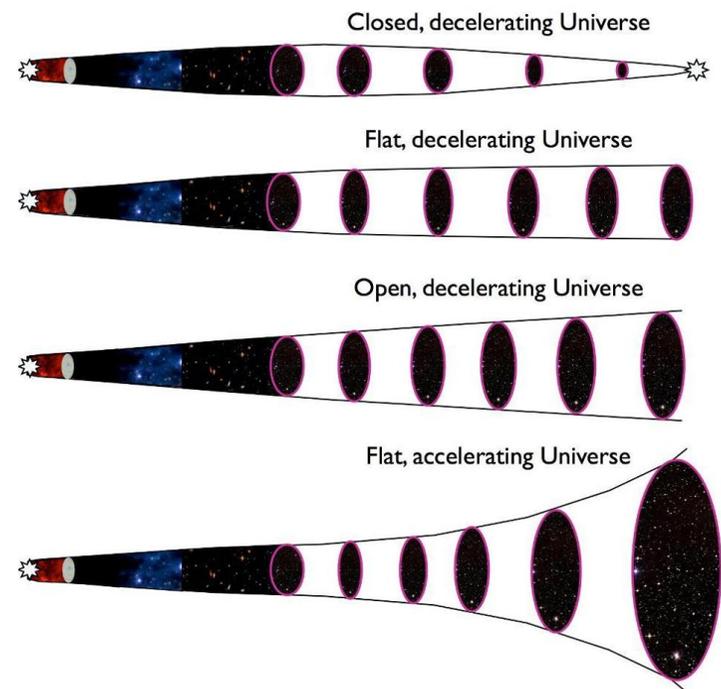
Por meio do modelo Cosmológico de Friedmann, algumas perguntas surgiram:

***O universo teve um início?***

***Ele terá um fim?***

***O universo está expandindo, contraindo ou encontra-se estático?***

A resposta para essas questões, de acordo com o modelo de Friedmann, está na quantidade de matéria que compõe o Universo. Se essa quantidade for muito grande, a gravidade será suficiente para desacelerar o universo e contraí-lo, dessa forma aconteceria um momento em que toda essa matéria iria se juntar (Big Crunch). Porém, se essa quantidade de matéria não for suficiente para gerar a desaceleração, a tendência do universo seria a expansão. E, caso a quantidade fosse o valor exato para desacelerar e estabilizar a tendência do universo seria a estabilidade. Nesse modelo Friedmann, concebe o universo dinâmico, com um início. Veja a figura ao lado.

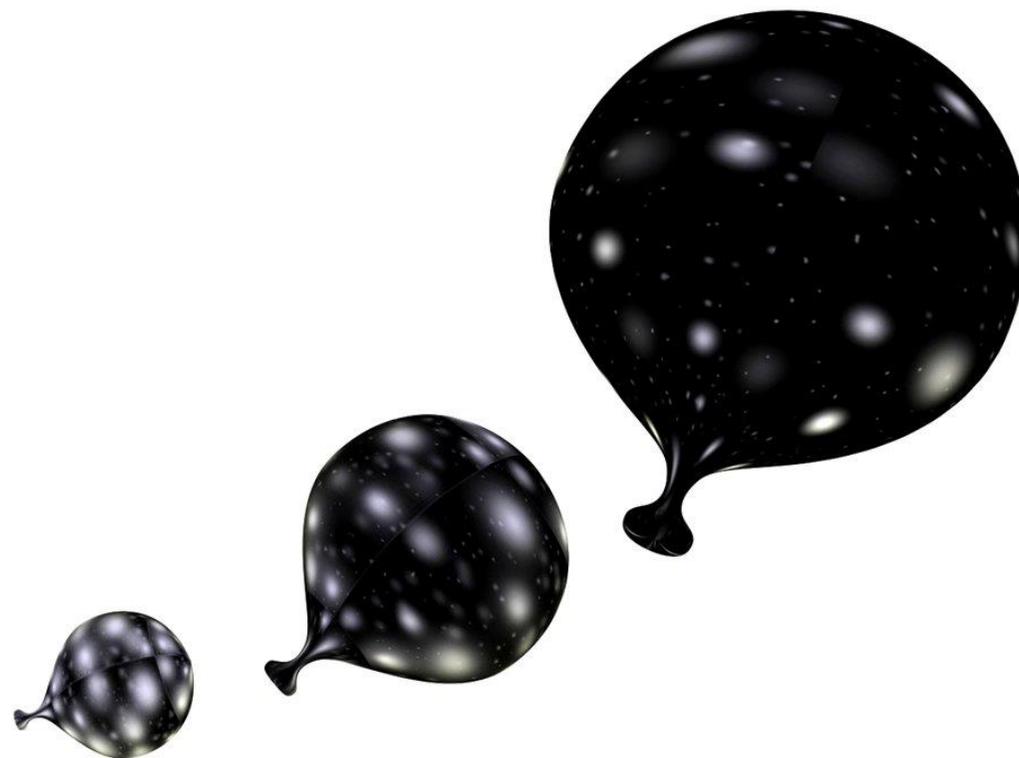


Fonte:

[https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743\\_338190049936068\\_1973038151\\_n.png](https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743_338190049936068_1973038151_n.png)

A descoberta de Edwin Hubble, em 1929, trouxe novas informações a respeito do modelo de universo. Ele descobriu, por meio de observações astronômicas, que galáxias estavam se afastando da via láctea e que quanto mais distantes elas estavam, mais rápido elas se afastavam de nós. Essa descoberta foi importante para reforçar a ideia de um universo em expansão e desabilitar o modelo de universo estático.

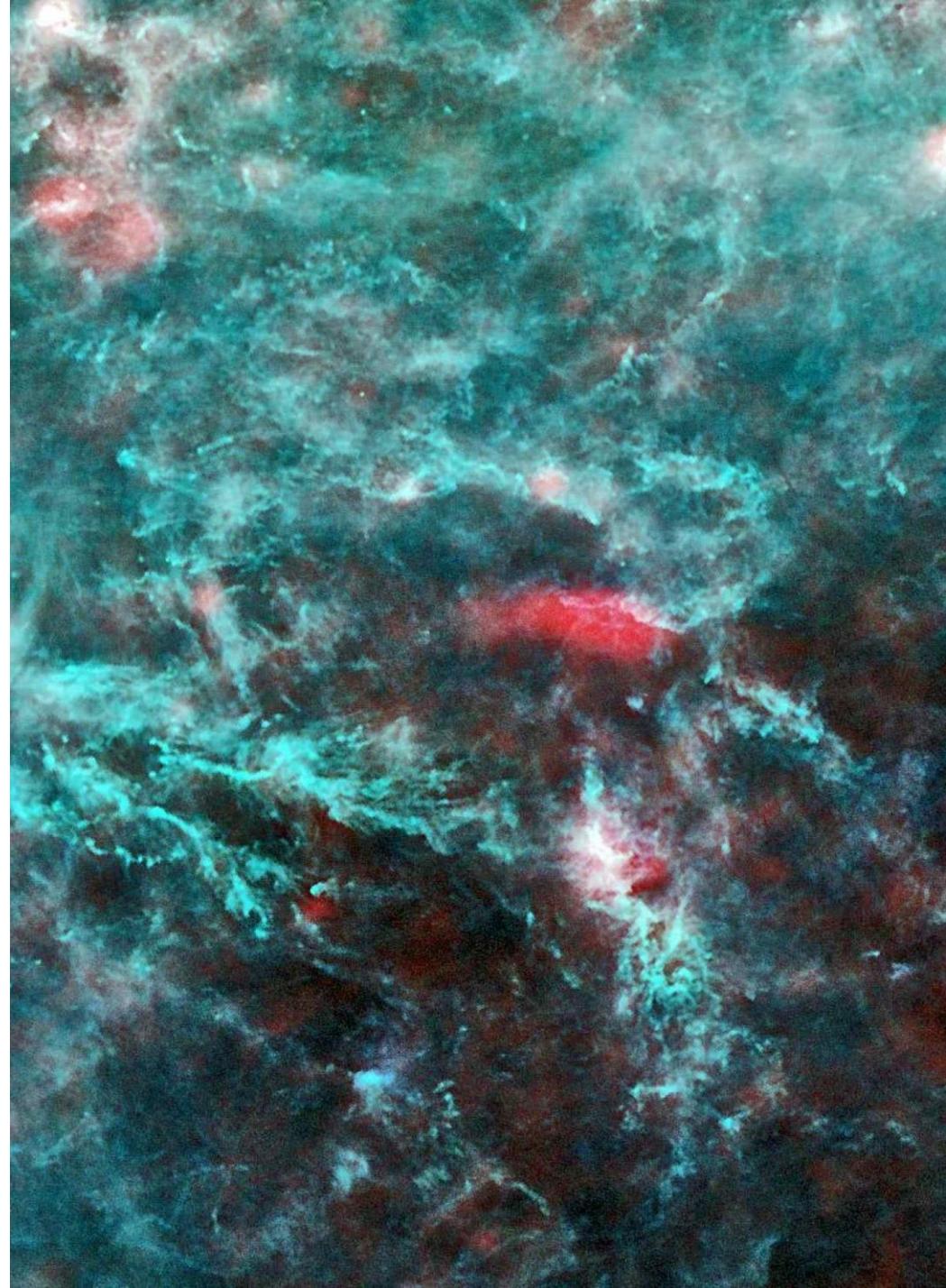
Se o universo está em expansão, então, em um passado bem remoto toda a matéria estava bem próxima, e em um passado mais remoto ainda toda ela estava concentrada em um ponto no espaço. O modelo do Big Bang, aceito atualmente, usa essa ideia, de que no início do universo toda a matéria estava concentrada em uma unidade primordial e que após uma grande explosão começou a expansão.



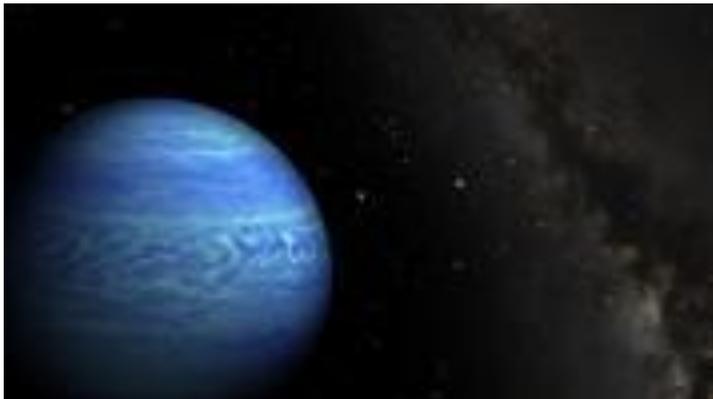
Fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/viag/images/imagem37.jpg>  
(Modelo de universo em expansão. Imaginemos uma que o universo seja uma bexiga e que todas as galáxias e matéria estão na superfície dessa bexiga. À medida que o universo se expande o espaço entre as galáxias aumenta.)

Outra descoberta importante que pode ajudar a explicar a evolução do universo foi feita pelo físico suíço, Fritz Zwicky, em 1933. Ao observar a rotação de galáxias pertencentes ao aglomerado de Coma, ele percebeu que a rotação não correspondia com a massa das estrelas que compunham a galáxia. Sabendo da distância que elas se encontravam e suas massas a velocidade deveria ser menor. Para explicar a velocidade de rotação que era maior que a observada ele supôs que deveria haver uma matéria extra que não poderia ser vista (não emitia radiação em nenhum espectro conhecido). Essa matéria extra foi batizada de **Matéria Escura**.

Pela Teoria da Relatividade Geral, já sabemos que grandes corpos podem provocar deformações no tecido espacial. Quando a luz de estrelas passa próxima a grandes concentrações de massa (como a matéria escura, por exemplo), a luz sofre desvios. Esses desvios já foram detectados por meio de observações astronômicas, porém, a matéria escura ainda não foi detectada. Esse fenômeno de desviar a luz ao passar por grandes concentrações de massa forneceu um forte indício da existência de tal matéria e recebeu o nome de **lente gravitacional**.



# A teoria do Big Bang



A teoria de uma célula primordial foi proposta em 1930, por um padre belga, Georges Lemaître, professor da Universidade Católica de Louvain. Nesse modelo ele propõe, que em um tempo inicial a célula primordial concentrava toda a matéria e energia do universo e, a partir daí iniciou-se o tempo com a grande explosão. Após essa explosão a matéria encontrava-se, após um processo de decaimento, em altíssimas temperaturas e densidade, e era composta de prótons, elétrons e nêutrons imersos em radiação. Após esse estágio inicial do universo, foram se formando, com o resfriamento, os primeiros elementos (Hidrogênio e Hélio). Os elementos mais pesados, como o carbono, por exemplo, foram formados posteriormente, nas primeiras estrelas.

Após a descoberta da radiação cósmica de fundo, pelos físicos Arno Penzias e Robert Wilson, o modelo do Big Bang ganhou força, considerando que a radiação de fundo é uma radiação do início do universo. Essa radiação do universo primordial foi prevista pelo físico ucraniano, George Gamow. Gamow retomou o trabalho de Lemaître, do Big Bang, e fez estudos sobre a “sopa primordial” que era composta por matéria e radiação.

# A teoria de Big Bang



Com a descoberta da radiação cósmica de fundo, que pode ser detectada em qualquer ponto do universo e possui comportamento de radiação de corpo negro de 2,7 K, o modelo do Big Bang passou a ser mais aceito do que o modelo de universo estacionário.

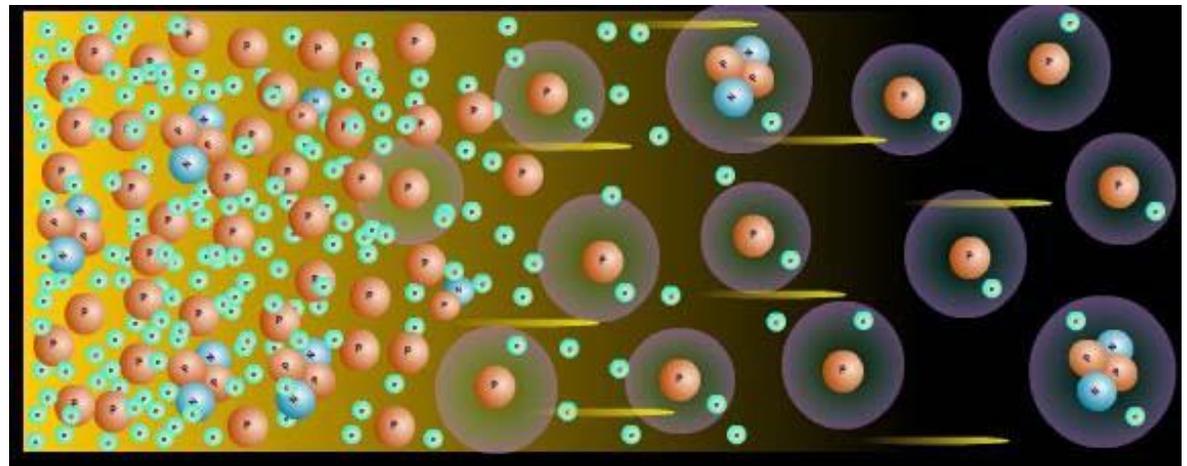
Nesse período inicial, que durou, por volta de 370000 anos, a matéria encontrava-se “misturada” com a radiação em altíssimas temperaturas e densidade. Com o resfriamento começou a ocorrer a chamada **Era de Recombinação** e a separação entre matéria e radiação, pois os fótons já não tinham mais energia suficiente para manter os elementos separados. Na Recombinação a matéria começou a se juntar e formar os primeiros elementos (Hidrogênio e depois o Hélio).

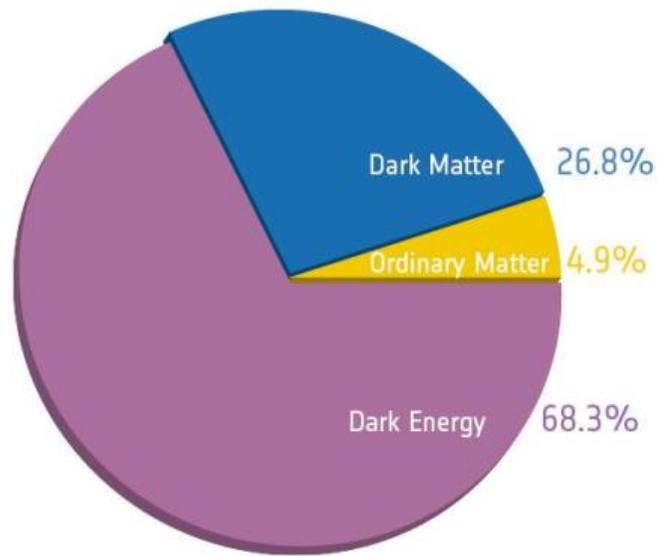
# Teoria de Big Bang

Com a Recombinação (ver figura abaixo), a radiação passou a ser emitida para todo o cosmos. A radiação cósmica de fundo é uma constatação dessa radiação primordial que começou a vagar após a recombinação.

O universo atual possui, aproximadamente, 14 bilhões de anos e essas medidas de radiação dão informações sobre sua formação.

Estudos recentes a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo revelam um universo plano, porém, para se explicar a teoria do universo plano, e conseqüentemente, voltar com a constante cosmológica proposta por Einstein, o universo teria duas possibilidades de evolução. Se a constante cosmológica fosse considerada negativa ele iria se contrair e em caso da constante ser positiva, o universo iria se expandir aceleradamente, entretanto, com as medidas cada vez mais precisas a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo, foi necessária outra explicação para o universo plano.





Uma teoria que surgiu para explicar o universo plano foi a da **Inflação Cósmica**. Nessa teoria, em um instante  $10^{-38}$  s após o surgimento do universo, houve uma grande expansão do universo em  $10^{26}$  no seu tamanho. Essa expansão exponencial aconteceu, de acordo com a teoria, devido à separação entre as forças fundamentais da natureza, a força forte e a força eletrofraca. Nessa separação houve grande liberação de energia e, com isso, a inflação cósmica. Com a teoria da inflação cósmica, pode-se explicar a planura do universo e a interação entre a radiação emitida após o período de recombinação, pois os modelos que se tinham antes não conseguiam explicar a homogeneidade da temperatura medida do universo (radiação cósmica de fundo). Contudo, essas oscilações de temperatura oriundas das oscilações no plasma primordial geraram perturbações no tecido do espaço-tempo originando **ondas gravitacionais**. Essas ondas gravitacionais que podem ser geradas de outras formas vêm sendo procuradas com o intuito de se comprovar a teoria da inflação cósmica e, também, com o objetivo de explicar a origem e evolução do cosmos.

O Modelo Cosmológico Padrão ( $\Lambda$ CDM,  $\Lambda$  constante cosmológica de Einstein, CDM – matéria escura fria), utiliza a Teoria Geral da Gravidade como base para suas formulações, utiliza a constante cosmológica proposta por Einstein ( $\Lambda$ ), para explicar a expansão acelerada do universo e também a matéria escura (que ainda não foi detectada) e a, recentemente introduzida na teoria, Energia Escura, usada para explicar, também, a expansão acelerada do universo. A Energia Escura, ainda não foi detectada e existem muitos trabalhos na busca de se tentar detectar esses elementos que, segundo os cientistas, compõem a maior parte do universo. A matéria bariônica (formada por átomos), segundo os modelos atuais, é responsável por apenas 4,9% do universo que conhecemos, sendo 68,3% do universo composto por Energia Escura e 26,8% composto de Matéria Escura. Com o advento da Mecânica Quântica, a teoria da Energia Escura ganhou força e um enorme esforço vem sendo feito no intuito de tentar detectá-la.

# Bibliografia

---

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Educação. Ensino a Distância. **Cosmologia**: da origem ao fim do universo. Módulo 01. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Observatório Nacional, 2015.

---

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2001.

---

RESNICK, Robert. **Introdução à Relatividade Especial**. Tradução Shigeo Watanabe. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1971.

---

SANTOS, Larissa. **O Universo Escuro**: de Ptolomeu a ondas gravitacionais. Brasília: Kiron, 2016.

---

SCHUTZ, Bernard. **A First Course in General Relativity**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

---

SOARES, Domingos. Espaço e espaço-tempo nas teorias relativas. **Texto & Notícias**, UFMG, 2013. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/esptmp/esptmp.htm>>. Acesso em 17 nov. 2017.

---

SOARES, Domingos. Os primeiros passos na cosmologia relativista. **Texto & Notícias**, UFMG, 2012. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/cosmrel/ppcosmrel.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

---

Site:

[https://midia.atp.usp.br/ensino\\_novo/relatividade/ebooks/escalares\\_vetores\\_tensores\\_lorentz.pdf](https://midia.atp.usp.br/ensino_novo/relatividade/ebooks/escalares_vetores_tensores_lorentz.pdf) (visitado em 15/11/2017).

# Questionário de Opinião 1

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:

# Questionário de Opinião 1

Pergunta	1 - Sim	2	3	4	5 - Muito pouco
1 – Na sua opinião a utilização de Tópicos de Cosmolgia como instrumento motivador de ensino ajudou você a ampliar seus conhecimentos sobre Gravitação e Relatividade?	<input type="checkbox"/>				
2 – Sobre os conteúdos abordados, você os considera relevantes para o dia a dia?	<input type="checkbox"/>				
3 – Sobre o texto a respeito de Cosmologia, ele estava em uma linguagem acessível para o estudante do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>				
4 – Em relação ao material pedagógico adotado pela escola, o uso de textos, artigos e vídeos podem ajudar na aprendizagem como material de apoio?	<input type="checkbox"/>				
5 – Na sua opinião, o ensino de tópicos de Cosmologia pode ser utilizado como material pedagógico por outros professores ou escolas no Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>				
6 - Comparando a uma aula tradicional, a sequência didática utilizada (Pré – Teste, Leitura do texto, Aula Expositiva com vídeos, imagens, aplicativos e Pós – Teste) facilitou a aprendizagem do tema?	<input type="checkbox"/>				

## Questionário de Opinião 2

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:

## Questionário de Opinião 2

Pergunta	1 - Sim	2	3	4	5 - Muito pouco
1 – Na sua opinião, o texto produzido a respeito de Cosmologia ficou muito grande?	<input type="checkbox"/>				
2 – Na sua opinião, a linguagem utilizada foi adequada para estudantes do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>				
3 – Na sua opinião, a utilização de material de apoio (como o texto, por exemplo), pode auxiliar nas aulas?	<input type="checkbox"/>				
4 – Na sua opinião, o envio de material de suporte para as aulas através de app's foi proveitoso para melhor aproveitamento das aulas?	<input type="checkbox"/>				

# Lista de links

## 1. Tutorial do Software Stellarium:

Acesse o link: <<http://gruposputnik.com/USP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf>>

## 2. Episódio 01 da Série “Cosmos”, narrada pelo Astrônomo Carl Sagan:

Acesse o link: <<https://www.youtube.com/watch?v=0jMOACMdgpo>>

## 3. Artigo: A Cosmologia, Rogério Rosenfeld.

Acesse o link: <<https://pt.scribd.com/document/349327774/A-Cosmologia-Rogério-Rosenfeld-pdf>>

## 4. Como criar grupo de WhatsApp e convidar participantes:

Acesse o link:  
<[https://faq.whatsapp.com/search?query=criar%20grupos%20&lang=pt\\_br](https://faq.whatsapp.com/search?query=criar%20grupos%20&lang=pt_br)>

## 5. Links para pesquisa acadêmica:

<<https://scholar.google.com.br/>>

<<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>

## 6. Imagens do universo

<https://www.jpl.nasa.gov/>

# Referências bibliográficas

ALMOULOUD, Saddo Ag. As transformações do saber científico ao saber ensinado: o caso do logaritmo. **Educar em Revista**, Curitiba, n. esp., v. 1, p. 191-210, 2011.

ANDRADE, Mariel; SILVA, Janaina; ARAÚJO, Alberto. A utilização do *software* Stellarium para o ensino de astronomia. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - JEPEX, 9., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepe2009/cd/resumos/r0793-3.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/512/309>>. Acesso em: 27 jul. 2017.

COSMOS. Produzida pela KCET e Carl Sagan Productions, em associação com a BBC e a Polytel International. Veiculada na PBS em 1980. Narrada por Carl Sagan.

COSTA, Sandra Regina Santana; DUQUEVIZ, Barbara Cristina; PEDROZA, Regina Lúcia Sucupira. Tecnologias digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 603-610, set./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pee/v19n3/2175-3539-pee-19-03-00603>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed., ampl. São Paulo: EPU, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS, Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

RABELO DE SÁ, Marcos Ribeiro. **Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1º ano do ensino médio**: uma proposta de inserção. 2015. 314 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)-Universidade de Brasília, 2015.

ROSENFELD, Rogério. A Cosmologia. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 31-37, 2005.

TUTORIAL SOFTWARE STELLARIUM

SANTOS, Larissa. **O Universo Escuro**: de Ptolomeu a ondas gravitacionais. Brasília: Kiron, 2016.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v.9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

## APÊNDICE B – TESTE 1 E TESTE 2

### TESTE DE FÍSICA (1)

**COLÉGIO JK – GUARÁ – BRASÍLIA – DF (DISTRITO FEDERAL)**

**PROFESSOR REGENTE: MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA.**

**DATA:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**ALUNO(A):** \_\_\_\_\_

**SERIE:** \_\_\_\_\_ **TURMA:** \_\_\_\_\_

#### 01 - (ITA SP/2002)

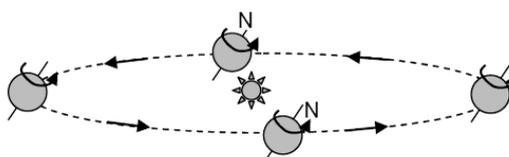
Um dos fenômenos da dinâmica de galáxias, considerado como evidência da existência de matéria escura, é que estrelas giram em torno do centro de uma galáxia com a mesma velocidade angular, independentemente de sua distância ao centro. Sejam  $M_1$  e  $M_2$  as porções de massa (uniformemente distribuída) da galáxia no interior de esferas de raios  $R$  e  $2R$ , respectivamente. Nestas condições, a relação entre essas massas é dada por:

- a)  $M_2 = M_1$ .
- b)  $M_2 = 2M_1$ .
- c)  $M_2 = 4M_1$ .
- d)  $M_2 = 8M_1$ .
- e)  $M_2 = 16M_1$ .

#### 02 - (FCM MG/2014)

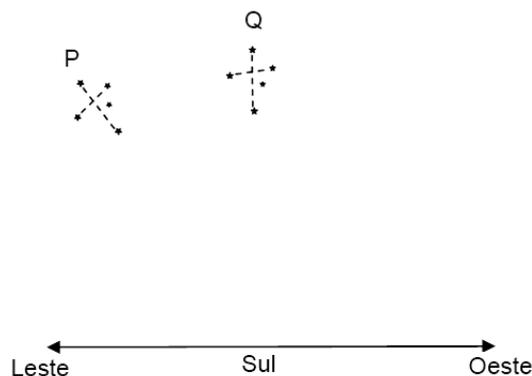
A figura 1 mostra, fora de escala, o sentido de rotação e translação de nosso planeta em torno do Sol, considerando a parte superior da Terra, o polo norte (N).

FIGURA 1



Observando a constelação do Cruzeiro do Sul de uma cidade do hemisfério sul, ao longo das horas, vê-se que ele muda de posição no céu. A figura 2 mostra o Cruzeiro do Sul nas posições P e Q, com relação aos pontos cardeais, visto de uma cidade do hemisfério sul.

FIGURA 2

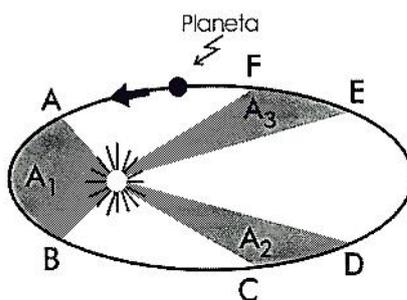


Com base nessas informações, as posições P e Q do Cruzeiro do Sul poderão ter horários diferentes na mesma noite, especificados na alternativa:

- a) P (19 h) e Q (21 h).
- b) P (21 h) e Q (19 h).
- c) P (19 h) e Q (24 h).
- d) P (24 h) e Q (19 h).

**03 - (UERJ/2000)**

A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol.



Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas -  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  - apresentam a seguinte relação:

- a)  $A_1 = A_2 = A_3$

b)  $A_1 > A_2 = A_3$

c)  $A_1 < A_2 < A_3$

d)  $A_1 > A_2 > A_3$

**04 - (UEL PR/2001)**

Sobre as forças gravitacionais envolvidas no sistema composto pela Terra e pela Lua, é correto afirmar:

- a) São repulsivas e de módulos diferentes.
- b) São atrativas e de módulos diferentes.
- c) São repulsivas e de módulos iguais.
- d) São atrativas e de módulos iguais.
- e) Não dependem das massas desses astros.

**05 - (PUC RS/2006)**

INSTRUÇÃO: Para responder à questão, considerar o texto e as afirmativas que o complementam.

Durante cerca de oito dias, um astronauta brasileiro dividiu com astronautas estrangeiros uma missão a bordo da Estação Espacial Internacional (EEI). Inúmeras fotografias da parte interna da Estação mostraram objetos e os astronautas “flutuando” no seu interior. Este fenômeno ocorre porque

- I. a aceleração da gravidade sobre eles é zero.
- II. os objetos e os astronautas têm a mesma aceleração da Estação.
- III. não há força resultante sobre eles.

Pela análise das afirmativas conclui-se que somente está / estão correta(s)

- a) a I.
- b) a II.
- c) a III.
- d) a I e a III.

e) a II e a III.

**06 - (FATEC SP/2000)**

A respeito do planeta Júpiter e de um de seus satélites, Io, foram feitas as afirmações:

- I. Sobre esses corpos celestes, de grandes massas, predominam as forças gravitacionais.
- II. É a força de Júpiter em Io que o mantém em órbita em torno do planeta.
- III. A força que Júpiter exerce em Io tem maior intensidade que a força exercida por Io em Júpiter.

Deve-se concluir que somente

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas.

**07 - (FMTM MG/2006)**

*... nossos próprios olhos nos mostram quatro estrelas que viajam ao redor de Júpiter como o faz a Lua ao redor da Terra, enquanto todos juntos traçam uma grande revolução ao redor do Sol.*

(Galileu Galilei)

O advento do telescópio favoreceu a observação dos corpos celestes, permitindo conclusões como a citada por Galileu, que se refere ao comportamento das quatro maiores luas de Júpiter: Io, Calisto, Europa e Ganimedes. Baseado nos estudos de Galileu e Tycho Brahe, Kepler formulou três leis a respeito dos movimentos planetários.

Analise:

- I. a lei dos períodos refere-se ao tempo de que um planeta necessita para dar a volta em torno do Sol;
- II. na lei das áreas, o tema em questão remete à velocidade que o planeta desenvolve em sua translação em torno do Sol;
- III. a lei das órbitas trata da heliocentricidade do sistema solar.

Está correto o contido em

- a) III, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

**08 - (FMTM MG/2003)**

A força de atração gravitacional entre dois corpos sobre a superfície da Terra é muito fraca quando comparada com a ação da própria Terra, podendo ser considerada desprezível. Se um bloco de concreto de massa 8,0 kg está a 2,0 m de um outro de massa 5,0 kg, a intensidade da força de atração gravitacional entre eles será, em newtons, igual a:

**Dado:**  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

- a)  $1,3 \cdot 10^{-9}$ .
- b)  $4,2 \cdot 10^{-9}$ .
- c)  $6,7 \cdot 10^{-10}$ .
- d)  $7,8 \cdot 10^{-10}$ .
- e)  $9,3 \cdot 10^{-11}$ .

**09 - (UNIUBE MG/1997)**

A respeito do sistema solar, é correto afirmar que:

- a) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área proporcional ao tempo de varredura.
- b) os planetas descrevem órbitas circulares ao redor do Sol
- c) o cubo do período de um planeta é proporcional ao quadrado de uma distância ao Sol.
- d) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área inversamente proporcional ao tempo de varredura.
- e) o quadrado do período de um planeta é inversamente proporcional ao cubo de sua distância ao Sol.

**10 - (FURG RS/2001)**

Sobre um satélite mantido em órbita a uma distância  $R$  do centro da Terra (que possui massa  $M$ ), é correto afirmar que:

- a) a força com que a Terra atrai o satélite é ligeiramente menor do que a força com que o satélite atrai a Terra.
- b) o satélite é colocado em uma órbita em que a força gravitacional é zero.
- c) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é menor ou igual a  $GM/R$ .
- d) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é igual a  $GM/R$ .
- e) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é maior ou igual a  $GM/R$ .

**TESTE DE FÍSICA (2)****COLÉGIO JK – GUARÁ – BRASÍLIA – DF (DISTRITO FEDERAL)****PROFESSOR REGENTE: MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA.****DATA:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_**ALUNO(A):** \_\_\_\_\_**SERIE:** \_\_\_\_\_ **TURMA:** \_\_\_\_\_**01 - (UDESC/2014)**

Com base na teoria da relatividade restrita, proposta por Albert Einstein, é **correto** afirmar que:

- a) as leis da Física não são as mesmas para quaisquer observadores situados em referenciais inerciais.
- b) independentemente da velocidade da fonte luminosa ou do referencial, a velocidade de propagação da luz no vácuo é constante e igual a  $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Portanto, conclui-se que a velocidade da luz é constante e igual a  $c$  em qualquer meio de propagação.
- c) pelo princípio da simultaneidade conclui-se que dois observadores em movimento relativo farão observações contraditórias sobre um mesmo evento. Isso implica que um deles sempre estará errado e que se deve eleger, inicialmente, um referencial absoluto.
- d) a velocidade da luz no vácuo é uma velocidade limite, não podendo ser superada por nenhuma entidade capaz de transportar energia ou informação.
- e) para descrever os eventos relativísticos um observador deverá utilizar sempre quatro coordenadas, duas espaciais e duas temporais.

**02 - (UFG GO/2014)**

A teoria da relatividade elaborada por Albert Einstein (1879-1950), no início do século XX, abalou profundamente os alicerces da Física clássica, que já estava bem estabelecida e testada. Por questionar os conceitos canônicos da ciência e do senso comum até então, ela tornou-se uma das teorias científicas mais populares de todos os tempos.

Que situação física, prevista pela relatividade restrita de Einstein, também está em conformidade com a Física clássica?

- a) A invariância do tempo em referenciais inerciais.
- b) A contração do espaço.
- c) A invariância da velocidade da luz.
- d) A diferença entre massa inercial e gravitacional.
- e) A conservação da quantidade de movimento.

**03 - (ITA SP/2014)**

Considere um capacitor de placas paralelas ao plano  $yz$  tendo um campo elétrico de intensidade  $E$  entre elas, medido por um referencial  $S$  em repouso em relação ao capacitor. Dois outros referenciais,  $S'$  e  $S''$ , que se movem com velocidade de módulo  $v$  constante em relação a  $S$  nas direções de  $x$  e  $y$ , nesta ordem, medem as respectivas intensidades  $E'$  e  $E''$  dos campos elétricos entre as placas do capacitor. Sendo  $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ , pode-se dizer que  $E'/E$  e  $E''/E$  são, respectivamente, iguais a

- a) 1 e 1.
- b)  $\gamma$  e 1.
- c) 1 e  $\gamma$ .
- d)  $\gamma$  e  $1/\gamma$ .
- e) 1 e  $1/\gamma$ .

**04 - (Unievangélica GO/2014)**

Um observador fixo visualiza uma barra de comprimento  $L$  (quando medida em repouso) movimentando-se no sentido do seu comprimento com 60% da velocidade da luz.

A porcentagem do comprimento  $L$  visualizada pelo observador será de

- a) 80 %
- b) 36 %
- c) 64 %
- d) 94 %

**05 - (UNISC RS/2015)**

Em uma explosão de uma mina de carvão foram utilizadas 1.000 toneladas de explosivo trinitrotolueno (TNT), o que equivale a  $1,0 \times 10^{12}$  calorias. Qual foi, aproximadamente, a quantidade de massa convertida em energia equivalente a essa explosão? (1 caloria = 4,18 J e  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s)

- a)  $4,6 \times 10^{-5}$  kg
- b)  $4,6 \times 10^{-8}$  kg
- c)  $1,1 \times 10^{-5}$  kg
- d)  $1,1 \times 10^{-8}$  kg
- e)  $1,1 \times 10^{-13}$  kg

**06 - (UDESC/2015)**

De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de  $0,999c$  para um planeta de uma estrela situado a 20 anos-luz de distância. Ele passa 5 anos neste planeta e retorna para casa a  $0,999c$ . Considerando que  $\gamma = 22,4$ , assinale a alternativa que representa corretamente quanto tempo seu amigo passou fora de casa do seu ponto de vista e do ponto de vista dele, respectivamente.

- a) 20,00 anos e 1,12 anos
- b) 45,04 anos e 1,79 anos
- c) 25,00 anos e 5,00 anos
- d) 45,04 anos e 6,79 anos
- e) 40,04 anos e 5,00 anos

**07 - (UDESC/2015)**

A proposição e a consolidação da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, componentes teóricos do que se caracteriza atualmente como Física Moderna, romperam com vários paradigmas da Física Clássica. Baseando-se especificamente em uma das teorias da Física Moderna, a Relatividade Restrita, analise as proposições.

- I. A massa de um corpo varia com a velocidade e tenderá ao infinito quando a sua velocidade se aproximar da velocidade da luz no vácuo.
- II. A Teoria da Relatividade Restrita é complexa e abrangente, pois, descreve tanto movimentos retilíneos e uniformes quanto movimentos acelerados.
- III. A Teoria da Relatividade Restrita superou a visão clássica da ocupação espacial dos corpos, ao provar que dois corpos, com massa pequena e velocidade igual à velocidade da luz no vácuo, podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

#### 08 - (UEL PR/2017)

O tempo nada mais é que a forma da nossa intuição interna. Se a condição particular da nossa sensibilidade lhe for suprimida, desaparece também o conceito de tempo, que não adere aos próprios objetos, mas apenas ao sujeito que os intui.

(KANT, I. Crítica da razão pura. Trad. Valério Rohden e Udo Baldur Moosburguer.

São Paulo: Abril Cultural, 1980. p.47. Coleção Os Pensadores.)

A questão do tempo sempre foi abordada por filósofos, como Kant. Na física, os resultados obtidos por Einstein sobre a ideia da “dilatação do tempo” explicam situações cotidianas, como, por exemplo, o uso de GPS.

Com base nos conhecimentos sobre a Teoria da Relatividade de Einstein, assinale a alternativa correta.

- a) O intervalo de tempo medido em um referencial em que se empregam dois cronômetros e dois observadores é menor do que o intervalo de tempo próprio no referencial em que a medida é feita por um único observador com um único cronômetro.

- b) Considerando uma nave que se movimenta próximo à velocidade da luz, o tripulante verifica que, chegando ao seu destino, o seu relógio está adiantado em relação ao relógio da estação espacial da qual ele partiu.
- c) As leis da Física são diferentes para dois observadores posicionados em sistemas de referência inerciais, que se deslocam com velocidade média constante.
- d) A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz e da cinemática elementar.
- e) A velocidade da luz no vácuo tem valores diferentes para observadores em referenciais privilegiados.

**TEXTO: 1 - Comum à questão: 09**

Use, quando necessário,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ,  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ .

**09 - (UFJF MG/2015)**

Na Teoria da Relatividade de Einstein, a energia de uma partícula é calculada pela expressão  $E = mc^2$ , onde  $m = m_e / \sqrt{1 - (v/c)^2}$ . Em um microscópio eletrônico de varredura, elétrons são emitidos com energia de  $8,0 \times 10^5 \text{ eV}$  para colidir com uma amostra de carbono que se encontra parada. Calcule o valor da velocidade dos elétrons emitidos.

- a)  $2,31 \times 10^8 \text{ m/s}$
- b)  $4,73 \times 10^8 \text{ m/s}$
- c)  $1,11 \times 10^6 \text{ m/s}$
- d)  $2,31 \times 10^4 \text{ m/s}$
- e)  $1,11 \times 10^4 \text{ m/s}$

**TEXTO: 2 - Comum à questão: 10**

Quando precisar use os seguintes valores para as constantes: Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$ .

$1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J} = 4,2 \times 10^7 \text{ erg}$ . Calor específico da água:  $1,0 \text{ cal/g.K}$ . Massa específica da água:  $1,0 \text{ g/cm}^3$ .

Massa específica do ar:  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . Velocidade do som no ar:  $340 \text{ m/s}$ .

**10 - (ITA SP/2016)**

Enquanto em repouso relativo a uma estrela, um astronauta vê a luz dela como predominantemente vermelha, de comprimento de onda próximo a  $600 \text{ nm}$ . Acelerando sua nave na direção da estrela, a luz será vista como predominantemente violeta, de comprimento de onda próximo a  $400 \text{ nm}$ , ocasião em que a razão da velocidade da nave em relação à da luz será de

- a)  $1/3$ .
- b)  $2/3$ .

- c)  $4/9$ .
- d)  $5/9$ .
- e)  $5/13$ .

## APÊNDICE C – TEXTO AUTORAL SOBRE COSMOLOGIA:

### COSMOLOGIA

#### 1. INTRODUÇÃO

Dentro da Física Contemporânea a Cosmologia é um tema relevante e interessante devido a seu objeto de estudo que é Origem, Estrutura e Evolução do Universo. A abordagem de tópicos relacionados à Física mais recente, no Ensino Médio, pode ser um fator atrativo para o aluno, pois esses temas são divulgados pela mídia todos os dias e tornam-se dessa forma mais significativos na vida do estudante. Ademais, o estudo de temas contemporâneos e que impulsionam a evolução tecnológica podem despertar nos alunos o desejo de estudar Ciências Exatas.

#### 2. HISTÓRICO E MOTIVAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM TEXTO, AUTORAL SOBRE COSMOLOGIA:

O texto que se segue foi construído com o intuito de discutir temas como **Buracos Negros, Teoria da Relatividade Geral, Matéria Escura, Energia Escura e Ondas Gravitacionais** em uma linguagem que seja mais acessível ao aluno de Ensino Médio. Esse texto, autoral, faz parte do Produto Educacional, composto por uma Sequência Didática que será aplicada em uma turma de 3º Ano de Ensino Médio da Educação Básica do Distrito Federal, em uma Escola Privada localizada na cidade do Guará I (Distrito Federal). A turma, composta de 40 alunos do 3º Ano, estudou ao longo do Ensino Médio temas como Leis de Kepler, Gravitação Universal (Newton) e Relatividade Restrita. Além disso, é importante citar que o texto tem como objetivo principal despertar o interesse pelas Ciências Exatas.

#### 3. UM DESPERTAR PARA A COSMOLOGIA

Para iniciar nosso estudo de Cosmologia que é o ramo da Física que estuda a origem e evolução do Universo, iremos, primeiramente, fazer um pequeno resumo sobre a teoria da Relatividade. É importante, para o estudante, revisar os tópicos de Gravitação Universal (de Newton) e Leis de Kepler.

Após várias tentativas frustradas para se tentar comprovar a existência do Éter, como, por exemplo, os famosos experimentos (interferômetro ótico) realizados em 1881 por A. A. Michelson e em 1887, novamente por Michelson e E. W. Morley, ficou comprovado que o Éter não existia e que as equações do Eletromagnetismo (Equações de Maxwell) estavam corretas<sup>1</sup>.

Como consequência desses fatos, a relatividade Galieana e Newtoniana não se adequaria para explicar a constância das ondas eletromagnéticas viajando a velocidade  $c$  para qualquer referencial.

$$c = 3.10^8 \text{ m/s (v\u00e1cuo)}$$

J\u00e1 que a velocidade da luz \u00e9 a mesma em todos os sistemas inerciais, independentemente do movimento relativo da fonte e do observador, conclu\u00eda-se que a Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica necessitava de modifica\u00e7\u00f5es.

Coube ao jovem cientista alem\u00e3o, Albert Einstein, em 1905, em seu trabalho “*Sobre a Eletrodin\u00e2mica de Corpos em Movimento*”, a solu\u00e7\u00e3o para a quest\u00e3o em aberto na Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica. Em seu trabalho ele escreveu:

[...] nenhuma propriedade dos fatos observados corresponde ao conceito de repouso absoluto;... para todos sistemas de coordenadas para os quais valem as equa\u00e7\u00f5es da Mec\u00e2nica, valem tamb\u00e9m as equa\u00e7\u00f5es equivalentes da Eletrodin\u00e2mica e \u00d3tica ... A seguir n\u00f3s fizemos estas suposi\u00e7\u00f5es (que chamaremos subsequentemente de Princ\u00edpio da Relatividade) e introduzimos uma hip\u00f3tese adicional – uma suposi\u00e7\u00e3o que \u00e9, \u00e0 primeira vista, bastante irreconcili\u00e1vel com a anterior – que a luz se propaga no v\u00e1cuo com a velocidade  $c$ , independentemente da natureza do movimento do corpo que a emite. Estas duas hip\u00f3teses s\u00e3o bastante suficientes para nos dar uma teoria simples e consistente da Eletrodin\u00e2mica dos corpos em movimento, baseada na teoria Maxwelliana para os corpos em repouso.

O resumo da teoria da Relatividade Restrita proposta por Einstein pode ser expresso por dois postulados<sup>2</sup>:

***1\u00b0) As leis da F\u00edsica s\u00e3o as mesmas em todos os sistemas inerciais. N\u00e3o existe nenhum sistema inercial preferencial. (O Princ\u00edpio da Relatividade).***

***2\u00b0) A velocidade da luz no v\u00e1cuo tem o mesmo valor  $c$  em todos os sistemas inerciais. (O Princ\u00edpio da Const\u00e2ncia da Velocidade da Luz).***

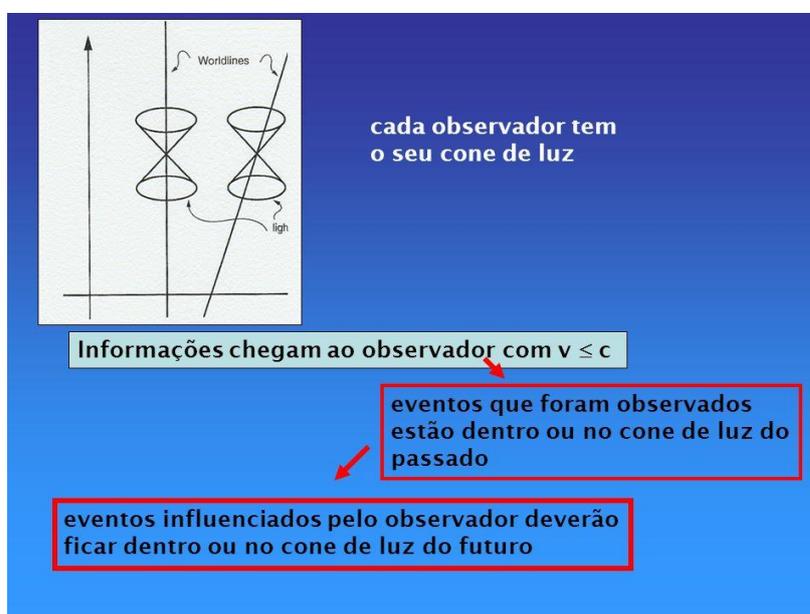
<sup>1</sup> De acordo com os estudos da \u00e9poca a ideia seria medir a velocidade da luz para diferentes sistemas inerciais (obtendo diferentes valores) e a obten\u00e7\u00e3o do valor  $c$  para o sistema \u00c9ter. Por\u00e9m, os resultados obtidos mostraram a n\u00e3o exist\u00eancia de tal meio.

<sup>2</sup> Introdu\u00e7\u00e3o \u00e0 Relatividade Especial, Robert Resnick, p\u00e1g. 39,1968.

Através desses postulados, pode-se notar que as equações de Galileu e Newton não poderiam explicar a covariância das leis Físicas (a invariância quanto à forma). Dessa maneira, Einstein, utilizou-se das transformações de Lorentz e a ideia de tempo absoluto foi totalmente descartada. O tempo se torna dependente do sistema de referência, da mesma forma que o espaço.

Em sua teoria ele descreve que espaço e tempo dependem do sistema de coordenadas, que pode ser expresso por vetores, escalares e tensores. Esse espaço-tempo é descrito por um quadrivetor ( $x, y, z$  e  $t$ ). Note que  $x, y$  e  $z$  referem-se às coordenadas espaciais e  $t$  ao tempo.

Esse espaço quadridimensional plano, conhecido como espaço de Minkowski<sup>3</sup>, é o espaço onde foi construída a teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Na teoria da Relatividade Restrita, como se pode observar o espaço e o espaço-tempo são considerados planos.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/369901/2/images/2/cada+observador+tem+o+seu+cone+de+luz.+Informa%C3%A7%C3%B5es+chegam+ao+observador+com+v+%EF%82%A3+c.+eventos+que+foram+observados..jpg>

Na Teoria da Relatividade Geral (TRG) o espaço quadridimensional pode apresentar-se curvo devido à ação da Gravidade. Um corpo de massa  $M$  que se encontra num espaço curvo poderá mover-se devido à curvatura. De forma análoga, pelas leis de Newton, um corpo de massa  $M$  que sofre a ação de um campo de força poderá entrar em movimento também. Se o

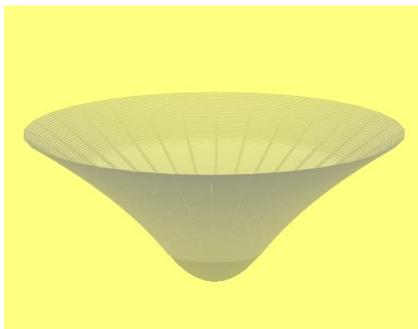
<sup>3</sup> Hermann Minkowski (1864-1909), foi um matemático alemão de ascendência judia-lituana, que criou e desenvolveu a geometria dos números e que usou métodos geométricos para resolver problemas difíceis em teoria dos números, física matemática e teoria da relatividade. ([www.jinfo.org](http://www.jinfo.org))

corpo estiver em um espaço plano ele tenderá a não se mover ou manter seu movimento, de forma análoga à 1ª lei de Newton.

Quando Einstein formulou a TRG, que é uma teoria de campos, ele utilizou a matemática tensorial<sup>4</sup> do matemático alemão Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866). Com essa matemática ele podia explicar os efeitos provocados pela gravidade no espaço-tempo em várias dimensões. As equações da TRG, de Einstein podem ser definidas da seguinte forma (qualitativa):

$$\textit{curvatura do espaço-tempo} = \textit{constante} \times \textit{matéria-energia}.$$

Além da formulação descrita acima, é importante citar que a Teoria da Relatividade Geral (TRG) já foi descrita por vários modelos matemáticos. Como exemplo, podemos citar o modelo proposto pelo astrônomo alemão, Karl Schwarzschild (1873-1916). Nesse modelo ele propõe uma métrica do espaço-tempo em uma região externa a uma superfície esférica e simétrica de massa  $M$ . O modelo de Schwarzschild aplica-se, por exemplo, ao caso da Terra girando em torno do Sol, e pode ser considerado como evolução ao modelo proposto por Newton para a Gravitação Universal.



Fonte: <http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/esptmp/schwarzschild.jpg>

(Representação bidimensional da seção espacial do espaço-tempo de Schwarzschild. Um desafio: tente imaginar o espaço 3D, equivalente ao 2D mostrado aqui, imerso num sistema de coordenadas espaciais 4D)

Através da métrica proposta por Schwarzschild, podemos explicar fenômenos como a deflexão da luz ao passar próxima a corpos de massa  $M$  e a lente gravitacional que é também

<sup>4</sup> Tensores: Um tensor é uma entidade matemática que possui em cada ponto do espaço  $n^m$  componentes, onde  $n$  é o número de dimensões do espaço e  $m$  é a ordem do tensor. Desta forma, podemos dizer que o *escalar* é um tensor de ordem 0 — portanto, tem 1 componente — e o *vetor* é um tensor de ordem 1 — tem  $n$  componentes. Os tensores utilizados na TRG são tensores de ordem  $m = 0, 1$  e  $2$  e o “espaço” é o espaço-tempo de  $n=4$  dimensões (três coordenadas espaciais e uma coordenada temporal).

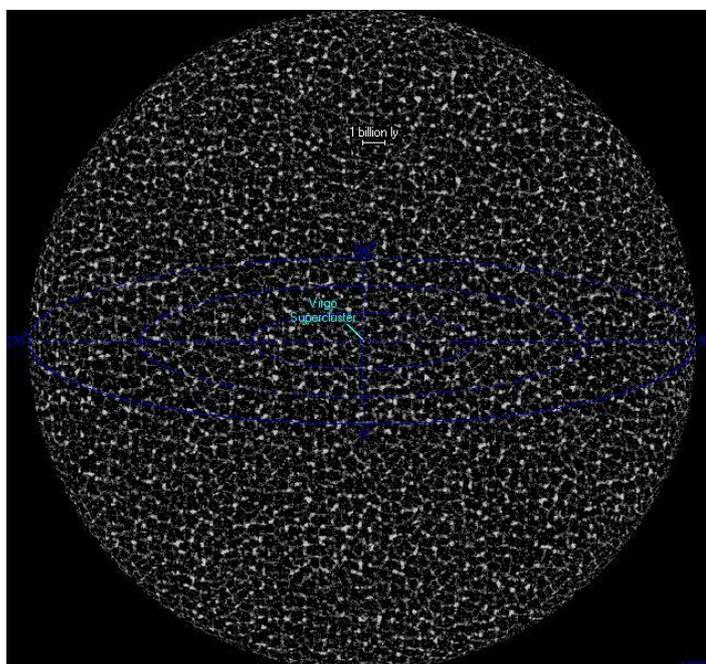
uma consequência da deflexão da luz. O fenômeno da lente gravitacional explica, por exemplo, miragens e amplificação da intensidade luminosa.



Fonte: <http://e-escola.tecnico.ulisboa.pt/mgallery/default.asp?obj=6691>

A métrica de Scharzschild é também responsável pela discussão de fenômenos como a radiação gravitacional e os buracos negros. Mas vale ressaltar que a métrica de Scharzschild é válida para o vácuo e não é utilizada para o modelo Cosmológico Moderno ou completo. Nesse modelo atual (chamado de completo), utilizam-se fontes de matéria e radiação para explicar o modelo de universo. Além disso, é importante citar que esse modelo completo não tem, ainda, comprovação experimental.

Nesse modelo atual de Universo (ou modelo padrão), utilizam os conceitos de matéria escura e energia escura e a concepção de um universo homogêneo e isotrópico.



(Imagem do Universo em grande escala, homogêneo).

Fonte: <http://astronomia.blog.br/wp-content/uploads/2007/02/200710artigofigura5.jpg>

## Modelos Cosmológicos

Em 1917, logo após a publicação da Teoria Geral da Relatividade (1905), Einstein, escreve um artigo “*Considerações cosmológicas relacionadas à teoria da relatividade geral*” onde ele inicia um caminho de modelos cosmológicos baseados na TGR. Nesse modelo ele introduz uma constante  $\Lambda$ , denominada constante cosmológica, às equações completas em que ele concebe um universo estático. Seu modelo foi bem aceito na época e serviu de motivação para modelos posteriores.

Após isso, o físico, meteorologista e cosmólogo russo Aleksandrovich Friedmann (1888-1925), publica um trabalho em 1922 com o título “*Sobre a curvatura do espaço*”. Nesse trabalho, ele resolve as equações de Einstein, com a hipótese de um universo homogêneo e isotrópico<sup>5</sup> e obtém um modelo de curvatura do espaço positiva (espaço esférico) com fases de expansão e contração. Note que no modelo proposto por Friedmann, o universo isotrópico e homogêneo não está em uma escala próxima ao sistema solar ou a nossa galáxia, mas em uma escala bem maior.

Por meio do modelo Cosmológico de Friedmann, algumas perguntas surgiram:

***O universo teve um início?***

***Ele terá um fim?***

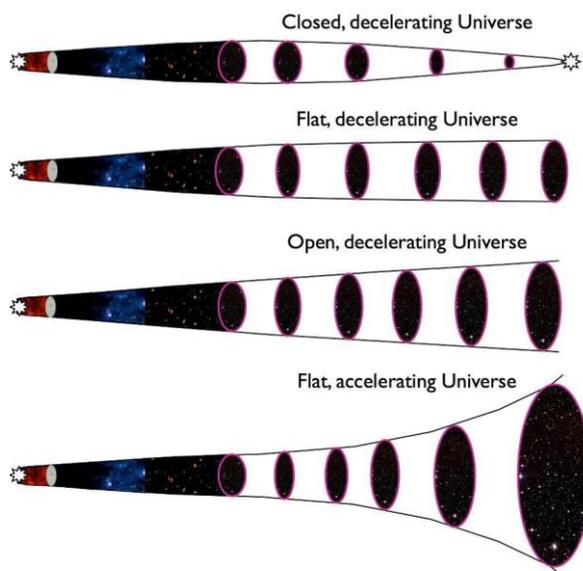
***O universo está expandindo, contraindo ou encontra-se estático?***

A resposta para essas questões, de acordo com o modelo de Friedmann, está na quantidade de matéria que compõe o Universo. Se essa quantidade for muito grande, a gravidade será suficiente para desacelerar o universo e contraí-lo, dessa forma aconteceria um momento em que toda essa matéria iria se juntar (Big Crunch). Porém, se essa quantidade de matéria não for suficiente para gerar a desaceleração, a tendência do universo seria a

---

<sup>5</sup> O modelo de universo homogêneo e isotrópico ficou conhecido como Princípio Cosmológico.

expansão. E, caso a quantidade fosse o valor exato para desacelerar e estabilizar a tendência do universo seria a estabilidade. Nesse modelo Friedmann, concebe o universo dinâmico, com um início. Veja a figura abaixo:

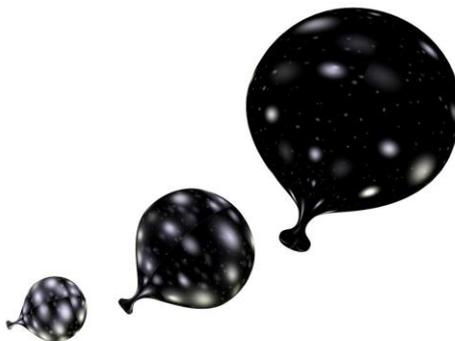


Fonte:

[https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743\\_338190049936068\\_1973038151\\_n.png](https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743_338190049936068_1973038151_n.png)

A descoberta de Edwin Hubble, em 1929, trouxe novas informações a respeito do modelo de universo. Ele descobriu, por meio de observações astronômicas, que galáxias estavam se afastando da via láctea e que quanto mais distantes elas estavam, mais rápido elas se afastavam de nós. Essa descoberta foi importante para reforçar a ideia de um universo em expansão e desabilitar o modelo de universo estático.

Se o universo está em expansão, então, em um passado bem remoto toda a matéria estava bem próxima, e em um passado mais remoto ainda toda ela estava concentrada em um ponto no espaço. O modelo do Big Bang, aceito atualmente, usa essa ideia, de que no início do universo toda a matéria estava concentrada em uma unidade primordial e que após uma grande explosão começou a expansão.



Fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/viag/images/imagem37.jpg>

(Modelo de universo em expansão. Imaginemos uma que o universo seja uma bexiga e que todas as galáxias e matéria estão na superfície dessa bexiga. À medida que o universo se expande o espaço entre as galáxias aumenta.)

Outra descoberta importante que pode ajudar a explicar a evolução do universo foi feita pelo físico suíço, Fritz Zwicky, em 1933. Ao observar a rotação de galáxias pertencentes ao aglomerado de Coma, ele percebeu que a rotação não correspondia com a massa das estrelas que compunham a galáxia. Sabendo da distância que elas se encontravam e suas massas a velocidade deveria ser menor. Para explicar a velocidade de rotação que era maior que a observada ele supôs que deveria haver uma matéria extra que não poderia ser vista (não emitia radiação em nenhum espectro conhecido). Essa matéria extra foi batizada de **Matéria Escura**.

Pela Teoria da Relatividade Geral, já sabemos que grandes corpos podem provocar deformações no tecido espacial. Quando a luz de estrelas passa próxima a grandes concentrações de massa (como a matéria escura, por exemplo), a luz sofre desvios. Esses desvios já foram detectados por meio de observações astronômicas, porém, a matéria escura ainda não foi detectada. Esse fenômeno de desviar a luz ao passar por grandes concentrações de massa forneceu um forte indício da existência de tal matéria e recebeu o nome de **lente gravitacional**.

## A teoria do Big Bang

A teoria de uma célula primordial foi proposta em 1930, por um padre belga, Georges Lemaître, professor da Universidade Católica de Louvain. Nesse modelo ele propõe, que em um tempo inicial a célula primordial concentrava toda a matéria e energia do universo e, a partir daí iniciou-se o tempo com a grande explosão. Após essa explosão a matéria encontrava-se,

após um processo de decaimento, em altíssimas temperaturas e densidade, e era composta de prótons, elétrons e nêutrons imersos em radiação. Após esse estágio inicial do universo, foram se formando, com o resfriamento, os primeiros elementos (Hidrogênio e Hélio). Os elementos mais pesados, como o carbono, por exemplo, foram formados posteriormente, nas primeiras estrelas.

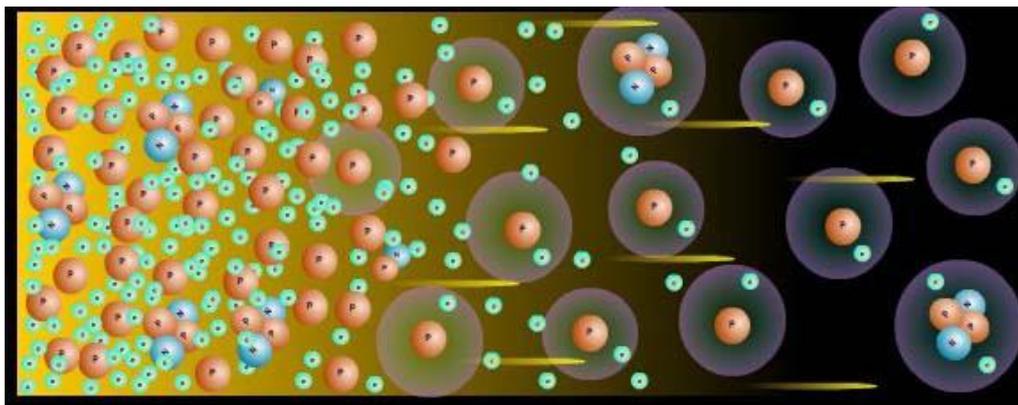
Após a descoberta da radiação cósmica de fundo, pelos físicos Arno Penzias e Robert Wilson, o modelo do Big Bang ganhou força, considerando que a radiação de fundo é uma radiação do início do universo. Essa radiação do universo primordial foi prevista pelo físico ucraniano, George Gamow. Gamow retomou o trabalho de Lemaître, do Big Bang, e fez estudos sobre a “sopa primordial” que era composta por matéria e radiação.

Com a descoberta da radiação cósmica de fundo, que pode ser detectada em qualquer ponto do universo e possui comportamento de radiação de corpo negro de 2,7 K, o modelo do Big Bang passou a ser mais aceito do que o modelo de universo estacionário.

Nesse período inicial, que durou, por volta de 370000 anos, a matéria encontrava-se “misturada” com a radiação em altíssimas temperaturas e densidade. Com o resfriamento começou a ocorrer a chamada **Era de Recombinação** e a separação entre matéria e radiação, pois os fótons já não tinham mais energia suficiente para manter os elementos separados. Na Recombinação a matéria começou a se juntar e formar os primeiros elementos (Hidrogênio e depois o Hélio).

Com a Recombinação (ver figura abaixo), a radiação passou a ser emitida para todo o cosmos. A radiação cósmica de fundo é uma constatação dessa radiação primordial que começou a vagar após a recombinação.

O universo atual possui, aproximadamente, 14 bilhões de anos e essas medidas de radiação dão informações sobre sua formação.



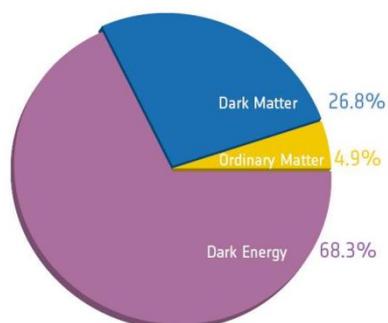
Fonte: [https://i0.wp.com/www.universeadventure.org/big\\_bang/images/cmb-decoupling.jpg](https://i0.wp.com/www.universeadventure.org/big_bang/images/cmb-decoupling.jpg)

Estudos recentes a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo revelam um universo plano, porém, para se explicar a teoria do universo plano, e conseqüentemente, voltar com a constante cosmológica proposta por Einstein, o universo teria duas possibilidades de evolução. Se a constante cosmológica fosse considerada negativa ele iria se contrair e em caso da constante ser positiva, o universo iria se expandir aceleradamente, entretanto, com as medidas cada vez mais precisas a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo, foi necessária outra explicação para o universo plano.

Uma teoria que surgiu para explicar o universo plano foi a da **Inflação Cósmica**. Nessa teoria, em um instante  $10^{-38}$  s após o surgimento do universo, houve uma grande expansão do universo em  $10^{26}$  no seu tamanho. Essa expansão exponencial aconteceu, de acordo com a teoria, devido à separação entre as forças fundamentais da natureza, a força forte e a força eletrofraca. Nessa separação houve grande liberação de energia e, com isso, a inflação cósmica. Com a teoria da inflação cósmica, pode se explicar a planura do universo e a interação entre a radiação emitida após o período de recombinação, pois os modelos que se tinham antes não conseguiam explicar homogeneidade da temperatura medida do universo (radiação cósmica de fundo). Contudo, essas oscilações de temperatura oriundas das oscilações no plasma primordial geraram perturbações no tecido do espaço tempo originando **ondas gravitacionais**. Essas ondas gravitacionais que podem ser geradas de outras formas vêm sendo procuradas com o intuito de se comprovar a teoria da inflação cósmica e, também com o objetivo de explicar a origem e evolução do cosmos.

O Modelo Cosmológico Padrão ( $\Lambda$ CDM,  $\Lambda$  constante cosmológica de Einstein, CDM – matéria escura fria), utiliza a Teoria Geral da Gravidade como base para suas formulações e, também, utiliza a constante cosmológica proposta por Einstein ( $\Lambda$ ), para explicar a expansão acelerada do universo e também a matéria escura (que ainda não foi detectada) e a, recentemente introduzida na teoria, Energia Escura, usada para explicar, também a expansão acelerada do universo. A Energia Escura, ainda não foi detectada e existem muitos trabalhos na busca de se tentar detectar esses elementos que, segundo os cientistas, compõem a maior parte do universo. A matéria bariônica (formada por átomos), segundo os modelos atuais, é responsável por apenas 4,9% do universo que conhecemos, sendo 68,3% do universo composto por Energia Escura e 26,8% composto de Matéria Escura. Com o advento da Mecânica Quântica, a teoria da Energia Escura ganhou força e um enorme esforço vem sendo feito no intuito de tentar detectá-la.

### *Composição do Universo*



Fonte: <http://astropt.org/blog/wp-content/uploads/2013/10/planck.png>

## BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Educação. Ensino a Distância. **Cosmologia: da origem ao fim do universo**. Módulo 01. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Observatório Nacional, 2015.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2001.

RESNICK, Robert. **Introdução à Relatividade Especial**. Tradução Shigeo Watanabe. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1971.

SANTOS, Larissa. **O Universo Escuro: de Ptolomeu a ondas gravitacionais**. Brasília: Kiron, 2016.

SCHUTZ, Bernard. **A First Course in General Relativity**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

SOARES, Domingos. Espaço e espaço-tempo nas teorias relativas. **Texto & Notícias**, UFMG, 2013. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/esptmp/esptmp.htm>>. Acesso em 17 nov. 2017.

SOARES, Domingos. Os primeiros passos na cosmologia relativista. **Texto & Notícias**, UFMG, 2012. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/cosmrel/ppcosmrel.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

Site:

[https://midia.atp.usp.br/ensino\\_novo/relatividade/ebooks/escalares\\_vetores\\_tensores\\_lorentz.pdf](https://midia.atp.usp.br/ensino_novo/relatividade/ebooks/escalares_vetores_tensores_lorentz.pdf) (visitado em 15/11/2017).

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIOS DE OPINIÃO 1 E 2

### QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO 1

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:

Pergunta	1 - Sim	2	3	4	5 - Muito pouco
1 – Na sua opinião a utilização de Tópicos de Cosmologia como instrumento motivador de ensino ajudou você a ampliar seus conhecimentos sobre Gravitação e Relatividade?	<input type="checkbox"/>				
2 – Sobre os conteúdos abordados, você os considera relevantes para o dia a dia?	<input type="checkbox"/>				
3 – Sobre o texto a respeito de Cosmologia, ele estava em uma linguagem acessível para o estudante do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>				
4 – Em relação ao material pedagógico adotado pela escola, o uso de textos, artigos e vídeos podem ajudar na aprendizagem como material de apoio?	<input type="checkbox"/>				
5 – Na sua opinião, o ensino de tópicos de Cosmologia pode ser utilizado como material pedagógico por outros professores ou escolas no Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>				
6 - Comparando a uma aula tradicional, a sequência didática utilizada (Pré – Teste, Leitura do texto, Aula Expositiva com vídeos, imagens, aplicativos e Pós – Teste) facilitou a aprendizagem do tema?	<input type="checkbox"/>				

## QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO 2

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:

<b>Pergunta</b>	<b>1 - Sim</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5 - Muito pouco</b>
1 – Na sua opinião, o texto produzido a respeito de Cosmologia ficou muito grande?	<input type="checkbox"/>				
2 – Na sua opinião, a linguagem utilizada foi adequada para estudantes do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>				
3 – Na sua opinião, a utilização de material de apoio (como o texto, por exemplo), pode auxiliar nas aulas?	<input type="checkbox"/>				
4 – Na sua opinião, o envio de material de suporte para as aulas através de app's foi proveitoso para melhor aproveitamento das aulas?	<input type="checkbox"/>				

**APÊNDICE E - TCLE****TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

\_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de depoimentos e atividades produzidos durante as aulas, **AUTORIZO** o uso de produção intelectual, como também, todo e qualquer material entre testes e outros documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Marcos de Oliveira Mendonça** e **Profª Drª Vanessa Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado “**Abordagem de temas de Cosmologia para o Ensino Médio**” da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as atividades que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas atividades, produção intelectual e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto Nº 3.298/1999, alterado pelo Decreto Nº 5.296/2004).

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto

\_\_\_\_\_  
Sujeito da Pesquisa

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu \_\_\_\_\_, menor de idade, neste ato devidamente representado por meu/minha (responsável legal), \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_,

RG: \_\_\_\_\_, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de depoimentos e atividades produzidos durante as aulas. Autorizo o uso de produção intelectual, como também, todo e qualquer material entre testes e outros documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Marcos de Oliveira Mendonça** e **Profª Drª Vanessa Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado “**Abordagem de temas de Cosmologia para o Ensino Médio**” da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as atividades que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, autorizo a utilização destas atividades, produção intelectual e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos e afins), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

\_\_\_\_\_  
Responsável Legal.

\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto.

\_\_\_\_\_  
Orientador(a).

## APÊNDICE F – DIÁLOGOS ENTRE PROFESSOR E ESTUDANTES NO GRUPO “TERCEIRÃO” PELO APLICATIVO WHATSAPP:

Imagem 1 – Envio do Termo de Autorização de uso de Imagem

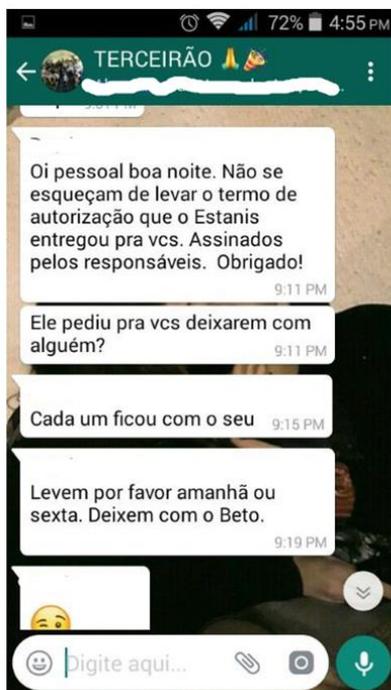
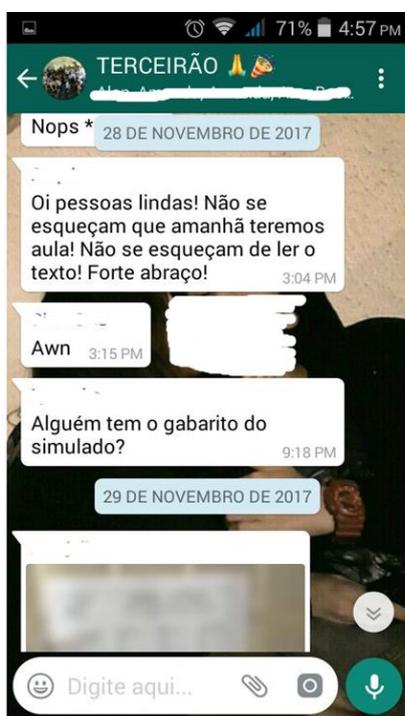
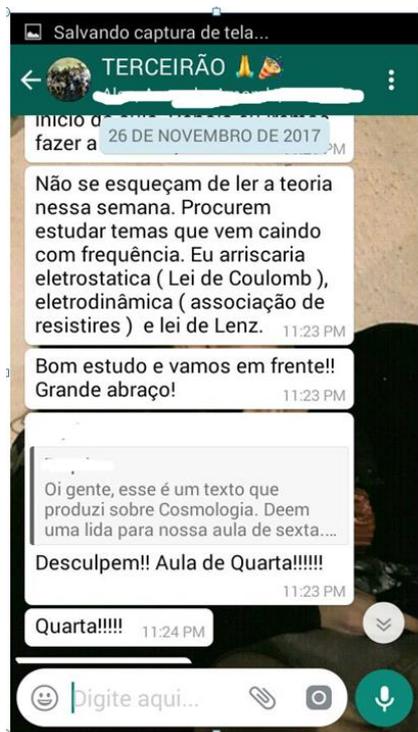


Imagem 2 – Leitura do texto para debate em sala



**Imagem 3 – Lembrete para leitura do texto autoral sobre Cosmologia a ser explorado durante a aula e dicas para o PAS-3**



**Imagem 4 – Vídeos sobre Cosmologia e lista de exercícios relacionada ao ENEM**



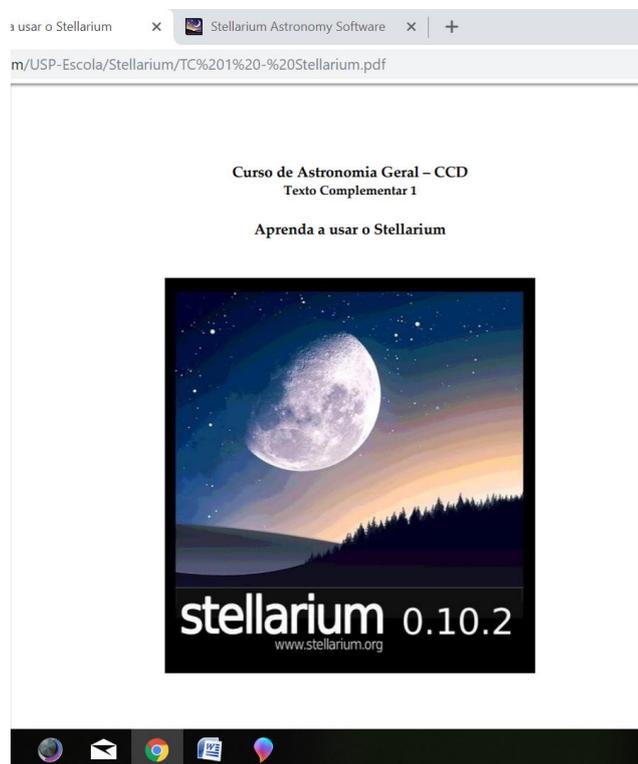
**Imagem 5 – Artigo sobre Cosmologia, Vídeo da Série Cosmos e lista do ENEM para serem trabalhados em sala.**



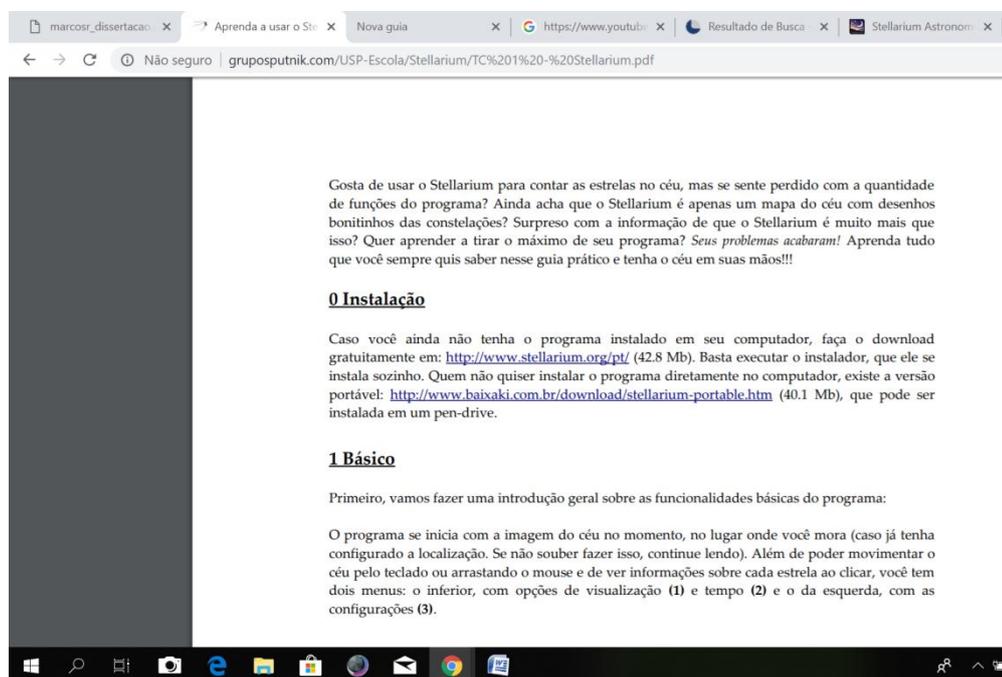
## ANEXO A – TUTORIAL DO SOFTWARE STELLARIUM

### TUTORIAL PARA USO E INSTALAÇÃO DO SOFTWARE STELLARIUM

**Figura 1 – Apresentação do material**



**Figura 2 – Orientações sobre Instalação e Manuseio.**



**Figura 3 – Explorando o menu inferior 01**

prenda a usar o Stellarium x +

itnik.com/USP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf

3 / 13



Se essa é sua primeira vez no Stellarium, essa é uma boa hora para você explorar o menu inferior (1) e descobrir os principais atalhos para alterar o que é mostrado na tela.

Vejamos em detalhes o menu de configurações (3):

**1.1 Janela de Localização [F6]**

Windows taskbar icons: File Explorer, Edge, Mail, Chrome, Word.

**Figura 4 – Escolhendo a localização e data desejadas**

o Stellarium x +

...P-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf

4 / 13

Localização

Informação sobre a posição actual

Latitude: S 23° 18' 0.00" Nome/Cidade: Jacarei

Longitude: W 45° 57' 36.00" País: Brazil

Altitude: 577 m Planeta: Earth

Utilizar como padrão

Eliminar Adicionar à lista

Aqui você escolhe o céu de que lugar será mostrado. Você pode escolher a cidade, escrever a latitude e longitude, ou ainda escolher diretamente no mapa. Pode ainda escolher outros planetas!

**1.2 Janela de Data e Tempo [F5]**

Data e Hora

2010 / 10 / 16 21 : 55 : 27

Adivinhe! Aqui você pode alterar a data e o horário da simulação. (essa janela é útil para quando você quer fazer simulações e ver imagens do céu em sucessivos dias, meses ou anos, mas numa mesma hora.)

**1.3 Céu e Opções de Janela [F4]**

Esse é o menu com mais opções, ele é dividido em 4 abas:

**1.3.1 Céu:**

Figura 5 – Escolhendo os astros que você deseja visualizar

im × +

a/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf

Ver

Céu Marcadores Paisagem Mitologia

**Estrelas**

Escala absoluta: 1,0

Escala relativa: 1,00

Criação: 0,2

Adaptação dinâmica do olho

**Planetas e satélites**

Mostrar planetas

Mostrar marcadores dos planetas

Mostrar órbitas dos planetas

Simular velocidade-luz

Ver a luz à escala

**Atmosfera**

Ver atmosfera

Poluição visual: 3

**Etiquetas e marcadores**

Estrelas

Nebulosas

Planetas

**Estrelas cadentes**

Frequência horária no zênite: 0 10 60 1000 144000

Frequência normal

Em estrelas você pode alterar as escalas. Escala absoluta controla o número de estrelas a ser exibido na tela, você está alterando a magnitude máxima necessária para uma estrela aparecer. Escala relativa altera a relação entre o brilho das estrelas que já aparecem na tela: se reduzir o valor, verá uma infinidade de estrelas igualmente brilhantes e será impossível distinguir as mais brilhantes das mais fracas, se aumentar o valor, destacará muito as estrelas mais brilhantes.

Em planetas e satélites você pode decidir se quer mostrá-los ou não. Note a possibilidade de mostrar as órbitas dos planetas, usaremos esse recurso mais tarde.

Em atmosfera podemos descobrir como seria ver o céu sem a atmosfera nos atrapalhando, e sem perder o fôlego por causa disso! Também podemos controlar a poluição visual, e assim simular um céu mais "real" como vemos em nossas cidades...

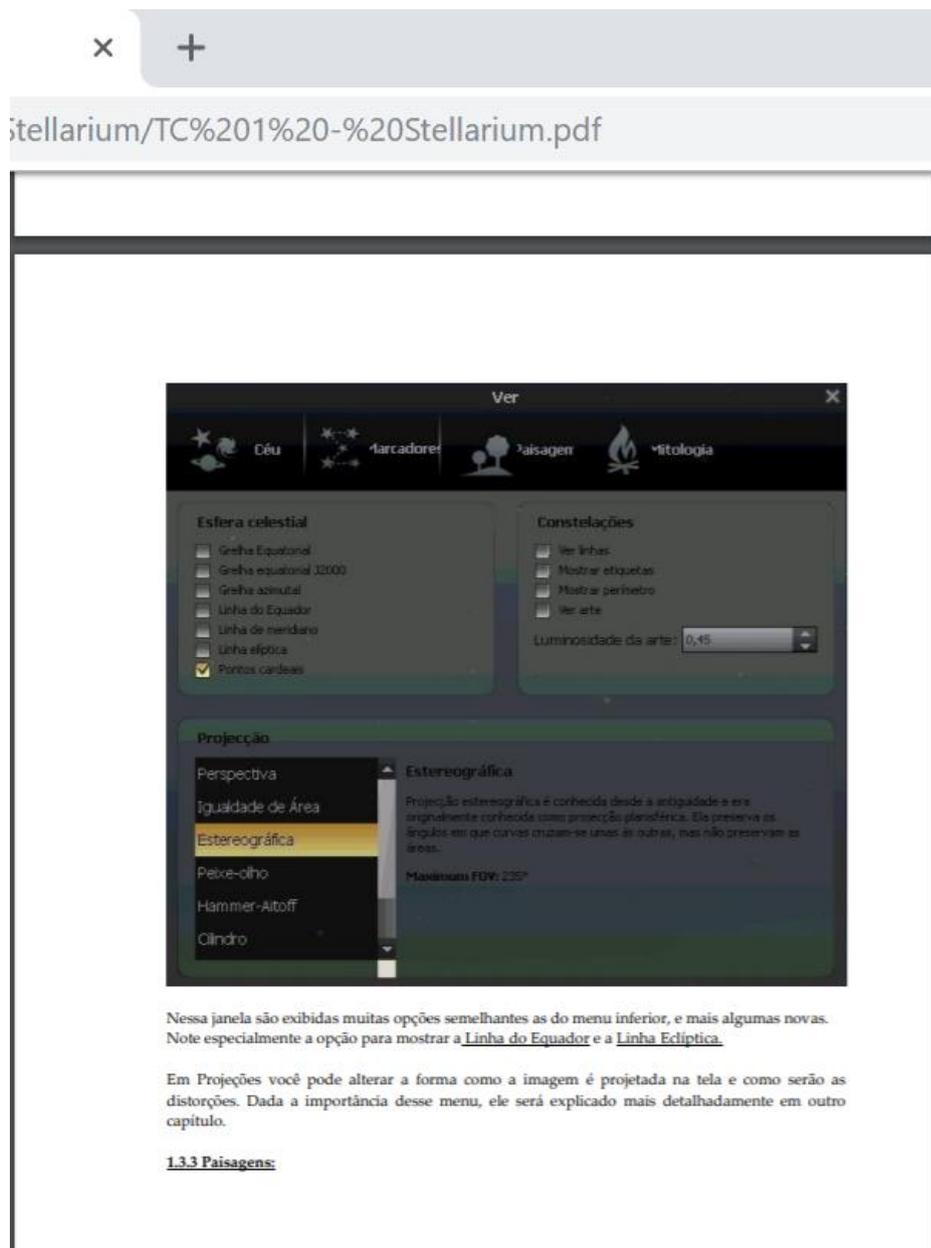
Em Etiquetas e marcadores pode regular quantas estrelas, nebulosas e planetas são mostrados.

Finalmente, em estrelas cadentes, pode simular uma chuva de meteoros!

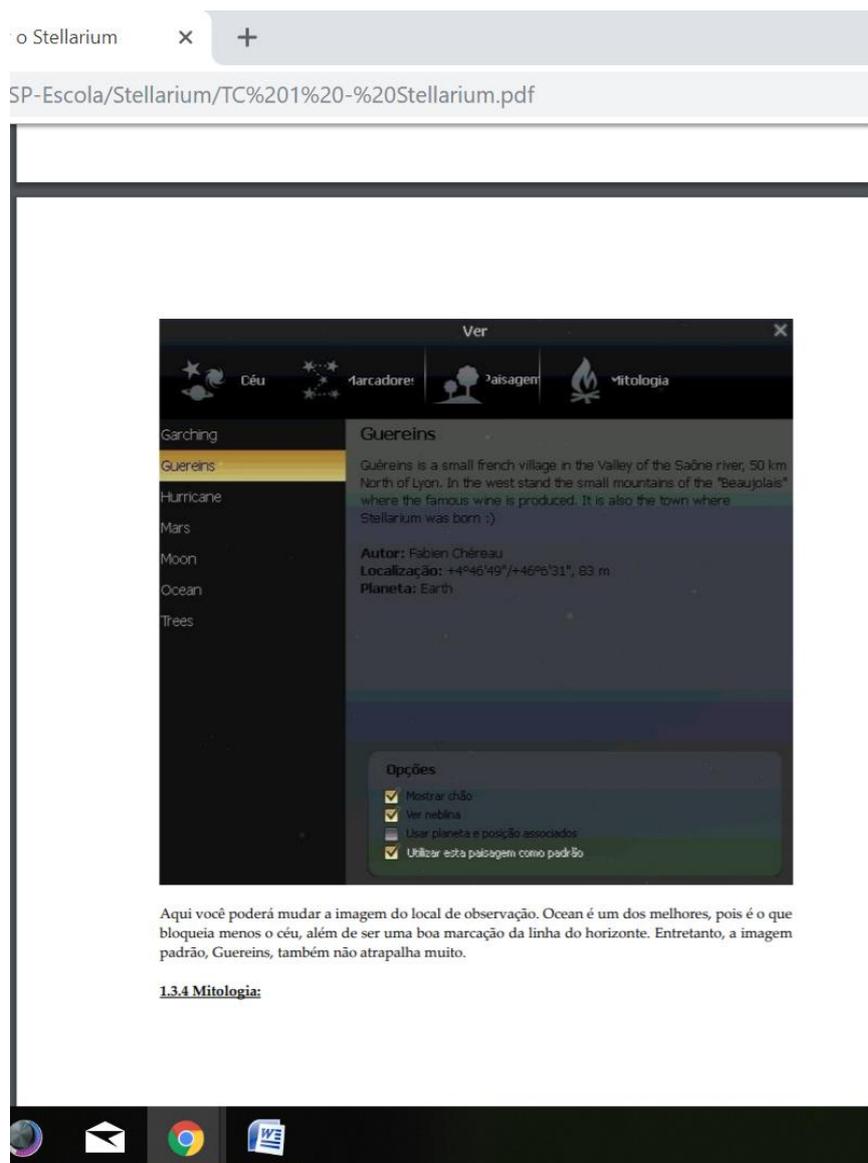
**1.3.2 Marcadores:**

Windows taskbar icons: Start, Chrome, Word

**Figura 6 – Escolhendo o formato das imagens por projeções e explorando melhor os menus**



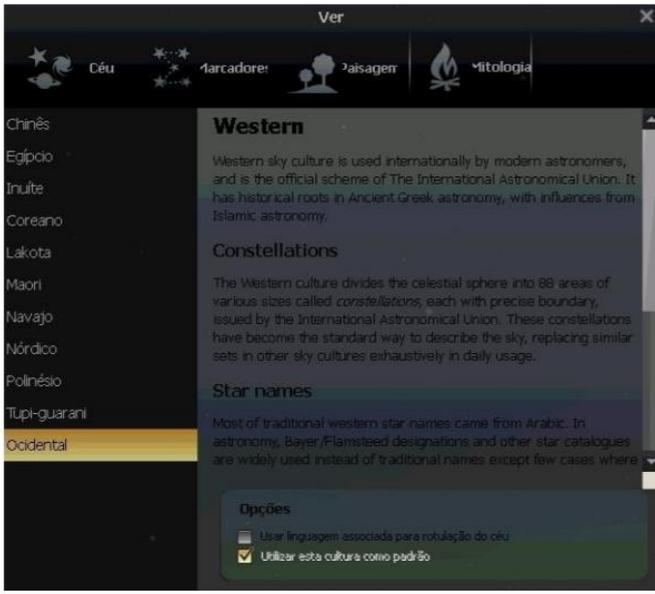
**Figura 7 – Alterando a imagem do local de observação**



**Figura 8 – Alterando as constelações do céu e buscando astros pelo nome através da busca**

o Stellarium x +

SP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf



**Ver**

Céu Marcadore Paisagem Mitologia

Chinês  
Egípcio  
Inuíte  
Coreano  
Lakota  
Maori  
Navajo  
Nórdico  
Polinésio  
Tupi-guarani  
**Ocidental**

**Western**

Western sky culture is used internationally by modern astronomers, and is the official scheme of The International Astronomical Union. It has historical roots in Ancient Greek astronomy, with influences from Islamic astronomy.

**Constellations**

The Western culture divides the celestial sphere into 88 areas of various sizes called *constellations*, each with precise boundary, issued by the International Astronomical Union. These constellations have become the standard way to describe the sky, replacing similar sets in other sky cultures exhaustively in daily usage.

**Star names**

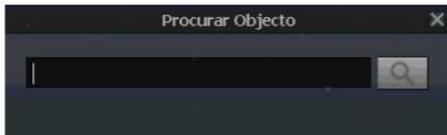
Most of traditional western star names came from Arabic. In astronomy, Bayer/Flamsteed designations and other star catalogues are widely used instead of traditional names except few cases where

**Opções**

Usar linguagem associada para rotulação do céu  
 Utilizar esta cultura como padrão

Cansado de ver as constelações da civilização judaico-cristã-ocidental? Nesse menu você pode alterar as constelações do céu, e descobrir como várias culturas viram e nomearam as estrelas do céu!

**1.4 Janela de procura [F3]**



Procurar Objecto

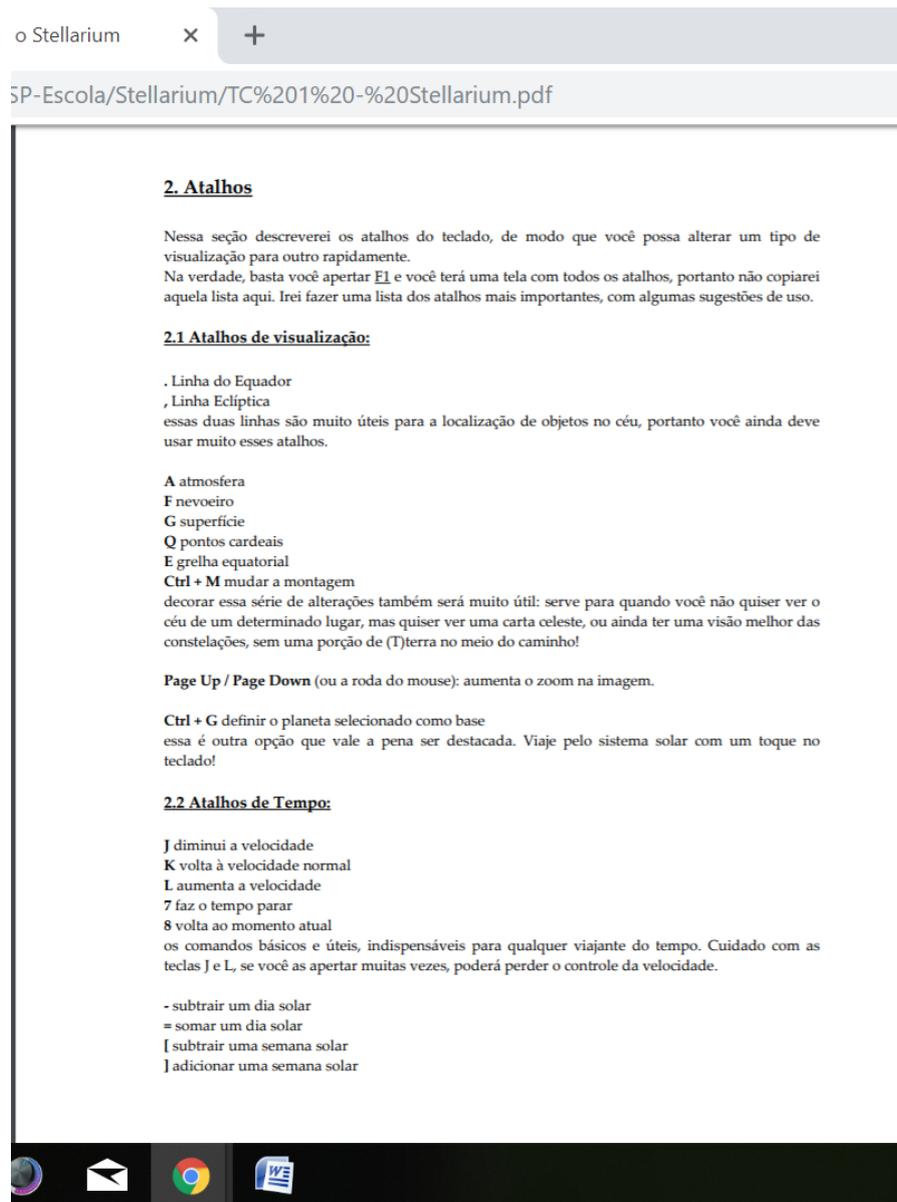
Simplymente encontra algum planeta ou estrela, através do nome.

**1.5 Configurações [F2]**

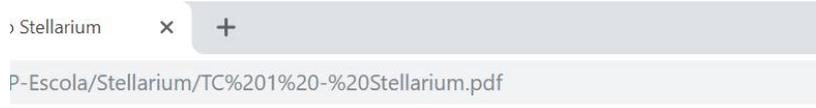


**Figura 9 – Alterando idioma e fazendo atualizações no software**

**Figura 10 – Utilizando atalhos**



## Figura 11 – Visualizando o céu através de projeções



compare o céu em vários dias seguidos numa mesma hora (solar). Aperte os mesmos botões juntos com **Alt + e** e você avançará por dias/semanas siderais.

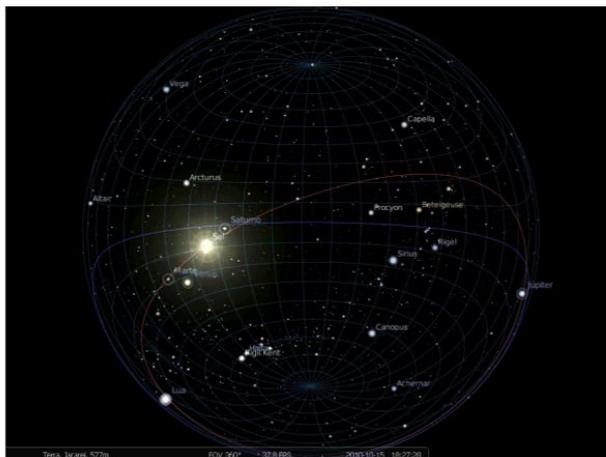
### 3. Projeções

As projeções são um dos melhores (e mais negligenciados) recursos do Stellarium. Com as projeções mais a janela de localização você pode resolver todos os seus problemas de astronomia de posição.

#### 3.1 Perspectiva

É a mais parecida com o que a gente vê com nossos olhos, boa para ângulos de tela não muito grandes, é a projeção que é usada na maioria das vezes.

#### 3.1 Igualdade de Área



Quando você usa essa projeção e diminui o zoom, você terá a impressão de ver a esfera celeste como um globo, visto por dentro.

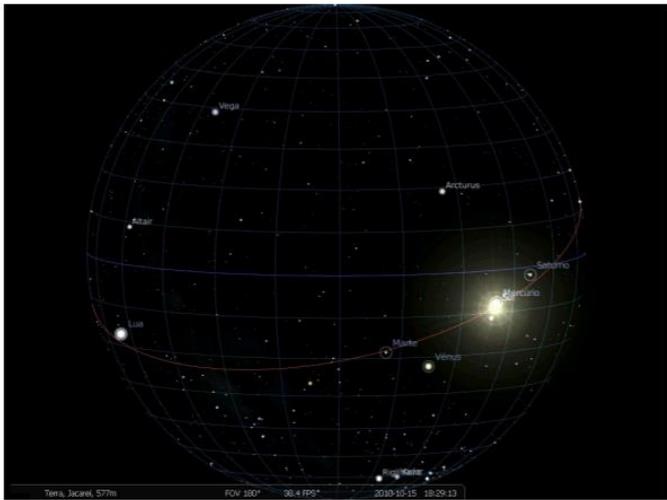
#### 3.2 Ortográfica



**Figura 12 -Visualizando o céu através de outras projeções**

o Stellarium × +

3P-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf



Terra, Jacaré, 577m  
FOV: 100° 90.4 FPS  
2010-10-15 18:29:13

O efeito é semelhante à igualdade de área, mas aqui você terá a impressão de ver o globo por fora. Essas duas projeções são ótimas para resolver problemas com a esfera celeste que exigem visualizações complicadas, envolvendo círculos máximos.

**3.3 Estereográfica**

g Settings

**Figura 13 – Várias opções de recursos para visualização do céu**

o Stellarium x +

SP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf



Preserva os ângulos. Interessante notar como os círculos máximos se transformam em circunferências: diminua o zoom e centralize a tela em algum pólo, exiba o equador e a eclíptica: você verá duas circunferências não-concêntricas. Aqui também fica bem claro o quanto ela distorce áreas: compare a região que fica dentro da eclíptica e fora do equador, com a região que fora da eclíptica e dentro do equador: ambas têm a mesma área! Coloque a grade equatorial e isso ficará mais claro. Agora centralize o outro pólo na tela: a imagem se inverte!

**3.4 Peixe Olho**  
Parecida com a perspectiva, mas ela funciona melhor com ângulos de visão grandes.

**3.5 Hammer-Aitoff**  
É uma projeção que com certeza você já viu em algum mapa-múndi. Serve para quando você quer ver todos os 360° do céu ao mesmo tempo.

**3.6 Cilindro e Mercator**  
Outras duas projeções muito usadas em mapas-múndi.

Material disponível no endereço eletrônico: <http://gruposputnik.com/USP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf>