



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA E O
ENSINO DE MATEMÁTICA

JORGE HENRIQUE LOPES DE OLIVEIRA

NOÇÕES DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO:
O PARADIGMA CRIACIONISTA DO BIG BANG E A INIBIÇÃO DE
TEORIAS RIVAIS

Maringá
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JORGE HENRIQUE LOPES DE OLIVEIRA

**NOÇÕES DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO:
O PARADIGMA CRIACIONISTA DO BIG BANG E A INIBIÇÃO DE
TEORIAS RIVAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

Maringá
2006

JORGE HENRIQUE LOPES DE OLIVEIRA

**NOÇÕES DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO:
O PARADIGMA CRIACIONISTA DO BIG BANG E A INIBIÇÃO DE
TEORIAS RIVAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof. Dr. André Koch Torres de Assis
Universidade de Campinas - UNICAMP

Prof. Dr. Ourides Santin Filho
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 19 de dezembro de 2006.

DEDICATÓRIA

À Leila, Jonas Henrique e Ana Clara,
pelas horas que passei olhando as estrelas
e à César Lattes e Halton Arp,
que me ensinaram a olhá-las.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves, pela precisa e atenciosa orientação.

Aos colegas do Programa de Mestrado, em especial à Mônica Bordin e Silvia Resquetti.

Aos professores Ourides Santin e André Assis, presenças indispensáveis para a realização deste trabalho.

À Vânia, da secretaria, pela dedicação aos alunos.

*Portanto a luz, que é a primeira forma criada na matéria prima, multiplicando-se infinitamente a si mesma por si mesma de todos os lados e estendendo-se igualmente por toda parte, no princípio do tempo, estendia a matéria, da qual não podia se desligar, distendendo-a consigo à grandeza equivalente à máquina do mundo. (Grosseteste, Robert, **De Luce** – seu **Inchoatione formarum**).*

RESUMO

A cosmologia permeia toda a física, mas não é explicitada ao aluno e, muitas vezes, é ignorada no discurso do professor, pois não é clara nos manuais de ensino tanto em nível médio quanto superior. A cosmologia, como disciplina unificadora, mostra-se como cenário ideal para a discussão do micro ao macro cosmos, do início (se houver um) ou ao fim de todo o mundo físico. Portanto, saber qual o espaço dedicado a ela nos manuais de física e qual a proposta de discussão (se paradigmático ou dialético) na comparação de teorias que buscam traçar as noções sobre o Cosmos, é o objetivo de parte desta pesquisa. O que pretendemos reafirmar nessa dissertação é que o conhecimento físico é, ou foi, produzido pelos *sujeitos sociais* que vivem, ou que viveram, num determinado contexto histórico, então, ele faz parte da cultura social humana e, portanto, é um direito dos estudantes conhecê-lo e participar de sua construção. Este estudo será apresentado em duas unidades. Na primeira, iremos nos ater às *metáforas e analogias* sobre Cosmologia presentes nos *discursos* de 63 alunos de Ensino Médio e pré-vestibular, bem como nos discursos de quatro professores de física, buscando saber como estes conteúdos aparecem em sala de aula e se estão ou não associados ao ensino de Física Moderna e Contemporânea. Avaliaremos ainda as *noções de Cosmologia* presentes nos livros didáticos e paradidáticos utilizados para o Ensino Médio de Física, buscando identificar os tópicos contemplados e sua abordagem; e, como último capítulo da unidade, revisitamos as noções *metafóricas e analogias* sobre os cosmos, o conceito de “criação”, construindo um quadro comparativo entre as narrações mitológicas antigas e as descrições científicas contemporâneas discutidas por sacerdotes, filósofos e cientistas, acentuando o caráter majoritariamente discriminador da ciência quando paradigmática e instituída pela Academia.

PALAVRAS-CHAVE: Cosmos, Física, discriminação.

ABSTRACT

Cosmology grounds physics as a whole, but it is not explicitly shown to the student, and many times, it is ignored on the teacher's discourse, since it is not clear on learning materials, neither in High school nor in college. Cosmology, as a unifying discipline, shows itself as an ideal scenario to micro and macro cosmos discussion, from beginning (if there is such a thing) or to the end of the entire physical world. Thus, learning which is the space dedicated to it on physics manuals and what is the discussion proposal (paradigmatic or dialectic) on the theories comparison that seek to trace notions about the Cosmos, is the aim of part of this research. What we intend to reaffirm on this dissertation is that the knowledge on the physical world is or was produced by *social subjects* who live or lived at a certain historic context, therefore, being part of the human social culture, and this way, it is a right of the students to get acquainted to it and participate on its construction. This study will be presented in two unities. On the first, we will focus on *metaphors and analogies* about Cosmology present on the discourse of 63 High school and preparatory-college students, as well as on the discourse of physics teachers, searching to understand how these contents appear at the classroom and if they are or not associated to the teaching of Modern and Contemporary Physics. Moreover, we will evaluate Cosmology notions present on didactic books and paradidactic used on the teaching of physics in High school, looking into identifying topics contemplated in its approach; and, as a last unit's chapter, we will review *metaphoric and analogical* notions about the Cosmos, creation's concept, building a comparative chart between old-aged mythological narrations and contemporary scientific descriptions by the clergy, philosophers and scientists, emphasizing the segregating character of science as its peers do not follow the main-stream discourse stated by the so-called "normal science", paradigmatic, postulated by the Academy.

KEY-WORDS: Cosmos, Physics, segregation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
UNIDADE I	28
Noções de Cosmologia no Ensino Médio	28
I – Categorização de analogias e metáforas.....	29
I.I – A aprendizagem de conteúdos conceituais.....	30
I.II – Categorias.....	32
I.III – Metodologia.....	37
II – Noções de cosmologia nos discursos de alunos e professores.....	43
II.I – A amostra.....	44
II.II – A análise.....	46
II.III – Perguntas objetivas.....	87
II.IV – Análise.....	96
II.V – Noções de cosmologia no discurso dos professores.....	101
II.VI – Uso de metáforas e analogias na transposição didática.....	102
III – O conteúdo de cosmologia nos livros didáticos.....	106
III.I – A descrição dos livros.....	107
III.II – Análise.....	113
IV – Metáforas de Universo: as diferentes imagens do Cosmo.....	116
IV.I – As raízes poéticas do universo.....	118
IV.II – Os mitos e alegorias da criação do cosmos.....	119
IV.III – A filosofia e a ciência na descrição do cosmos.....	123
IV.IV – As novas metáforas do Universo.....	127
IV.V – Os séculos XIX e XX.....	128
IV.VI – O universo hoje.....	131

V – A análise das metáforas: as representações metafóricas.....	135
V.I – Quadros comparativos: mito e ciência	136
Conclusão da Unidade I.....	140
UNIDADE II	142
O paradigma criacionista do Big Bang e a inibição de teorias rivais	142
I – Grosseteste: O Big Bang no século XIII	144
I.I – A edição de Grosseteste na Alemanha em 1912.....	145
I.II – A divisão do <i>De Luce</i>	149
I.III – As ligações do <i>De Luce</i> com a <i>Física</i> de Aristóteles	152
II – O paradigma criacionista do Big Bang	156
II.I – O universo de Einstein.....	157
II.II – Einstein leitor de Grosseteste	159
II.III – Quadro comparativo entre os sistemas de mundo de Grosseteste e Einstein	161
I – A curvatura do espaço-tempo.....	166
I – Os modelos de expansão	170
III – Teoria de Universo Estacionário	179
III.I – A questão do redshift.....	180
III.II – A discriminação na ciência	183
Conclusão da Unidade II	188
PALAVRAS FINAIS	190
REFERÊNCIAS	192
ANEXOS	200
Anexo I	201

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esfera de Robert Grosseteste em uma de suas obras, publicada em 1912, na Alemanha, por Baur L., comentando um eclipse [164](#)

Figura 2 – Sistema de curvas de Gauss citadas por Albert Einstein em sua TRG, em 1916 . [164](#)

Figuras 3, 4, 5 6 – Teoria da criação de Grosseteste pela ação da luz e com Deus movimentando a última esfera celeste para dar movimento ao cosmos e o Universo de hoje sob o paradigma do *Big Bang*: galáxias em expansão rumo ao nada. [165](#)

Figura 7 – Cidade de Sobral, onde foi feita uma das observações do eclipse de 1919 [168](#)

Figura 8 e 9 – Equipe de astrônomos que fizeram as observações no Brasil e foto de Sobral e a explicação (modelo) do que aconteceu com a luz [168](#)

II.IV

Figura 1 – Esquema da parte do universo que podemos observar. Cada círculo representa uma camada esférica, com a distância indicada em anos luz..... [175](#)

Figura 2 – Triângulo “retilíneo” nas três geometrias de curvatura constante..... [175](#)

Figura 3 – Expansão e contração no modelo de Friedmann esférico: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$. Em B, C, D os pequenos pontos representam galáxias [175](#)

Figura 4 – Expansão no modelo de Friedmann hiperbólico: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D...$ [175](#)

Figura 5 – Expansão no modelo de Einstein-de Sitter: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D...$ [176](#)

Figura 6 – Fator de escala nos modelos de Einstein-de Sitter (a curva do meio), de Friedmann (embaixo) e Friedmann hiperbólica (no topo)..... [176](#)

Figura 8 – Expansão em modelos de Friedmann-Lemaitre com constante cosmológica positiva, e, no caso esférico, maior que no modelo estático de Einstein. De baixo para cima, espaços esférico, euclidiano e hiperbólico.....	176
Figura 9 – Densidades de matéria (curva) e energia escura (reta), em unidades da densidade crítica atual.	176
Figura 10 – Fator de escala nos modelos de EdS (linha fina) e FL, euclidiano (linha grossa), este com densidades atuais de 30% de matéria e 70% de energia escura.....	176
Figura 11 – Mapa conceitual sobre a evolução das idéias antes de Einstein.....	178
Figura 12 a, b, c – Fotografias da Galáxia NGC 4319	186

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Algumas diferenças entre fatos/dados e conceitos em relação à aprendizagem.....	31
Quadro 2 – Análise de conteúdo da questão: <i>Você sabe qual é a diferença entre a Física Moderna e a Física Clássica?</i>	46
Quadro 3 – Análise de conteúdo da questão: <i>Para você, o que é cosmologia?</i>	48
Quadro 4 – Análise de conteúdo da questão: <i>Em suas aulas de física, o professor aborda questões sobre cosmologia na sala de aula?</i>	50
Quadro 5 – Análise de conteúdo da questão: <i>Qual sua principal fonte de informações sobre cosmologia?</i>	51
Quadro 6 – Análise de conteúdo da questão: <i>Você gostaria que temas como Teoria da Relatividade, a origem do universo, a astrofísica, fossem ensinados na disciplina de física?</i> 53	
Quadro 7 – Análise de conteúdo da questão: <i>O que você acha de suas aulas de Física?</i>	54
Quadro 8 – Análise de conteúdo da questão: <i>Quais as imagens que você faz sobre:</i> a) <i>Efeito fotoelétrico</i>	56
b) <i>Radiotividade</i>	58
c) <i>Dualidade onda partícula</i>	61
d) <i>Fissão e fusão nuclear</i>	63
e) <i>Teoria da Relatividade</i>	65
f) <i>Raios-X</i>	66

g) Semicondutores e Supercondutores	<u>69</u>
h) Laser	<u>71</u>
i) Big Bang.....	<u>73</u>
j) Fibras óticas	<u>75</u>
k) Buracos negros	<u>77</u>
l) Galáxias.....	<u>79</u>
m) Quasares	<u>81</u>
n) Pulsares.....	<u>82</u>
o) Fauna interestelar	<u>83</u>
p) Nebulosas	<u>85</u>

INTRODUÇÃO

Com a finalidade de contribuir com a reflexão acerca da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, apresentamos nosso estudo sobre **Noções de Cosmologia no Ensino Médio: O Paradigma Criacionista do Big Bang e a Inibição de Teorias Rivals**, que explora os *conteúdos conceituais* contidos em *metáforas* e *analogias*¹ presentes nos discursos de alunos, professores e livros didáticos e paradidáticos sobre o tema “Cosmologia”; revisa o modelo do *Big Bang*² na história da ciência, analisando a aceitação e a rejeição de sistemas de mundo propostos e rivalizados (discriminados)³; expõe, principalmente, a Cosmologia como norteadora da FMC por concentrar as principais discussões de onde brotam muitos dos axiomas teóricos que formam a base do conhecimento científico produzido na física durante o século XX; e desse modo, discorre sobre uma visão curricular que tem como base a expectativa de alunos, professores e pesquisadores de ciência, sobre o processo ensino-aprendizagem e em suas relações com o conhecimento, entendido como construção coletiva⁴.

Sintetizamos nessa Introdução o caminho percorrido para a tarefa delineada acima e os objetivos que levaram à elaboração de um tema dissertativo dividido em duas unidades distintas (*Noções de Cosmologia no Ensino Médio e o Paradigma Criacionista do Big Bang e*

¹ *Metáforas* e *analogias* têm sido usadas como instrumentos de ensino, pois demonstram que a capacidade de imaginar está intimamente relacionada à capacidade de aprender. Ver ORTONY, A. Why metaphors are necessary and not just nice. *Education Theory*, v. 25, p. 45-53, 1975

² O termo *Big Bang* é uma *metáfora* usada por Fred Hoyle ao tentar ridicularizar o modelo cosmológico de Friedmann-Lemaître apelidando-o de universo da "*grande explosão*" (em inglês, *big bang*). A *metáfora* no entanto passou a pertencer ao jargão científico, sem as características de ridicularização que o motivaram. Tudo havia começado com Einstein em 1917 ao propor a Teoria da Relatividade Geral (TRG). As soluções das equações da TRG que admitiam a expansão do universo foram obtidas pela primeira vez pelo russo Alexander Friedmann, tornadas públicas em artigos científicos datados de 1922 e 1924. Estes trabalhos foram seguidos, de forma independente, pelas pesquisas do cosmólogo belga Georges Lemaître, publicadas em 1927 e 1931, que também resultaram em modelos de universo em expansão. Tais modelos alcançaram projeção no mundo científico a partir da proposta da relação proporcional entre o desvio para o vermelho e a distância das galáxias. Esta relação, investigada por vários astrônomos, foi estabelecida em 1929 pelo astrônomo norte-americano Edwin Hubble. Assis sugere a adoção do termo “estrondão” como tradução para *big bang*, citado por Dr. Domingos Soares, da UFMG. Ver em: <http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/aap/bgbg.htm>.

³ Alguns dos sentidos usados aqui para discriminação são: segregação, separação, apartação. Ver ASSIS, A K.T., *Discriminação na ciência*, In VIANA e RENAULT, *Discriminação*. LTR, São Paulo, p. 285-297.

⁴ Diferentemente dos PCN's, que procuravam difundir os princípios da renovação curricular, orientando o professor na execução de seu trabalho, servindo de apoio à sua prática pedagógica diária e ao planejamento de suas aulas (BRASIL, PCN's, 1999), as Diretrizes Curriculares do Paraná, a partir de 2002 retornaram ao passado, reduzindo toda a discussão pedagógica e epistemológica a uma lista fragmentada de conteúdos, recapitulando currículo do Estado de 1992 (PARANÁ, 1992).

a *Inibição de Teorias Rivals*) e, ao mesmo tempo, tão análogas. Em primeiro lugar há um mal entendido com relação à LDB e aos PCN's quanto à divisão das três áreas de ensino na qual a física foi incluída com a matemática. Isso nos leva a questionar desde já qual o critério adotado para a inserção da FMC no currículo, para então, propormos sugestões que possam melhorar o ensino com uma abordagem interdisciplinar.

Explicitamos ainda os critérios para a escolha de duas metodologias de análise para a empresa do estudo, suas filiações teóricas, e como foi utilizada para as aplicações em nossa investigação sobre **noções de cosmologia no ensino médio** – cuja especificidade demandou a escolha pela análise do uso de *metáforas e analogias* – e do **paradigma criacionista do Big Bang e a inibição das teorias rivais** – que utiliza a *história da ciência* como ferramenta de abordagem.

É necessário salientar que muitos dos episódios aqui selecionados o foram intencionalmente, uma vez que o estudo trata justamente das *significações conceituais*, suas *analogias*, seus empréstimos de *símbolos e linguagens* que denotam a presença de um *compartilhamento de significados*, elevando a ciência a um *status* sociológico e confinando as teorias e imagens delas tiradas, a modelos e esquemas aprovados e rejeitados por uma comunidade de “sacerdotes” (às vezes), e cientistas (outras), que em determinados momentos históricos, confirmam ou rechaçam as teorias rivais, silenciando pensadores ou tornando inacessíveis as fontes de recursos para pesquisas divergentes.

I – A COSMOLOGIA NA LDB E NOS PCN'S

Quando da estruturação do novo Ensino Médio, a partir da promulgação da Lei das Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB), foram estabelecidos parâmetros nos quais, em um contexto multidisciplinar, as ciências exatas (aqui incluída a física) e a matemática apareceram juntas em uma das áreas dentre as três em que o ensino agora está organizado⁵. Talvez por isso, muitos tenham entendido que o ensino de física deveria estar associado

⁵ LDB estabelece a divisão do conhecimento escolar em três áreas – Linguagem, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

apenas à matematização. Mas não era só isso. Segundo Meneses, coordenador da equipe que elaborou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), era necessária a inserção da Física Moderna e Contemporânea, que deveria ser feita em uma abordagem que não se fechasse somente nas fórmulas matemáticas:

É parte desta preocupação (ressaltar o sentido da Física como visão de mundo, como cultura, em sua acepção mais ampla) a nova ênfase atribuída à **cosmologia física, desde o universo mais próximo, como o sistema solar e em seguida nossa galáxia, até o debate dos modelos evolutivos das estrelas e do cosmo**. Sabidamente, estão ausentes dos currículos tradicionais tanto estes aspectos de caráter cultural mais geral, como outros mais de cultura tecnológica, não necessariamente pragmática, a exemplo da interpretação de processos envolvendo transformações de energia, na geração de energia elétrica, nos motores de combustão interna, em refrigeradores, ou mesmo em pilhas eletroquímicas, para não falar nos equipamentos óptico-eletrônicos e de processamento de informação, que hoje fazem parte de toda a vida contemporânea, desde relógios de pulso a computadores, e que envolvem uma microeletrônica quântica, impensável na escola tradicional, nem mesmo como simples fenomenologia, especialmente devido à tradição lógico-dedutiva do seu ensino...É claro que precisa ser cautelosa a sinalização para a inclusão desses novos conteúdos, seja pelos desafios didáticos que implica, encontrando professores despreparados e os textos escolares desguarnecidos, seja porque as próprias universidades, ainda por algum tempo, continuarão a solicitar os velhos conteúdos em seus vestibulares. Será preciso algum tempo para que a mensagem seja primeiro, compreendida e, mais tarde, aceita. (grifo nosso).⁶

As justificativas sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio são bastante conhecidas, como aponta a pesquisa bibliográfica realizada por Ostermann e Moreira⁷. Destacamos algumas delas: estudantes precisam ter contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física; os PCN's para o ensino médio apontam na direção de uma profunda reformulação do currículo de Física na escola média e a inserção da FMC nos currículos; é uma maneira de atrair jovens para a carreira científica; também de disseminar os conhecimentos que a ciência e tecnologia propiciam à população; e esclarecer o estudante quanto às pseudociências. Os autores também concluem que as pesquisas estão mais concentradas na "apresentação de um tema de FMC" em comparação com as pesquisas sobre "concepções alternativas" e "propostas testadas em sala de aula".

⁶ MENESES, L.C. Uma Física para o Novo Ensino Médio. *Física na Escola*, São Paulo, v. 1, n.1, p.7, out. 2000.

Entretanto, há algum tempo, algumas pesquisas dirigidas por pesquisadores em ensino de ciências, começaram a refletir esta inserção baseadas em outros referenciais metodológicos. Stannard⁸, por exemplo, ainda na década de 1990, justificava esta atualização curricular ao relatar um levantamento feito com estudantes universitários que mostrou que é a Física Moderna - relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica, astrofísica - que mais os influencia na decisão de escolher Física como carreira. Com o objetivo de preparar um livro introdutório sobre relatividade geral, o autor entrevistou 250 crianças de cerca de 12 anos para saber o que elas conheciam sobre tópicos relevantes ao assunto (gravidade, aceleração).

Um terço já havia ouvido falar em *buracos negros* e tinha uma vaga idéia do que se tratava. Um número razoável relacionava *Big Bang* com *origem do universo*. Elas mostraram-se intrigadas por estes tópicos e desejavam saber mais a respeito. O que sabiam, haviam aprendido pela televisão e através de filmes de ficção científica (e não sabiam que tais idéias interessantes vêm "sob o rótulo" de Física). Stannard, ao analisar os currículos secundários de Física, criticava-os por darem a impressão de terem sido escritos há cem anos (como se nada tivesse ocorrido na Física deste século). O autor sugeria que fossem escritos livros e textos com abordagens inovadoras de FMC como forma de encorajar a revisão curricular.

No Brasil, alguns estudos também foram feitos com o intuito de quantificar o conhecimento dos alunos de Ensino Médio em cosmologia⁹, entretanto, nenhum deles sob a perspectiva da inserção da FMC no currículo e nem mesmo a cosmologia como norteadora dos postulados gerais de física e paradigma da normalidade da ciência do século XX, daí acreditarmos na relevância da pesquisa que ora apresentamos. A questão central para este estudo é: na inserção do aluno à FMC, é deixado claro que a Ciência não é neutra, visto que o cientista faz parte de um contexto social, econômico e cultural, influenciando e sendo influenciado por esse contexto, fato que não pode ser ocultado dos estudantes? Isso significa mostrar que a ciência

⁷ OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1, mar. 2001.

⁸ STANNARD, R. Modern physics for the young. *Physics Education*, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.

⁹ FALCÃO, D. et al. Mudanças em Modelos expressos de estudantes que visitaram uma exposição de astronomia. In: Moreira, M. A.; Zylbersztajn, A.; Delizoicov, D.; Angotti, J. A. P. (Orgs.). **Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. São Paulo: SBF, 1997. (CD-Rom, arquivos: 201.jpg à 207.jpg); MEDEIROS, A., MONTEIRO, M. A. Compreensões de estudantes de física de alguns conceitos fundamentais da astronomia. In: Moreira, M.A.; Greca, I.M.; Costa, S.C. (Orgs.). **Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. São Paulo: SBF, 2001. (CD-Rom, arquivo: o39.htm); TREVISAN, R. H. et al.; O Aprendizado dos Conceitos de Astronomia no Ensino Fundamental. In: Garcia, Nilson Marcos Dias (Org.). **Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Curitiba: SBF, 2003. (CD-ROM, arquivo: co-3-014.pdf)

não está pronta nem acabada e não é absoluta, e que “... é penoso, lento, sinuoso e, por vezes, violento, o processo de evolução das idéias científicas”¹⁰.

Neste sentido estamos interpretando a LDB em sua maior preocupação: não estancar o ensino em campos de conhecimento isolados, mas sim compartilhados. A física, como uma das Ciências da Natureza pode, portanto, ser encarada não somente como interdisciplina para a matemática, mas também para as demais áreas onde a Linguagem e as Ciências Humanas possam estar presentes na compreensão dos conhecimentos físicos. O que o estudo mostra é que tanto nos discursos da divulgação científica, quanto nos discursos escolares sobre a ciência, se produz um *imaginário* que nos atravessa e nos constitui, e, mais particularmente, constitui nossas identidades diante da ciência, e a própria identidade da ciência diante de nós. Este *imaginário*¹¹ determina, histórica e socialmente, a relação que estabelecemos com esta instituição, a ciência, sendo um dos aspectos constitutivos, embora nem sempre explícitos, dos currículos escolares.

II – COSMOLOGIA E SUAS METÁFORAS NA SALA DE AULA

Nos simpósios de ensino em ciência¹² discute-se que hoje não podemos ignorar a necessidade de ensinar uma nova física. E, quer queiramos ou não, o despreparo – tanto de escolas quanto de professores - é uma constatação¹³. Se os estudantes por um lado são atraídos e mergulhados em um mundo de tecnologia e de um conhecimento avançado de ciência que se

¹⁰ PONCZEK, 2002, p. 22

¹¹ Consideramos principalmente, nesta pesquisa, que sentidos e sujeitos se constituem mutuamente, e que, nos modos como a *divulgação científica* e o *discurso pedagógico da ciência* produzem sentidos, está implicada, simultaneamente, a produção de *sujeitos* diante da ciência: *sujeitos leitores* (interpretantes) do discurso científico, no sentido amplo da palavra leitor. O *discurso* é, portanto, um lugar teórico-metodológico de analisar essas *relações imaginárias*, de um *imaginário ativo e eficaz*, entre *sujeitos* (*de alunos, professores, cientistas*) e ciência (conhecimento convencionado pelos *sujeitos*).

¹² O exemplo maior foi a realização de debates ocorridos durante o X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA 15 à 18 de Agosto de 2006, Londrina, PR. O Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) é um evento bianual promovido pela Sociedade Brasileira de Física - SBF, e constitui um momento importante para discutir questões investigativas e disseminar resultados relacionados à pesquisa em Ensino de Física. Este X EPEF demarca vinte anos desde a realização em Curitiba, no ano de 1986, de uma primeira reunião que visava criar um espaço próprio para a discussão da pesquisa em Ensino de Física. Durante a reunião da SBPC e contando com a participação de aproximadamente 30 a 40 pesquisadores, decidiu-se pela realização bianual, em anos alternados com o SNEF, de um Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.

¹³ OLIVEIRA, V. Natureza da Ciência e formação inicial dos professores de Física e Química. *Revista de Educação*, v. 3, nº 1, p. 67 – 76, 1993.

torna mais e mais disponível nos mais diversos meios semeando a imaginação com *metáforas* e *analogias* como *buracos negros* que sugam, como um *ralo*, toda a energia, viagens interplanetárias ou através do tempo, *dobras espaciais*, em um redemoinho de informações que não deixa claro o que é de fato ciência ou fantasia e onde e qual é o limite entre uma e outra.

Os professores, de outro lado, encontram dificuldades para relacionar este processo de *tecnologização* com a FMC (ausência de textos, materiais paradidáticos, excesso de revistas ditas “científicas”, programas de TV que ensinam uma pseudociência dogmática etc.) e a pressão sobre o ensino é cada vez mais intensa e atua de todos os lados: os vestibulares introduzem questões que abordam conteúdos em FMC; a LDB impõe a sua Inserção no conteúdo a ser desenvolvimento no Ensino Médio, visto ser o seu entendimento fator primordial para a formação de indivíduos que devem atuar em uma sociedade que convive em um meio repleto de ambigüidades (benefícios *versus* prejuízos ou avanço científico *versus* ética), decorrentes dos avanços tecnológicos, provenientes das grandes descobertas científicas.

Ao mesmo tempo, muitos livros didáticos¹⁴ utilizados no Ensino Médio têm tentado inserir assuntos relativos à física do século XX, em especial de Cosmologia, porém sem muito sucesso. Na maioria dos casos, os temas de FMC são apresentados ao final do “último volume” do terceiro ano e como consequência, acabam não abordados – por uma questão de tempo, ou pior, colocados sem um contexto que explicita a sua produção e validação coletivas. E quando o são, e novamente por uma questão de tempo ou por opção do professor, resumem-se só ao que está no livro didático.

Como conciliar então aquele *imaginário científico* que chega ao aluno fora da sala de aula, muitas vezes de forma estimulante, com o ensino de ciência, muitas vezes desestimulante? Quais as origens das *metáforas* e *analogias* de estudantes e professores sobre a FMC? São eficazes? Os professores estão preparados para enfrentar estas questões, cada vez mais presentes em sala de aula? Poderão elas servir de análise para apreensão do ensino-aprendizagem de física como fator de intermediação do discurso científico? Até que ponto a inserção da Cosmologia se faz presente na sala de aula? E a FMC? Que história contam os livros didáticos?

¹⁴ No próximo capítulo estaremos nos remetendo a eles na análise que fizemos

III – REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Para responder a todas essas questões é importante buscarmos saber se em sala de aula o entendimento das possíveis relações entre o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia e as diversas transformações culturais, sociais e econômicas na humanidade decorrentes deste desenvolvimento, está ligado a uma percepção histórica de como estas relações foram estabelecidas ao longo do tempo. Acreditamos que o exercício da cidadania baseia-se principalmente no conhecimento das formas contemporâneas de linguagem e no domínio dos princípios científicos e tecnológicos que atuam na produção deste conhecimento. Portanto, nosso objetivo aqui é saber quais caminhos percorrem professores e alunos, em sala de aula, quando tratam (se tratam) da FMC, em especial a Cosmologia, e qual FMC estão se referindo. Para tanto vamos dispor em nossa análise de dois referenciais metodológicos: a *análise do discurso* e a *história da ciência*.

III.I – ANÁLISE DO DISCURSO E LEITURA

As relações entre Linguagem e Ensino de Ciências têm sido objeto de várias pesquisas nos últimos anos, consolidando uma linha de investigação na área de Educação em Ciências¹⁵. Para este trabalho destacamos principalmente os estudos sobre a utilização das *analogias* e *metáforas* enquanto recurso didático mediador entre os processos de ensino e de aprendizagem. Duit¹⁶, ainda na década de 1990, ao destacar o papel dessas figuras de linguagem na aprendizagem de Ciências, realizou extenso levantamento sobre os estudos efetuados naqueles últimos 15 anos (entre 1975 e 1990) que envolveram a utilização das *analogias* e *metáforas* enquanto recurso didático mediador entre os processos de ensino e de aprendizagem. Esses estudos¹⁷ mostraram que as *analogias* e *metáforas* promovem o

¹⁵ No V ENPEC, realizado em 2005, em Bauru, SP, foram realizadas oito mesas redondas onde foram discutidas as questões relativas à Linguagem e seu uso na análise do ensino de ciências.

¹⁶ DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v. 75, p. 649-672, 1991.

¹⁷ ARAGÓN, M. M. et al. Las analogías como estrategia didáctica en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, p. 235-236, 1997; CACHAPUZ, A. F. Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 2, n. 3, p. 117-129, 1989; DAGHER, Z. Analysis of Analogies

entendimento do que **não é familiar** para o que é conhecido, mas ressaltam a importância de se estar atento para as suas limitações.

Metáforas e analogias têm sido usadas como instrumentos de ensino, pois demonstram que a capacidade de *imaginar* está intimamente relacionada à capacidade de *aprender*¹⁸. A importância da linguagem metafórica e analógica reside no fato de facilitar a transposição do conhecimento de um domínio conceitual não familiar para outro mais familiar. Tomar o conhecimento científico escolar como possível a partir de objetos do nosso entorno, modelados de forma a abstrair-se do supérfluo para concentrar-se nos detalhes essenciais, tem sido considerada uma forma frutífera nas relações entre ensino e aprendizagem de Ciências¹⁹. O uso da linguagem metafórica também tem sido considerado como uma das maneiras de fomentar um estilo menos rígido e mais expressivo na Educação em Ciências²⁰.

As condições de produção das *analogias* e/ou *metáforas* pelo professor ou pelo aluno são ainda pouco estudadas no Brasil. A partir desta constatação é que esta pesquisa foi desenvolvida, e procura avançar nos estudos nessa linha ao responder a questões do tipo: Como as analogias e metáforas são utilizadas nas aulas de Física, em especial no conteúdo de Cosmologia? Às respostas obtidas daremos o nome de **noções de Cosmologia no Ensino Médio**. Nosso referencial metodológico está centrado na linha francesa da Análise do Discurso (ou simplesmente, AD)²¹, e em uma relação constitutiva de “externalidade” política,

Used by Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n. 3, p. 259-270, 1995; FERRAZ, D.; TERRAZZAN, E. Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 213-228, 2003; GLYNN, S. M. et al. Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In: GLOVER, J. A.; RONNING, R. R.; REYNOLDS, C. R. (Eds.) *A handbook of creativity: Assessment, research and theory*. New York: Plenum, p. 383-398, 1989; GODOY, L. A. Sobre La Estructura de las Analogías en Ciencias. *Interciencia*, v. 27, n. 8, p. 422- 429, aug. 2002; GORDILLO, M. M. Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 3, p. 1-21, 2003; HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993; HERRMANN, F.; SCHMID, B. Analogy between Mechanics and Electricity. *Eur. Journal of Physics*, v. 6, p. 16-21, 1985. GRANT, R. Basic Electricity – A Novel Analogy. *The Physics Teacher*, v. 34, p. 188-189, 1996. JORGE, W. Analogia no Ensino da Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 7, n. 3, p.196-202, dez. 1990; MEDEIROS, C. F. de. Modelos mentais e metáforas na resolução de problemas matemáticos verbais. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 209-234, 2001; MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 3, p. 1-39, 1997; NASCIMENTO, A. C. L. Linguagem e Construção do Conhecimento Didático: Metáforas e Analogias no Ensino do Tema Equilíbrio Químico - 10º Ano de Escolaridade. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2000, Universidade de Açores. *Atas...* Universidade de Açores 2000.

¹⁸ ORTONY, A. Why metaphors are necessary and not just nice. *Education Theory*, v. 25, p. 45-53, 1975.

¹⁹ TERRAZZAN, E. *Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. 1994. Tese [Doutorado]. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

²⁰ CACHAPUZ, A. F. Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 2, n. 3, p. 117-129, 1989.

²¹ A AD francesa considera que as relações entre os sujeitos, e entre estes e as instituições, entre as quais a ciência, são atravessadas e constituídas por um **imaginário**. A relação de sujeitos entre si e dos sujeitos com as

social e cultural da escola. A escola não existe em si mesma, de maneira isolada, mas na sua relação com o que acontece fora dela, e no seu papel fundamental em relação a sociedade. Do ponto de vista discursivo, sentidos e sujeitos se constituem simultaneamente no funcionamento da linguagem, o que nos permite trabalhar com uma concepção não centralizada de sujeito, como se este fosse a origem do que diz/significa, como se tivesse consciência e controle completos sobre os sentidos²². Portanto, os discursos de alunos, professores e dos Parâmetros Curriculares sofrem a influência externa e que aparecem sob a forma de *metáforas* e *analogias* emprestadas, parafraseadas desde os livros didáticos à mídia em geral, revistas de divulgação científica, livros paradidáticos, internet, jornais e TV.

Desta abordagem teórico-metodológica, destacamos a noção de *sujeito*. Para a AD francesa, o *sujeito do discurso* também não coincide com o *sujeito empírico*. Um discurso pode ser atravessado por diversas posições de *sujeito*. Posições ocupadas por quem diz, para ser *sujeito* do que diz. Isso remete a um *sujeito* cuja autonomia é relativa na produção dos sentidos. Quando o *sujeito* significa, já está significado, pois o lugar de onde significa, um lugar discursivo, é determinado historicamente. Assim, o *sujeito* não é, nesta teoria do discurso, a origem dos sentidos²³. Para avaliação dentro desta perspectiva de *sujeito* faremos a aplicação de um questionário a quatro professores (dois da rede estadual e outros dois da rede privada) sobre a noção de Ciência e de Cosmologia e a presença ou não, em suas aulas, dos temas ligados às imagens do Universo sob a forma de *metáforas* e *analogias* para tentar detectar se há ou não uma transposição didática na exposição de temas de FMC e cosmologia; e também, através do discurso dos professores, se aparece o papel da comunidade científica na validação do conhecimento e sua conseqüente transformação em paradigma no ensino, ou se as teorias rivais, que escapam dos livros didáticos, têm lugar na sala de aula pelos *sujeitos do discurso*. A análise se estende também a *sujeitos* alunos de 1^a, 2^a, 3^a, séries do Ensino Médio e pré-vestibular de uma escola da rede estadual de Ensino e uma da rede privada, com amostra de 10 alunos por série de ensino, totalizando 70 sujeitos, que responderão a questionário cuja

instituições não é uma relação direta, mas mediada por um imaginário sem o qual estas relações não são possíveis. Esse imaginário pode ser “captado” pela análise, ao se trabalhar sob pressupostos da Análise do Discurso francesa (AD). O discurso é definido como efeito de sentidos entre interlocutores. Assim, o discurso não coincide com a “fala” ou o “enunciado” no sentido empírico. Discurso é um processo de natureza ideológica e histórico-social que produz efeitos. A Análise do Discurso não estanca nesses efeitos, mas busca compreender seu processo de produção. Os efeitos de sentidos (discursos) são produzidos em determinadas condições que abarcam o sujeito, o texto, o contexto imediato e o contexto histórico-social.

²² ORLANDI, E. P. *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. Campinas: Editora Pontes, 1999.

²³ PÊCHEUX, M. *Semântica e discurso: uma crítica à afirmação do óbvio*. 2a ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1995.

pretensão é pesquisar o imaginário desses *sujeitos de discursos* nas diversas fases de sua formação (em termos comparativos) das imagens que a Física Moderna e Contemporânea os remetem e em especial quais as *metáforas* e *analogias* que fazem sobre Cosmologia e seu ensino em sala de aula.

III.II – HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Do ponto de vista da *História da Ciência*, o objetivo deste trabalho é revisitar a teoria do *Big Bang*, buscando entender como se transformou em um paradigma científico no século XX, lembrando que Popper é o primeiro a colocar a cosmologia no centro do debate científico:

Eu, entretanto, acredito que exista pelo menos um problema filosófico no qual todos os homens de cultura estão interessados. É o problema da Cosmologia: o problema de compreender o mundo – inclusive nós próprios e nosso conhecimento como parte do mundo. Segundo entendo, toda ciência é Cosmologia e, para mim, o interesse que tem a Filosofia, assim como o que tem a Ciência, reside apenas nas contribuições que elas trazem para a Cosmologia.²⁴

Danhoni Neves²⁵ procura mostrar a necessidade de um ensino de física contextualizado em sua história, frisando a sua não linearidade e as diferentes leituras que dela podemos ter. O uso da história da ciência e, em especial, da cosmologia, é abordado como possibilidade na definição de rumos para a pesquisa básica e para a mudança dos paradigmas vigentes. Alijar a ciência de seu processo histórico, de suas contingências e de suas representações, é condená-la a um destino que se assemelha mais à religião, ligando paradigmas à dogmas, e sociedades científicas à seitas. Sobre este ponto, Feyerabend diz:

A sociedade moderna é ‘copernicana’, mas não porque a doutrina de Copérnico haja sido posta em causa, submetida a um debate democrático e então aprovada por maioria simples; é ‘copernicana’ porque os cientistas são

²⁴ POPPER, K. *A Lógica da pesquisa Científica*, página 535.

²⁵ DANHONI NEVES, MC. A história da ciência no ensino da física. *Revista Ciência & Educação*, 5(1), 73–81, 1998.

copernicanos e porque lhes aceitamos a cosmologia tão arcaicamente quanto, no passado, se aceitou a cosmologia de bispos e cardeais.²⁶

Assim, à educação científica nas escolas de todos os graus, inclusive e, talvez, principalmente, naquelas formadoras de pesquisadores, é aplicada uma “metodologia” bastante eficaz para uma ciência pós-copernicana, dogmática em sua pseudo-essência: um esquecimento completo das origens da ciência, de sua história, de suas inúmeras possibilidades, de seus erros e de suas contingências. Kuhn a respeito escreve:

As coleções de ‘textos originais’ têm um papel limitado na educação científica. Igualmente, o estudante de ciência não é encorajado a ler os clássicos de história do seu campo - obras onde poderia encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos, mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizadas que a sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu. Whitehead apreendeu esse aspecto bastante específico das ciências quando escreveu algures: ‘uma ciência que hesita em esquecer os seus fundamentos está perdida.’²⁷

Para Danhoni Neves, os paradigmas são capazes de falar sobre um mundo não visível, não experienciável. Mas são incapazes de mudar as constatações de nossos sentidos. Assim, a educação científica trata de propagar e imortalizar os paradigmas da ciência por processos de repetição, memória e esquematizações excessivas, através de uma linguagem matemática muitas vezes eclipsadoras do conjunto de fenômenos que deu origem a determinadas teorias e modelos²⁸. Por essa razão, os primeiros passos desta pesquisa vão se concentrar na bibliografia da Física Moderna e Contemporânea, na análise de livros didáticos e paradidáticos, publicações especializadas em FMC para entendermos a construção dos postulados da Cosmologia, em seus aspectos astrofísicos, astronômicos e em especial sobre a Teoria do *Big Bang* e suas rivais. Propomos uma revisão do conceito de *Big Bang* com a análise de sua transformação em paradigma cosmológico do século XX, impedindo a discussão das teorias rivais.

Ao propormos uma revisão crítica do modelo do *Big Bang* estamos, na verdade, refletindo acerca da visão da ciência. A forma como se vê, ou como se constitui a ciência, influencia

²⁶ FEYRABEND apud DANHONI NEVES, op. cit. 1985, p.456

²⁷ KUHN, 1974, p.49

²⁸ DANHONI NEVES, op.cit. p. 456

decisivamente na forma como ela é ensinada. O estudo dos contextos sociais de produção e validação do conhecimento científico, das suas implicações éticas e sociais e do seu valor correspondem a uma visão igualmente válida de ciência. Numa abordagem epistemológica, tentaremos apontar os problemas de metodologia na produção do conhecimento cosmológico, sua estruturação em uma situação de conhecimento, portanto observar a predominância ora do objeto (*o cosmos*), ora do sujeito do conhecimento (*o cientista, o filósofo, o físico*); e o problema da verdade (*a teoria aceita*), o que nos leva a considerar uma visão contextualizadora da ciência, ou seja, a verdade (*o paradigma*) resulta da interação entre os cientistas que validam o conhecimento (*teoria aceita*) produzido por seus pares e da competição entre modelos teóricos (*teorias rivais*) na tentativa de explicar anomalias ou propor outros caminhos de pesquisa, o que pode implicar desde a perda de tempo de observação em telescópios para a confirmação de pesquisa, até a perda da vida em uma fogueira na praça pública.

Os autores selecionados a partir de suas obras para o estudo bibliográfico desta pesquisa são Lemaitre, Einstein, Friedmann, Lundmark-Hubble; Narlikar e Arp; Assis-Danhoni; Crombie; Grosseteste; Nascimento; McEvoy; Popper; Kuhn; Feyrabend; Lakatos, através de textos originais publicados em revistas especializadas e livros dos próprios autores²⁹. Além disso, a pesquisa remete a uma bibliografia especializada, e ainda a análise de livros didáticos de Física, usados no Ensino Médio, para saber se de fato explicitamente há uma não-presença e implicitamente uma não-ausência da cosmologia e da FMC em suas “falas”.

A cosmologia permeia toda a física, mas não é explicitada ao aluno e muitas vezes é ignorada no discurso do professor, pois não é clara nos manuais de ensino tanto em nível médio quanto superior. A cosmologia, como disciplina unificadora, mostra-se o cenário ideal para a discussão do micro ao macro cosmo, do início (se houver um) ou ao fim de todo o mundo físico. Portanto, saber qual o espaço dedicado a ela nos manuais de física e qual a proposta de discussão (se paradigmático ou dialético) na comparação de teorias que buscam traçar as noções sobre o Cosmo, é o objetivo de parte desta pesquisa. Feyerabend, com seu característico anarquismo científico tão criticado pela comunidade científica que se nega a um

²⁹ A.C. CROMBIE, Grosseteste's *Position in the History of Science e Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science*. London: Oxford Press, 1984.; ARP, H. *La contessa sulle distanze cosmiche e le quasar*. Jaca Book: Milano. São Paulo: Perspectiva, 1989.; ARP, H. *et al.*. *The redshift controversy*. W.A. Benjamin Publishers, 1973; ARP, H. *Universo Vermelho.*; BAUR, L. in *Die Philosophischen Werke des Robert Grosseteste, Bischofs von Lincoln. Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters, texte und Untersuchungen*, 9. Münster: Aschendorff, 1912, Disponível em: <<http://www.grosseteste.com/baurframe.htm>>. Acessado em: 12 de

olhar crítico para dentro de si própria e de suas ações, desfere um duro ataque à Física: “(essa estagnação [a da Física] liga-se ao fato de que a Física está se transformando de ciência em negócio e de que os físicos mais jovens deixaram de usar a História e a Filosofia como instrumento de pesquisa).”³⁰ O que pretendemos é reafirmar nessa dissertação é que o conhecimento físico é ou foi produzido pelos *sujeitos sociais* que vivem ou que viveram num determinado contexto histórico, então, ele faz parte da cultura social humana e, portanto, é um direito dos estudantes conhecê-lo e participar de sua elaboração.

Para finalizar, é preciso lembrar que a análise nesta dissertação cobre um período da história das idéias científicas que vai da Antiguidade até o século XX. Alguns dos episódios e temas foram selecionados em razão de critérios e interesses que procurei explicar nesta Introdução. Não há qualquer pretensão em esgotar o assunto, o que não seria tarefa para uma única pessoa e/ou uma única dissertação. Por outro lado, procuramos coletar subsídios suficientes para um estudo introdutório sobre os temas. Este estudo será apresentado nesta dissertação em duas unidades. Na primeira iremos nos ater às *metáforas* e *analogias* sobre Cosmologia presentes nos *discursos* de 63 alunos de Ensino Médio e pré-vestibular, bem como no discursos de quatro professores de física, buscando saber como estes conteúdos aparecem em sala de aula e se estão ou não associados ao ensino de Física Moderna e Contemporânea. Avaliaremos ainda as *noções de Cosmologia* presentes nos livros didáticos e paradidáticos utilizados para o Ensino Médio de Física, buscando identificar os tópicos contemplados e sua abordagem; e como último capítulo da unidade, revisitamos as noções *metafóricas*, *analógicas* e *alegóricas* sobre o cosmos, o conceito de criação, construindo um quadro comparativo entre as narrações mitológicas antigas e as descrições científicas contemporâneas discutidas por sacerdotes, filósofos e cientistas.

Na segunda unidade através dos instrumentos fornecidos pela *História da Ciência*, faremos uma *revisão da Teoria do Big Bang*, em suas fases pré-einsteniana; einsteniana; e pós-einsteniana. O estudo mostra o quanto a Cosmologia determina, através de seus postulados, os paradigmas seguidos para a determinação de conteúdos, em especial, de física. O objetivo é descrever como a Cosmologia pode explicitar que a Ciência não é neutra e que o cientista, por fazer parte de um contexto social, econômico e cultural, é sujeito que influencia e é influenciado por esse contexto; ao mesmo tempo, os sujeitos que sustentam as teorias rivais

agosto de 2001 através da University of Leeds, UK; Einstein theory of relativity. Dover Publications: New York

³⁰ FEYERABEND op. cit. 1985. p.97.

sofrem a discriminação da comunidade científica, muitas vezes de forma radical, quase inquisitorial, ainda hoje.

UNIDADE I

Noções de Cosmologia no Ensino Médio

Nossa proposta de estudo começa na investigação das *metáforas* e *analogias* empregadas por professores e alunos, e na análise de livros didáticos na construção de significados em Física Moderna e Contemporânea e em especial na Cosmologia. O ato de compartilhar significados em sala de aula precisa de elementos lingüísticos que possam promover a integração entre o *pensado* e o *falado* e que envolva além disso um conjunto de sujeitos que, em um espaço comunitário (a sala de aula) tenta atingir a convenção estabelecida pela ciência para os objetos físicos.

Pretendemos, no primeiro capítulo, definir em que termos trabalhamos a conceituação de *metáforas*, *analogias*, *neologias* ampliando a caracterização dos discursos para *alegorias*, *meta-metáforas* e *para-doxos*, de forma a categorizar conceitos que sirvam para analisar posteriormente os discursos de professores, alunos e livros didáticos no conteúdo de cosmologia. No segundo capítulo, discorreremos sobre as respostas obtidas nos questionários aplicados a 63 alunos do ensino médio, na disciplina de física, em dois estabelecimentos de ensino, em quatro níveis de ensino (1º ano; 2º ano; 3º ano; e uma turma de ensino preparatório para o vestibular) e a quatro professores, identificando a presença do conceito científico em bases metafóricas ou análogas e em que isso interfere no aprendizado e no ensino; no terceiro capítulo vamos aplicar esta categorização sobre o discurso dos manuais didáticos de física na abordagem de FMC e cosmologia; no quarto e último capítulo desta Unidade apresentaremos as noções metafóricas do universo a partir de relatos cosmogônicos e cosmológicos.

I – CATEGORIZAÇÃO DE ANALOGIAS E METÁFORAS

No âmbito específico da Didática das Ciências, há algum tempo já se manifesta a preocupação em avaliar a influência do uso das *analogias* e *metáforas* na aprendizagem dos alunos. Desde então, são diversas as investigações que têm tratado de avaliar a efetividade deste tipo de recurso para o Ensino de Ciências, o que é o caso deste estudo. Portanto, o que nos interessa diretamente não é tanto a eficácia ou não de *metáforas* e *analogias* no decorrer da história da ciência ou mais precisamente na cosmologia. O que queremos é demonstrar o quanto o seu uso está marcado nos *discursos* sobre os quais nos debruçamos, para daí inferirmos a necessidade de compreendê-los em seu uso escolar.

Consideramos que há uma função explicativa das *analogias* e das *metáforas* para o ensino de *conteúdos conceituais de física*, ou seja, quando elas cumprem a função de assimilar *novos conteúdos* em termos de *coisas conhecidas*, evitando que estes novos conteúdos resultem estranhos aos alunos. Para este estudo uma *analogia* ou *metáfora* é definida como uma *comparação* entre dois *conceitos/ fenômenos/ assuntos* que mantém uma certa relação de semelhança entre ambos. Sendo assim, os elementos que constituem uma *analogia* (explícita) ou uma *metáfora* (implícita) são: o **análogo** (representa o conhecimento já familiar, é aquele onde há diferenças bem nítidas), o **alvo** (representa o conhecimento desconhecido) e as **relações analógicas** (conjunto de relações que se estabelecem, sejam elas de semelhança ou de diferença, permitindo a compreensão/entendimento do alvo).

O termo *conteúdos*, de acordo com Zabala³¹, refere-se àquilo que se deve aprender (*conceitos, princípios, enunciados, teoremas*). No entanto, ele afirma que devemos nos desprender do termo *conteúdos* e entendê-lo como tudo quanto se tem que aprender para alcançar determinados objetivos que não apenas abrangem as capacidades cognitivas, como também incluem as demais capacidades. Ou seja, os *conteúdos* não estão restritos às contribuições das disciplinas tradicionais, também podemos considerar como *conteúdos* tudo aquilo que possibilite o desenvolvimento de capacidades motoras, afetivas, de relações interpessoais e de inserção social.

Zabala sugere agrupar os *conteúdos* segundo uma *tipologia* de *conteúdos conceituais, procedimentais* e *atitudeis*, afirmando que os *conceitos* e os *princípios*, ambos presentes

³¹ ZABALA, A: *A prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas, 1998.

dentro da *tipologia de conteúdos conceituais*, são termos abstratos. Os *conceitos* se referem ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns, e os *princípios* se referem às mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação em relação a outros fatos, objetos ou situações e que normalmente descrevem relações de causa-efeito ou de correlação. São exemplos de *conceitos*: mamífero, densidade, impressionismo, potência, etc. Como exemplo de *princípios* podemos citar: as leis ou regras como a de Arquimedes, as normas ou regras de uma corrente arquitetônica ou as conexões que se estabelecem entre diferentes axiomas matemáticos, etc. De um ponto de vista educacional, estes dois tipos de *conteúdos* nos permitem tratá-los conjuntamente, já que ambos têm como denominador comum a necessidade de compreensão, que vai muito além da reprodução de enunciados mais ou menos literais. Ainda para este autor, uma característica dos *conteúdos conceituais* é que a aprendizagem quase nunca pode ser considerada acabada³².

I.I – A APRENDIZAGEM DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS

Já na compreensão de Pozo³³, uma nova divisão pode ser feita: os *fatos* e os *conceitos* são adquiridos mediante processos de aprendizagem distintos. Para ele os *fatos* e os *dados* são aprendidos de modo *memorístico* e baseiam-se numa atitude ou orientação passiva em relação à aprendizagem, sendo uma reprodução literal do material de estudo. No sentido contrário, a aprendizagem de *conceitos* baseia-se na aprendizagem *significativa*, consiste em compreender esse material incorporando-o a estruturas conceituais com significado, que requer uma atitude ou orientação mais ativa, na qual o aluno deve ter mais autonomia da definição de seus objetivos, suas atividades e seus fins, portanto um processo de elaboração pessoal. Um aluno aprende um *conceito* quando é capaz de dotar de significado um material ou uma informação obtida, ou seja, quando compreende esta informação, é capaz de traduzir algo para as suas próprias palavras. Algumas diferenças entre *fatos/dados* e *conceitos* em relação à aprendizagem encontram-se na tabela³⁴ seguinte:

³² ZABALA, Idem.

³³ POZO, J. I. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: COLL, C.; et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas, 2000.

³⁴ Idem

Quadro 1 – Algumas diferenças entre fatos/dados e os conceitos em relação à aprendizagem

	Aprendizagem de fatos/dados	Aprendizagem de conceitos
Consiste em	Cópia literal	Relação com conceitos anteriores
É alcançada por	Repetição (aprendizagem memorística)	Compreensão (aprendizagem significativa)
É adquirida	De uma só vez	Gradualmente
É esquecida	Rapidamente caso não haja revisão	Mais lenta e gradualmente

Sendo assim, percebemos que para ambos, Pozo e Zabala, os *conteúdos conceituais* são aprendidos através de *relações* entre estes e os *conhecimentos obtidos previamente*. Portanto, o uso de *analogias* e *metáforas* é uma possibilidade para o ensino de tais conceitos, visto que, utiliza situações já familiares aos estudantes. Ausubel e Novak, citados por Pozo³⁵, chamam isso de *aprendizagem significativa*, descrevendo como um processo no qual o que aprendemos é o produto da informação nova com base no que já sabemos, ou seja, assimilamos ou integramos as novas informações aos nossos conhecimentos anteriores. Neste processo, ativamos um *esquema*, *modelo* ou *conceito* relacionado ao *conteúdo* para compreendermos as informações novas que nos são passadas. Dessa maneira, aprendemos *significados*, modificando as nossas idéias como resultado de *interações* com as novas informações obtidas, um espaço ideal, acreditamos, para o aparecimento das *analogias* e *metáforas* com o caráter didático.

Mas há algumas características da *aprendizagem significativa* que devem estar em paralelo com o uso de *analogias* e *metáforas*, que são: esforço deliberado para relacionar os novos conhecimentos com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva; orientação (que pressupõe o papel de um mediador) para aprendizagens relacionadas com experiências, fatos ou objetos; envolvimento afetivo para relacionar os novos conhecimentos com aprendizagens anteriores. As condições fundamentais para que se produza uma *aprendizagem significativa* são: a do *material de aprendizagem* e a *dos alunos*. Para a compreensão do *material* é

³⁵ Ibidem

necessário que este possua uma *organização conceitual interna*, ou seja, não se constitua em uma lista arbitrária de elementos justapostos. Somente poderão ser compreendidos os materiais que estiverem organizados, ou seja, nos quais cada parte do material tenha uma *conexão lógica* ou *conceitual* com o restante das partes. No entanto, esta condição não pode ser considerada isoladamente das *características dos alunos*. Para que haja uma *aprendizagem significativa*, é necessário que o aluno *relacione* o *material de aprendizagem* com os conhecimentos que já dispõe (conhecimentos pessoais), mesmo que dispostos em *metáforas e analogias*.

Em relação aos *conhecimentos pessoais*, Pozo³⁶ afirma que estes são construções pessoais dos alunos, sendo elaborados de modo espontâneo na sua interação cotidiana com o mundo e que muitos deles são anteriores à instrução escolar. A predisposição para a compreensão, nesse sentido, é um fator extremamente relevante para a *aprendizagem significativa*. O aluno deve esforçar-se para *relacionar* a nova informação com o *conhecimento pessoal* que possui, o que no nosso ver está diretamente relacionado ao uso de *analogias e metáforas*. Dessa forma, é fundamental que o aluno procure o *significado* da *analogia*, relacionando-a com seus conhecimentos pessoais, mas também que tente compreender o que está aprendendo, descobrindo o que está relacionado com o que vê e com o que o cerca. A compreensão de *conceitos* requer que o aluno se aproxime de certos tipos de atividades ou procedimentos, entre eles: *comparar*, *relacionar* alguns *conceitos* com outros, *representá-los* mediante *imagens e esquemas*, escrever.

I.II – CATEGORIAS

A FMC está repleta de *metáforas*. O que seria um *quark*, este objeto físico tão singular e *ex-cêntrico* quanto a origem de seu nome, uma *metáfora* tirada de um *criptograma simbólico* inventado pelo escritor James Joyce³⁷ e que nada se relaciona com a física: “*Tree quarks for Muster Mark*” (três quarks para Muster Mark). Os *quarks* são classificados em seis *sabores*

³⁶ POZO, J. I. op. cit.

³⁷ JOYCE, J. *Finnegans Wake/Finícius Revém*, Trad. de Donald Schüler. Ateliê Editorial/Casa de Cultura Guimarães Rosa. São Paulo, 1999. A frase foi traduzida como “*Três hurras para o senhor Mark*”

com os fantasiosos nomes de *para cima*, *para baixo*, *estranho*, *encantado*, *fundo*, e *topo*. Cada um dos *sabores* pode ser apresentado em uma das três supostas *cores*: vermelho, azul e verde.

O que dizer do episódio que ficou conhecido como como o *paradoxo* do *Gato de Schrödinger*, na verdade uma *alegoria* (um *experimento teórico*) na qual um gato é posto em uma caixa com um aparelho que pode ou não soltar um veneno mortal, dependendo da eventual degeneração de um átomo radiativo. Se o átomo degenerar, o gato morre; se não degenerar, o gato vive. A experiência começa quando a caixa é fechada e deixada sozinha. A incerteza quântica sustenta que o átomo, até ser observado, existe em uma situação híbrida de todos os estados potenciais. Isso quer dizer que o átomo radiativo na fictícia caixa de Schrödinger existirá simultaneamente em estado de degeneração e de não-degeneração, até que alguém investigue os resultados da experiência. Em consequência, portanto, o paradoxo sugere que, violando qualquer bom senso, o gato estará ao mesmo tempo vivo e morto, até que a caixa seja aberta!

Todas estas *imagens* da FMC, suas *metáforas*, *analogias*, *paradoxos* e *alegorias* nos colocam o primeiro dos problemas quando vamos analisar o seu uso na *significação de conteúdos* em sala de aula, nos discursos de alunos e professores, nos textos de livros e manuais didáticos: qual categorização para a transposição didática de um conteúdo significativo em um discurso da ciência?

Para este estudo vamos adotar que *analogia* é considerada uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes³⁸, e uma *metáfora* é uma figura de linguagem que envolve o ver e, portanto, o compreender de uma coisa em termos de uma outra, sendo um *fenômeno conceitual* ao invés de um *fenômeno exclusivamente lingüístico*³⁹. Considera-se que, ao operar uma transposição didática sobre os saberes científicos para transformá-los em conteúdos escolares, pode-se elaborar sobre os conteúdos e procedimentos científicos uma nova representação, tanto *analógica* quanto *metafórica*, mediada por conceitos cotidianos comuns ao conhecimento dos alunos:

A transposição didática constitui a transformação do saber erudito em conhecimento a ensinar. É o processo pelo qual se escolarizam os conteúdos científicos. Para construir um modelo didático a partir do modelo científico,

³⁸ DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v. 75, p. 649-672, 1991.

³⁹ MEDEIROS, C. F. de. Modelos mentais e metáforas na resolução de problemas matemáticos verbais. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 209-234, 2001.

tem envolvido uma grande quantidade de operações de transposição no plano lógico (das formas) e no plano semântico (dos conteúdos). Algumas delas são: diminuir o grau de abstração, reduzir o número de variáveis, substituir o modelo aproximativo vigente em outros momentos históricos, analogar o modelo a situações mais conhecidas pelos alunos, utilizar metáforas que o expliquem⁴⁰.

Segundo Duit⁴¹ estudos sobre concepções alternativas, representações prévias dos alunos em relação aos conceitos científicos, evidenciam que eles freqüentemente tentam compreender os fenômenos através do emprego de *analogias* em áreas que lhes são familiares. O resultado de tais estudos não é surpreendente na medida em que o processo de relacionar *conceitos* através de *analogias* é uma parte básica do pensamento humano, como enfatiza Pádua⁴² ao explicar que o senso comum muitas vezes não percebe que a cognição humana já nasce dotada desse mecanismo e que, ademais, ele pode se constituir uma ferramenta de extrema eficácia na aquisição de novos conhecimentos. Sobre o assunto, Ausubel⁴³ afirma que:

[...] o conhecimento previamente adquirido é a verdadeira pedra de toque para interiorizar e tornar compreensíveis novos significados (de palavras, de conceitos, de proposições...), uma vez que, o processamento dessas idéias exige um relacionamento, não arbitrário, com tais conhecimentos prévios. A sua máxima – ‘o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo.’⁴⁴

Em nosso cotidiano, utilizamos freqüentemente *analogias* para explicar “*algo*” para alguém ao usar expressões do tipo “*parece com...*”, “*é como se fosse...*”, “*imagine que...*” etc. *Analogias* e *metáforas* não são as únicas formas de linguagem existentes, mas são provavelmente as mais utilizadas⁴⁵. São usadas em diferentes perspectivas, mas é na situação educacional que freqüentemente aparecem. Cachapuz⁴⁶ entende que as *analogias* são

⁴⁰ ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. El Concepto de Modelo en la Enseñanza de la Física – Consideraciones Epistemológicas, Didácticas y Retóricas. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 19, n. 1, p. 79-92, abril, 2002.

⁴¹ *Op. cit.* p.671

⁴² PÁDUA, I. C. A. *Analogias, Metáforas e a Construção do Conhecimento: Por um Processo Ensino-Aprendizagem mais Significativo*. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/26/trabalhos/isabelcamposaraujopadua.rtf>>. Acesso em: 25 de fev. 2006.

⁴³ AUSUBEL, D. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

⁴⁴ AUSUBEL, 1980, p. 137

⁴⁵ FERRAZ, D.; TERRAZZAN, E. Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 213-228, 2003.

⁴⁶ CACHAPUZ, A. F. Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 2, n. 3, p. 117-129, 1989.

geralmente mais exploradas do que as *metáforas* nos manuais escolares de Ciências, talvez por seu caráter mais estruturante. Nas *analogias*, a *transferência de significados* de um domínio para outro diz respeito sobretudo a *relações*, enquanto, nas *metáforas*, incide sobre *atributos*. Para Godoy⁴⁷, realizar o reconhecimento de uma *analogia* requer uma compreensão de ambas as partes envolvidas na relação e dos vários aspectos que cada uma apresenta, para poder se identificar os aspectos em que se centra a relação.

O processo analógico consiste em um movimento pelo qual o indivíduo exerce um contínuo paralelismo entre os campos fonte e alvo, identificando as diferenças e semelhanças da informação que lhe estejam sendo apresentadas e aquelas que já possui, de forma que possa compreender e aprender o novo significado, a nova representação, e construir assim uma nova estrutura ou um novo conhecimento.⁴⁸

Tomando-se por base os estudos⁴⁹ anteriormente descritos, bem como as referências utilizadas nos mesmos, nota-se a importância de se averiguar como essas figuras de linguagem têm sido aplicadas no ensino de sala em aula como recursos didáticos disponíveis para o processo de construção de significações científicas, em especial em FMC e cosmologia. Para proceder esta análise sentimos a necessidade de ampliar a conceituação utilizada até então para melhor nos referimos ao que iríamos determinar enquanto objeto de estudo. Além de *metáforas* e *analogias*, incluímos também as categorias de *neologismo*, *alegoria*, *paradoxo* e o que chamamos de *meta-metáfora*. Em nosso estudo optamos pela seguinte categorização:

⁴⁷ GODOY, L. A. Sobre La Estructura de las Analogias en Ciencias. *Interciencia*, v. 27, n. 8, p. 422- 429, ago. 2002.

⁴⁸ PÁDUA, 2003

⁴⁹ Verificar a maneira como as *analogias* e *metáforas* têm sido abordadas em sala de aula foi objeto de estudo de pesquisadores como Tierney que observou quatro professores de estudos sociais durante suas aulas. Ele ressalta a maneira limitada com que as comparações são realizadas e a ausência de controle a respeito de como os alunos as interpretam, uma vez que os professores pressupunham que os estudantes estavam familiarizados com o domínio *análogo*, e que poderiam usar *metáforas*, *analogias* e *similares* sem qualquer orientação. Treagust et al. observando aulas de ciências de oito professores, perceberam que estes raramente usaram *analogias* no seu ensino (das 40 aulas observadas, somente em 8 elas foram detectadas). Dagher (1995) observou 20 professores de ciências; destes, somente 11 usaram analogias em seu discurso. Nascimento e Cachapuz (2000) observaram professores e alunos do 10º ano de escolaridade em Portugal, na disciplina de Ciências Físico-Químicas, para averiguar se utilizavam tais recursos no seu discurso didático. O estudo mostrou que professores e alunos as utilizaram em diferentes situações, mas não de maneira adequada. No Brasil, Ferraz e Terrazzan (2003) realizaram um estudo mais amplo em relação ao uso de analogias em sala de aula; observaram 152 aulas de 6 professores de Biologia durante 2 semestres. Nessas aulas foram identificadas 108 ocorrências de analogias e metáforas.

Analogia (AN)	Comparações explícitas entre domínios diferentes
Metáforas (M)	Comparações implícitas
Neologias (N)	Nova acepção para uma palavra existente
Alegorias (AL)	Expressão de uma idéia através de uma imagem
Meta-metáforas (MM)	Nova acepção para uma comparação implícita
Para-doxos (P)	Contra – dito

Um dos aspectos fundamentais da utilização desta categorização é a possibilidade que pode fornecer para estabelecer comparações entre o que é conhecido, familiar, e o que não é familiar. Especificamente no caso do ensino de física, as pesquisas têm mostrado, por exemplo, que essas figuras são ferramentas didáticas úteis na comparação de fenômenos semelhantes⁵⁰. Pacca e Utges⁵¹, particularmente discutem em sua pesquisa a questão da transposição didática e a possibilidade da inserção das analogias para se trabalhar um determinado conceito de física. Essas pesquisas têm constatado, por exemplo, que:

O aprendizado da Física torna-se mais fácil e agradável se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido. O estudo torna-se mais eficaz se a analogia é feita com um fenômeno encontrado na natureza ou de simples realização na sala de aula.⁵²

Duit destaca a vantagem do emprego de *analogias* para facilitar a compreensão de “*abstratos*”, assim como para provocar uma *visualização* dos mesmos. Este poder de *visualização* das *analogias* – importante para a aprendizagem dos conceitos – pode ser potencializado através do uso de uma ilustração do domínio análogo.

⁵⁰ JORGE, W. Analogia no Ensino da Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 7, n. 3, p.196-202, dez. 1990; OTERO, M. R. ¿Cómo Usar Analogías En Clases de Física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 2, p. 170-178, agos. 1997; HERRMANN, F.; SCHMID, B. Analogy between Mechanics and Electricity. *European Journal of Physics*, v. 6, p. 16-21, 1985; GRANT, R. Basic Electricity – A Novel Analogy. *The Physics Teacher*, v. 34, p. 188-189, 1996.

⁵¹ PACCA, J. L. A.; UTGES, G. Modelos de Onda no Senso Comum: As Analogias como Ferramentas de Pensamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos. *Atas...* Valinhos, 1999.

⁵² JORGE, W. Analogia no Ensino da Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 7, n. 3, p.196-202, dez. 1990

I.III – METODOLOGIA

Uma vez definidos os parâmetros com os quais classificaremos os discursos, partimos agora para a aplicação prática dos conceitos. Esta pesquisa⁵³ foi aplicada em duas escolas de Maringá, abrangendo um total de 63 alunos do Ensino Médio que compuseram a amostra analisada, distribuídos em seis turmas, sendo uma de cada série do Ensino Médio em cada escola, e uma turma de ensino preparatório para o vestibular. Em função do modelo de atuação e de sua dependência administrativa foram selecionadas para esse estudo duas escolas com as seguintes características:

- 1) Uma escola voltada ao Ensino Médio, de natureza pública e que atende uma comunidade local e regional, localizada na Zona 7, em Maringá, e que representa uma instituição de ensino tradicional, com mais de 50 anos de existência.
- 2) Uma escola da rede privada do centro da cidade de Maringá, voltada para alunos da classe média-alta, e que representa uma instituição de ensino recente, com apenas cinco anos de existência.
- 3) Uma escola da rede privada, do ensino preparatório para o vestibular, a qual atende alunos de renda média que, na maior parte do tempo, estudaram na rede privada.

Para desenvolver a pesquisa, elaborou-se um questionário composto por 17 questões discursivas sobre cosmologia e FMC, sendo 10 questões de múltipla escolha, das quais duas (2) eram de caráter pessoal, duas (2) referentes à utilização das tecnologias como recursos

⁵³ Para compor os questionários para nosso estudo, nos baseamos principalmente na pesquisa **A visão do universo segundo a concepção de um grupo de alunos do ensino médio de São Paulo**, de Marcos Aurélio Alexandre de Araújo; Daniele Cristina Nardo Elias, Luis Henrique Amaral, Mauro Sérgio Teixeira de Araújo, Marcos Rincon Voelzke. Nesse trabalho foi identificada por meio de um questionário a visão de mundo sobre o Universo, espaço e tempo entre 270 estudantes de Ensino Médio de três escolas de São Paulo. Constatou-se pouco conhecimento dos temas investigados, sendo que apenas 20% dos alunos relacionaram as semanas com as fases da lua, enquanto 28% associaram as estações do ano à inclinação do eixo de rotação da Terra e 23% tinham noções das distâncias entre objetos celestes próximos da Terra. Enquanto 56% conseguiram relacionar o *Big Bang* com a origem do Universo, verificou-se que 37% reconheciam ano-luz como unidade de distância e 60% reconheciam o Sol como uma estrela. Apesar de 60% dos alunos indicarem a escola como principal fonte dos conhecimentos de astronomia, seus conceitos ainda são inadequados, havendo necessidade de aprimoramento da abordagem desses conteúdos, pois apesar de popular, a astronomia é veiculada de maneira pouco esclarecedora e com imprecisões.

para o ensino de Física, uma (1) referente à forma de aquisição de conhecimentos de cosmologia e as demais relativas a conceitos de FMC. A seguir, as questões são apresentadas separadas por segmento:

Questionário para os alunos sobre o tema “A Cosmologia e a Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”.	
Responda em folha avulsa. Para tanto, use as folhas de papel almaço disponíveis. Numere as respostas com o mesmo número das perguntas. Use quantas folhas precisar.	
<i>Questões pessoais</i>	
1.	Sexo
	() Masculino
	() Feminino
2.	Idade
	() anos
<i>Questões de conhecimento em cosmologia</i>	
1-	Você sabe qual a diferença entre a Física Moderna e a Física Clássica?
2-	Para você, o que é Cosmologia?
3-	Em suas aulas de Física, o professor aborda questões sobre Cosmologia na sala de aula?
4-	Qual sua principal fonte de informações sobre Cosmologia?
5-	Você gostaria que temas como teoria da relatividade, a origem do universo, a astrofísica, fossem ensinados na disciplina de Física?
6-	O que você acha das suas aulas de Física?
7-	Quais as imagens que você faz sobre:
a.	Efeito fotoelétrico:
b.	Radioatividade:
c.	Dualidade onda-partícula:
d.	Fissão e fusão nuclear:
e.	Teoria da relatividade:
f.	Raios X:
g.	Semicondutores e Supercondutores:
h.	Laser:
i.	Big Bang:
j.	Fibras óticas:
k.	Buracos negros:
l.	Galáxias:
m.	Quasares:
n.	Pulsares:
o.	Fauna interestelar:
p.	Nebulosas:

8.	Os dias da semana estão relacionados com que fenômeno celeste?
a)	a rotação da Terra
b)	a translação da Terra
c)	a rotação do Sol
d)	as fases da Lua
e)	o posicionamento das estrelas
9.	As estações do ano (Verão, Outono, Inverno, Primavera) ocorrem em função:
a.	De a Terra estar mais próxima ou afastada do Sol
b.	Da inclinação do eixo de rotação da Terra
c.	Da maior ou menor emissão de luz pelo Sol
d.	Do afastamento da Lua de acordo com as estações
e.	Da Translação da Terra
10.	O que pode ser dito a respeito da localização do centro do Universo:
a.	A Terra é o centro
b.	O Sol está no centro
c.	A Via Láctea está no Centro
d.	Uma Galáxia distante e desconhecida está no Centro
e.	Não existe centro do universo
11.	Qual das seguintes seqüências está corretamente agrupada em ordem de maior proximidade da Terra.
a.	Estrelas, Lua, Sol, Plutão
b.	Sol, Lua, Plutão, Estrelas
c.	Lua, Sol, Plutão, Estrelas
d.	Lua, Sol, Estrelas, Plutão
e.	Lua, Plutão, Sol, Estrelas
12.	Das seguintes alternativas, qual melhor representa o Sol:
a.	Asteróide
b.	Planetóide
c.	Planeta
d.	Galáxia
e.	Estrela
13.	Das alternativas abaixo, qual melhor expressa o Big Bang:
a.	A origem do sistema solar
b.	A criação da Terra
c.	A origem do Universo
d.	Criação da Galáxia
e.	Criação do Sol
14.	Das alternativas abaixo, qual melhor expressa Anos-luz:
a.	Uma medida de distância
b.	Uma medida de tempo
c.	Uma medida de velocidade

d.	Uma medida de intensidade luminosa
e.	Uma medida de Idade
<u>Questão relacionada à maneira como foram adquiridos os conhecimentos de astronomia</u>	
15. Os conceitos de astronomia que você possui foram adquiridos: (pode-se assinalar mais de uma alternativa)	
a.	Escola
b.	TVs
c.	Filmes
d.	Revistas
e.	Livros
f.	Internet
<u>Questões relacionadas com a infra-estrutura tecnológica das escolas</u>	
16. Você utiliza computadores? (pode-se assinalar mais de uma alternativa)	
a.	Sim, na escola
b.	Sim, em casa
c.	Sim, no trabalho
d.	Não
17. Na sua escola você já assistiu alguma apresentação ou utilizou algum programa de computador a respeito de cosmologia:	
a.	Sim, somente apresentações feitas pelo professor.
b.	Sim, já realizei atividades com o computador a respeito do assunto.
c.	Não, a escola não possui computador.
d.	Não, o professor nunca utilizou.

A atual pesquisa identificou, portanto, alguns dos conhecimentos apresentados por um grupo de estudantes com relação a determinados conceitos específicos relacionados à cosmologia, procurando ainda os mecanismos e fontes onde esses conhecimentos foram adquiridos. O trabalho se propôs ainda a verificar se a escola tinha conseguido desenvolver uma modalidade de ensino voltado para a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), de modo a permitir uma compreensão do conhecimento científico contextualizado, que pode estar relacionado naturalmente ao contexto do aluno, possibilitando, dessa forma, promover a aprendizagem⁵⁴.

Com os sujeitos professores, a amostra se prendeu a quatro indivíduos, dois de um estabelecimento de ensino público, com mais de 50 anos de existência e outros dois de ensino

⁵⁴ AULER, D.; Delizoicov, D. Visões de professores sobre as interações entre ciência-tecnologia-sociedade (CTS). In: Moreira, M. A.; Ostermann, F. (Orgs.). **Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. São Paulo: SBF, 1999. (CD-Rom, arquivo: a08.pdf)

privado com experiência didática em ensino médio e ensino preparatório para o vestibular. O questionário apresentado segue abaixo:

Questionário para os professores sobre o tema “As Noções de Cosmologia no Ensino de Física Moderna e Contemporânea em Nível Médio”	
Idade:	Gênero: M: F:
1- Qual sua formação, o ano e o local onde se formou? Possui formação pós-graduada? Qual ano e local?	
2- Há quanto tempo você atua como professor do Ensino Médio? Qual sua carga horária semanal, nesta escola?	
3- O que você acha da inserção da Cosmologia no Ensino Médio?	
4- Você se encontra preparado para ensinar Cosmologia para seus alunos? Por quê?	
5- Quais as vantagens e desvantagens de se ensinar Cosmologia para seus alunos de Ensino Médio?	
6- Você aborda algum tema de Cosmologia em sala de aula?	
7- Você faz alguma correlação entre a Cosmologia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea?	
8- Qual o livro didático que você usa em sala de aula? Esse livro aborda tópicos de Cosmologia? Se sim o que você acha do tratamento dado pelo autor?	
9- Seus alunos levantam questionamentos sobre temas de Física Moderna ou Contemporânea em sala de aula?	
10- Quais outras possíveis fontes de informações que os alunos poderiam estar acessando sobre Física Moderna ou Contemporânea?	
11- Você acha que seus alunos se interessariam por temas, como a teoria da relatividade, a origem do universo, entre outros?	
12- Você acha que é possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio? Se sim, de que forma?	
13 Se a Física Moderna e Contemporânea fosse inserida no Ensino Médio,	

quais sugestões você teria para essa inserção?
14 Você utiliza metáforas e analogias no ensino de física com seus alunos?
15 Quais as imagens, metáforas ou analogias, alegorias ou relatos que você faz para seus alunos sobre:
Efeito fotoelétrico:
Radioatividade:
Dualidade onda-partícula:
Fissão e fusão nuclear:
Teoria da relatividade:
Raios X:
Semicondutores e Supercondutores:
Laser:
Big Bang:
Fibras óticas:
Buracos negros:
Galáxias:
Quasares:
Pulsares:
Fauna interestelar:
Nebulosas:
<u>Questões relacionadas com a infra-estrutura tecnológica das escolas</u>
18. Você utiliza computadores? (pode-se assinalar mais de uma alternativa)
a. Sim, na escola
b. Sim, em casa
c. Sim, no trabalho
d. Não
19. Na sua escola você já utilizou alguma apresentação ou utilizou algum programa de computador a respeito de cosmologia:
a. Sim, somente apresentações feitas por mim mesmo.
b. Sim, já realizei atividades com o computador a respeito do assunto, com bom material de terceiros.
c. Não, a escola não possui computador.
d. Não, nunca utilizei.

A aplicação do questionário a alunos e professores ocorreu entre os dias 20 e 21 de outubro, após a liberação do Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos, cuja aprovação do projeto ocorreu em setembro. A análise dos dados e suas conseqüentes interpretações estão em seqüência.

II- NOÇÕES DE COSMOLOGIA NOS DISCURSOS DE ALUNOS E PROFESSORES

O instrumento que usamos para o levantamento das noções de Cosmologia nos discursos dos alunos no Ensino Médio foi a aplicação de um questionário aberto, com 17 questões, uma delas com 16 subitens. Participaram do estudo 63 alunos da faixa etária de 15 a 20 anos, dos 1º., 2º., e 3º. anos mais pré-Vestibular de um dos estabelecimentos de ensino, levaram de 15 a 30 minutos para responder livremente as questões. Na análise dos dados, foi dada ênfase a seu aspecto qualitativo e menos no quantitativo, já que estamos interessados na qualidade das *analogias, metáforas, paradoxos e alegorias* que os alunos podem produzir sobre os temas estimulados, em especial na parte de questões discursivas, conforme foi exposto no capítulo anterior.

Os alunos, uma turma de cada vez, se dirigiram a uma sala específica, cedida pelos colégios, onde foram informados sobre os objetivos da pesquisa⁵⁵. Conforme estabelecido no capítulo anterior, baseamos nossa análise de conteúdo segundo Bardin⁵⁶ que sugere etapas que vão da organização de todo o material à definição de unidades de registros que são analisadas pelo pesquisador para que possa iniciar uma categorização. Em nossa pesquisa primeiro fizemos a leitura de todos os dados em conjunto para uma posterior categorização a partir dos próprios elementos conceituais e lingüísticos contidos nas respostas dos alunos. Adotamos os seguintes passos: a) leitura de todos os questionários e mapeamento das respostas individuais; b) separação por unidade de registro, definido com base nas respostas de cada série de cada escola; c) categorização das respostas; d) análise dos dados extraídos das etapas que foram seguidas.

Detalhamos agora os questionários a partir das respostas dos alunos, categorizadas conforme o relato a seguir.

⁵⁵ A pesquisa cumpriu todos os trâmites exigidos pelo Comitê de Ética, desde seu registro no Ministério da Saúde, no órgão interno da UEM, e somente após a liberação em todas as instâncias, foi realizada a amostragem e cada aluno, em ambos colégios, recebeu as instruções necessárias sobre os objetivos da pesquisa e ainda um termo de consentimento, em caso de menor de idade, que foram assinados por pais e responsáveis, cujo relatório final foi entregue ao comitê interno da UEM no dia 14 de dezembro.

⁵⁶ ORLANDI, E. P. *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. Campinas: Editora Pontes, 1999.

II.I – A AMOSTRA

Escola 1 - Uma escola voltada ao Ensino Médio, de natureza pública e que atende uma comunidade local e regional, localizada na Zona 7, em Maringá, e que representa uma instituição de ensino tradicional, com mais de 50 anos de existência. A abordagem foi feita primeiro com os professores da disciplina de física, depois com os coordenadores de turno e por fim com a diretoria, em reuniões nas quais foram explicadas as motivações da pesquisa. Depois o convite foi feito aos alunos que foram muito receptivos quanto à pesquisa, mostrando-se interessados em participar. A amostragem foi por escolha aleatória de turmas, em turnos variados que oferecessem o ensino de física. Dos 30 questionários distribuídos apenas um não foi aproveitado por estar sem autorização, sendo descartado.

ESCOLA 1 – 1º. ANO (Turno: tarde)			
	MASCULINOS	FEMININOS	TOTAL
No. DE ALUNOS	10	01	11

ESCOLA 1 – 2º. ANO (Turno: tarde)			
	MASCULINOS	FEMININOS	TOTAL
No. DE ALUNOS	06	05	11

ESCOLA 1 – 3º. ANO (Turno: noite)			
	MASCULINOS	FEMININOS	TOTAL
No. DE ALUNOS	03	04	07

Escola 2 - Uma escola da rede privada do centro da cidade de Maringá, voltada para alunos da classe média-alta, e que representa uma instituição de ensino recente, com apenas cinco

anos de existência. Tanto alunos quanto direção e professores foram muito receptivos quanto à pesquisa. Optamos por restringir a amostra às três séries do Ensino Médio, com o 3º. Ano na modalidade pré-vestibular. Dos 40 questionários distribuídos, apenas 34 foram aproveitados, seis foram descartados por não estarem autorizados.

ESCOLA 2 – 1º. ANO (Turno: manhã)			
	MASCULINOS	FEMININOS	TOTAL
No. DE ALUNOS	07	03	10

ESCOLA 2 – 2º. ANO (Turno: manhã)			
	MASCULINOS	FEMININOS	TOTAL
No. DE ALUNOS	06	08	14

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR (Turno: manhã)			
	MASCULINOS	FEMININOS	TOTAL
No. DE ALUNOS	05	05	10

II.II – A ANÁLISE

Quadro 2 - Análise de conteúdo da questão: *Você sabe qual é diferença entre a Física Moderna e a Física Clássica?*

ESCOLA 1 – 1º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>FM – Eletricidade</i> <i>FC – Não estuda isso</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	09	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>FM – Conceitos atuais</i> <i>FC – Conceitos ultrapassados</i>	<i>FC - Astros e sistemas no tempo</i> <i>FM – A mesma coisa com experimentação e matemática</i>	<i>FC – Fenômenos derivados da natureza</i> <i>FM – Fenômenos manipulados pelo homem</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	06	04	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO	
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	07

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>Uma é a base da outra</i>	<i>FC – leis de Newton FM – outros cálculos</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	08	01	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>FM é de hoje FC é antiga</i>	<i>FC – Mecânica FM – Interdisciplinar</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	09	02	03

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>FC – Concreta FM - abstrata</i>	<i>FC – Fenômenos na terra FM – Fenômenos no espaço e sub- atômicos</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	05	01	04

Análise de conteúdo – Nota-se nas três séries do Ensino Médio e mesmo no ensino pré-vestibular, o desconhecimento entre os dois campos de conceitos em que se agrupam a FM e a FC. Há uma tentativa em associar analogicamente a Física Clássica (FC) à conceitos ultrapassados, da mesma forma que a Física Moderna (FM) consistiria em guardar todo o conhecimento atual, associação feita por seis alunos no total. As divisões que mais apareceram foram as de a) FC não estuda eletricidade e FM sim; b) FC está ligada à Newton e a sistemas de tempo, já a FM está ligada à Einstein e a experimentações matematizadas; c) FC

fenômenos ligados à natureza da Terra e FM fenômenos ligados ao espaço; e d) FC fenômenos concretos e FM fenômenos abstratos.

Quadro 3 – Análise de conteúdo da questão: *Para você, o que é cosmologia?*

ESCOLA 1 – 1º. ANO					
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>Estudo do cosmos</i>	<i>Estudo da física</i>	<i>Estuda a própria ciência</i>	<i>Gravidade</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	02	06	01	01	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>Estudo do Cosmos</i>	<i>Estudo da energia cósmica interior voltada para o sujeito em forma psicológica ou gnóstica</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	01	09	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>Estudo do cosmos</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	<i>06</i>	<i>01</i>

ESCOLA 2 – 1º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Estudo sobre o universo</i>	<i>Estudo das coisas fora da Terra</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	08	02

ESCOLA 2 – 2º. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>Estudo do cosmos</i>	<i>Astrologia e física</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	01	12	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não sei</i>	<i>Estudo do Cosmos</i>	<i>Estudos avançados</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	01	08	01

Análise de conteúdo – A quase totalidade dos alunos têm noção que cosmologia está ligada com o estudo do Cosmos e que o universo e tudo que o compreende faz parte deste conceito. Vale notar, entretanto o aparecimento de analogias com estudos avançados, sejam da própria ciência e física em especial, ou ainda também à astrologia em associação com a Física. O termo Cosmologia apareceu associado a um estudo interior, deixando claro que há uma confusão entre as chamadas *pseudociências* e temas como *viagens astrais* no sentido místico. Chamou a atenção também o fato de a quase totalidade do 3º. Ano da Escola 1 desconhecer o termo e suas analogias.

Quadro 4 – Análise de conteúdo da questão: *Em suas aulas de física, o professor aborda questões sobre cosmologia na sala de aula?*

ESCOLA 1 – 1º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	06	05

ESCOLA 1 – 2º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	09	02

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	07	00

ESCOLA 2 – 1º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	06	04

ESCOLA 2 – 2º. ANO		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	12	02

ESCOLA 2 – 3 °. ANO E PRÉ-VESTIBULAR		
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	07	03

Análise de conteúdo – Os professores, segundo a pesquisa, não tratam de assuntos ligados à cosmologia em sala de aula. Para alguns que associaram cosmologia à conceitos como gravitação, objetos fora da Terra, conhecimento avançado, a resposta à pergunta foi positiva, correspondendo à 16 do total de 55. Chama atenção este item ser encontrado nas duas escolas na mesma série: a 1ª.

Quadro 5 – Análise de conteúdo da questão: *Qual sua principal fonte de informações sobre cosmologia?*

ESCOLA 1 – 1°. ANO						
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Nenhuma</i>	<i>O céu</i>	<i>O professor de filosofia</i>	<i>O professor de física</i>	<i>A TV</i>	<i>A internet</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	06	01	01	01	01	01

ESCOLA 1 – 2°. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Nenhuma</i>	<i>Aulas de física</i>	<i>Internet e TV</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	08	01	02

ESCOLA 1 – 3º. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Nenhuma</i>	<i>Não sei</i>	<i>TV</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	05	01	01

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Nenhuma</i>	<i>Internet</i>	<i>TV</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	02	06	02

ESCOLA 2 – 2º. ANO			
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Nenhuma</i>	<i>Internet</i>	<i>TV e revistas</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	09	04	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR				
<u>CATEGORIAS</u>	<i>Nenhuma</i>	<i>Professores</i>	<i>Internet</i>	<i>TV</i>
<u>OCORRÊNCIAS</u>	02	01	06	01

Análise de conteúdo – O padrão de respostas esperado para a questão não surpreendeu uma vez que encontram-se nelas as ligações mais próximas dos alunos: a TV, a internet e as revistas. A surpresa fica para em ocorrência de apontar no próprio céu sua fonte de informação, fonte primitiva da maioria dos astrônomos e ainda o maior dos objetos já investigados pela curiosidade humana. Os que não têm fontes nenhuma sobre Cosmologia correspondem àqueles que não sabiam com certeza do que tratava a própria Cosmologia enquanto ciência. Apenas seis apontaram as aulas ou seus professores, e aí é necessário destacar a ocorrência da disciplina Filosofia e Física, e nenhuma para a disciplina Geografia,

que comungam de assuntos que poderiam estar categorizados como da área cosmológica. A internet aparece com 19 ocorrências, 16 na Escola 2 e em todas as séries. A TV aparece em oito ocorrências, sendo ainda uma fonte usual da ciência para boa camada da população, em especial, os alunos do Ensino Médio. Apenas uma ocorrência de revista, numa clara depreciação da leitura em mídia impressa que tem se tornado acentuado a cada ano.

Quadro 6 – Análise de conteúdo da questão: *Você gostaria que temas como teoria da relatividade, a origem do universo, a astrofísica, fossem ensinados na disciplina de Física?*

ESCOLA 1 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Sim</i>	<i>Muito interessante</i>	<i>Poderia incentivar o aluno a estudar a área</i>	<i>Não</i>
OCORRÊNCIAS	06	02	01	02

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Sim</i>	<i>Gostaria muito</i>	<i>Com certeza</i>	<i>Não</i>
OCORRÊNCIAS	04	02	04	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
OCORRÊNCIAS	06	01

ESCOLA 2 – 1º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
OCORRÊNCIAS	06	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
OCORRÊNCIAS	10	00

ESCOLA 3 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
OCORRÊNCIAS	09	01

Análise de conteúdo – Os alunos dos 1º. e 2º. anos da Escola 1 foram enfáticos em suas respostas, permitindo uma categorização acima de sim e não, abrindo para *com certeza, gostaria muito, seria interessante, incentivaria o aluno* a estudar a área. A resposta esteve mais entre o *sim* e o *não* e a demonstração de afirmativas é extremamente alta: 48 alunos confirmaram *sim*, mais quatro *gostariam muito* ou achariam *interessante*, e outro que se sentiria *incentivado* a estudar. Da amostra, apenas seis alunos *não* se sentiram motivados com a temática.

Quadro 7 – Análise de conteúdo da questão: *O que você acha de suas aulas de física?*

ESCOLA 1 – 1º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Ótimas</i>	<i>Legais, interessantes, inteligentes</i>	<i>Boas, o professor ensina bem</i>	<i>Boas</i>	<i>Médias</i>
OCORRÊNCIAS	02	04	02	02	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO						
CATEGORIAS	<i>Interessantes</i>	<i>Gosto muito</i>	<i>Aproveitáveis</i>	<i>Complicadas e insignificantes</i>	<i>Um saco</i>	<i>Insuportáveis</i>
OCORRÊNCIAS	03	02	01	03	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Boas</i>	<i>Razoáveis</i>	<i>Nada interessantes</i>	<i>Difíceis e chatas</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	01	02

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Boas</i>	<i>Legais</i>	<i>Difíceis</i>
OCORRÊNCIAS	06	03	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO						
CATEGORIAS	<i>Boas</i>	<i>Interessantes</i>	<i>Legais</i>	<i>Um pouco maçantes</i>	<i>Não gosto</i>	<i>Chatas</i>
OCORRÊNCIAS	04	04	01	04	01	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR						
CATEGORIAS	<i>Excelentes</i>	<i>Boas</i>	<i>Produtivas</i>	<i>Faltam assuntos</i>	<i>Faltam aulas</i>	<i>Não gosto</i>

				<i>de FM</i>	<i>práticas</i>	
OCORRÊNCIAS	01	01	01	02	01	04

Análise de conteúdo – Somente uma turma, a 1º. ano da Escola 1, associou o gostar da física ao professor, já que só lá não apareceu nenhuma das categorias como *chata e insuportáveis*, como nas séries seqüentes. Nestes alunos, o gostar de física está associado ao *professor ensinar bem*, e as *aulas serem inteligentes e interessantes*. Já o oposto ocorre no 2º. Ano na mesma escola onde a categorização *um saco e insuportável* atingiu uma escala que fica abaixo de *assunto insignificante e complicado*, onde a turma só vê positivo em algumas atribuições *aproveitáveis* que sobe até a escala do *interessante*. Se somássemos os valores atribuídos às aulas teríamos:

Categorias negativas sobre as aulas de física:

<i>Complicadas e insignificantes</i>	<i>Um saco</i>	<i>Insuportáveis</i>	<i>Um pouco maçantes</i>	<i>Não gosto</i>	<i>Chatas</i>
<i>Faltam assuntos de FM</i>	<i>Faltam aulas práticas</i>	<i>Nada interessantes</i>		<i>Díficeis e chatas</i>	

Quadro 8 – Análise de conteúdo da questão: *Quais as imagens que você faz sobre:*

a) Efeito fotoelétrico

ESCOLA 1 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Não sei</i>	<i>Efeito da foto sair na hora</i>	<i>Algo interessante</i>
OCORRÊNCIAS	04	06	01	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Não sei</i>	<i>Raio</i>	<i>Efeito à base de fótons, luz, claridade</i>
OCORRÊNCIAS	01	08	01	01

ESCOLA1 – 3º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Não sei</i>	<i>Algo sobre fotos</i>
OCORRÊNCIAS	04	02	02

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Luz</i>	<i>Excitação de um elétron por um feixe de luz</i>
OCORRÊNCIAS	03	04	03

ESCOLA 2 – 2º. ANO						
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Elétrons que viram fótons</i>	<i>Fótons interagindo com elétrons</i>	<i>Imagens feitas de energia</i>	<i>Energia, corrente de luz, fonte luminosa</i>	<i>Luz a partir de eletricidade</i>
OCORRÊNCIAS	07	03	01	01	01	01

ESCOLA 2 – 3°. ANO E PRÉ-VESTIBULAR					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Partículas iluminescentes de elétrons</i>	<i>Pulo do elétron entre placas positivas e negativas</i>	<i>Deslocamento do elétron na órbita e que causa luz</i>	<i>Excitação de quantum de luz</i>
OCORRÊNCIAS	02	03	02	01	02

Análise de conteúdo – Do total da amostra, 37 alunos disseram não fazer nenhuma imagem que remeta ao efeito fotoelétrico ou não sabiam do que se tratava. Não houve nenhuma ocorrência em que estivesse relacionado Albert Einstein ao conceito que deu ao físico seu Prêmio Nobel. Dos que arriscaram uma definição ou imagem, nota-se que na Escola 1, a associação que se faz, excetuando o não conhecimento, é com fotografias, seja ela rápida (instantânea) e apenas uma ocorrência onde aparece uma ligeira lembrança de um *conceito fotônico*. Já na Escola 2, o conceito de uma *excitação elétrica* por um *fóton* parece estar mais vivo. A associação com luz está bem definida e no 3°. Ano chega a ocorrer o conceito de *quantum*, revelando alguma noção da FMC e das relações que a fazem diferenciar da FC.

b) Radioatividade

ESCOLA 1 – 1°. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Algo perigoso</i>	<i>Bomba atômica, lixo radioativo</i>	<i>Uma onda que, dependendo da intensidade, pode causar vários males</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	06	01	01	01	03

ESCOLA 1 – 2º. ANO						
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Tem a ver com câncer</i>	<i>Vários raios que se unem formando radiatividade</i>	<i>Ondas de rádio</i>	<i>Ondas radioativas que podem prejudicar ou beneficiar</i>	<i>Química</i>
OCORRÊNCIAS	02	02	01	01	04	01

ESCOLA – 3º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Fenômeno natural que produz radiação</i>	<i>Efeitos da bomba atômica</i>
OCORRÊNCIAS	05	01	01

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Algo arriscado ou perigoso</i>	<i>Elemento químico</i>
OCORRÊNCIAS	04	03	03

ESCOLA 2 – 2º. ANO						
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Algo que afeta todos os seres vivos ou não é bom para nós</i>	<i>Átomos de Urânio e plutônio interagindo com o Carbono</i>	<i>Plutônio, raios alfa, beta e gama</i>	<i>Energia, que se expande</i>	<i>Toxicidade dos elementos</i>
OCORRÊNCIAS	01	08	01	01	02	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR						
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Arma nuclear</i>	<i>Uma pedrinha verde limão</i>	<i>Energia poderosa</i>	<i>Emissão de partículas ou partículas alfa, beta e gama</i>	<i>Instabilidade do átomo</i>
OCORRÊNCIAS	02	02	01	01	02	02

Análise de conteúdo – As imagens da radiação apareceram com certa limitação na amostra coletada. Na verdade, os alunos optaram mais para tentar definir o que seria a radioatividade. Chama atenção para imagem da *pedrinha verde limão*, que remete à *kriptonita* ficcional. O lado negativo da radiação parece ter mais ênfase dos alunos, já que a associação entre *armas nucleares*, *efeito prejudicial aos seres vivos*, *causa de câncer* – sequer o uso na medicina como combate ao câncer foi lembrado – e *lixo tóxico*. A imagem de *raio ou feixe de raios* também apareceu em cinco das amostras e outras cinco relacionando à *ondas*. A associação da

radioatividade à *química* e à *instabilidade do átomo* foi registrada. O conceito de partículas alfa, beta e gama apareceu no 3º. ano da Escola 2, o que demonstra mais uma vez que na preparação para o vestibular os alunos têm obtido informações com um grau de conceitualidade maior do que nas outras séries, revelando uma inclusão na Física Moderna e Contemporânea bem maior.

c) Dualidade onda-partícula

ESCOLA 1 – 1º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	07	04

ESCOLA 1 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Radiação</i>	<i>Microondas</i>	<i>Ondas com duas partes</i>	<i>Diferença entre onda (energia) e onda (partícula)</i>
OCORRÊNCIAS	06	01	01	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	02	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Hora a luz é onda, outra partícula</i>	<i>Movimento</i>
OCORRÊNCIAS	07	02	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Menores partes existentes</i>	<i>Partículas em forma de onda</i>	<i>Duas ondas elétricas</i>
OCORRÊNCIAS	10	01	01	02

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Cores que a luz branca reflete</i>	<i>Luz que se comporta como onda e partícula</i>	<i>luz</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	03	02

Análise de conteúdo – Chamou a atenção na Escola 1 o mesmo nível de resposta entre o 1º. e o 3º. anos. Nos dois casos não havia qualquer imagem que remetesse ao tema proposto. Também no 2º. ano da mesma escola a associação é fraca. Na Escola 2 a associação a um comportamento da luz está bem nítida. Já no 1º. ano a característica implícita da luz é citada até uma conceituação mais adequada em uma imagem de comportamento da luz no 3º. ano. Cabe nota o fato de no 2º ano desta escola o conceito não ter gerado imagens mais fortes de associação com a luz. Outra constatação é total falta de qualquer tentativa de relacionar historicamente o conceito ou a idéia que se tem do conceito apresentado. Podemos denotar, portanto, que o aluno vê na física um campo de conhecimentos certos e seguros, já que palavras como *teoria, hipótese, idéia do cientista (filósofo, religioso, historiador), corrente teórica*, ou outras associações *cronológicas* ou de *caráter histórico*.

d) Fissão e fusão nuclear

ESCOLA 1 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Experiências</i>	<i>Boas coisas</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	02	01	01	06

ESCOLA 1 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Bombas</i>	<i>Submeter o átomo e seu núcleo a altas temperaturas que os núcleos se fundem; fissão separa o núcleo; fusão une</i>	<i>Purificação do produto radioativo</i>	<i>Buraco e junção nuclear</i>
OCORRÊNCIAS	06	02	02	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>União</i>
OCORRÊNCIAS	06	01	01

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Bomba atômica e Usina Nuclear</i>	<i>Explosão</i>
OCORRÊNCIAS	04	04	02

ESCOLA 2 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Algo com força nuclear</i>	<i>Bomba</i>	<i>Fusão do átomo; Desintegração de átomos</i>	<i>Criação e destruição</i>
OCORRÊNCIAS	05	01	02	05	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Produção de energia</i>	<i>Cogumelo, Sol</i>	<i>Quebra de moléculas</i>
OCORRÊNCIAS	01	06	02	01

Análise de conteúdo – Associar fissão e fusão nuclear ao Sol foi uma grande surpresa, o que revela que o *ciclo próton-proton* de Bethe pode ter sido conhecido pelo aluno. Mesmo sendo grande o número de alunos que desconhecem ou não fazem qualquer relação com os conceitos, nota-se mais uma vez – e cada vez mais que o assunto é recorrente do conteúdo da FMC – que na Escola 2, a idéia de *uma produção de energia* por trás dos dois processos é possível. A síntese de *criação e destruição*, em uma ocorrência, também é significativo do quanto em importância envolve o assunto.

e) Teoria da Relatividade

ESCOLA 1 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Não lembro</i>	<i>Ainda não estudei</i>
OCORRÊNCIAS	04	05	01	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Teoria de Einstein onde diz que tudo é relativo</i>	<i>Teoria escrita</i>	$E = mc^2$
OCORRÊNCIAS	07	02	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Desvendar o tempo em relação ao todo</i>	<i>Tempo depende de referência</i>
OCORRÊNCIAS	07	01	02

ESCOLA 2 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Tudo é relativo</i>	<i>Teoria do Einstein</i>	$E = mc^2$
OCORRÊNCIAS	06	01	06	02

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Velocidade da luz aplicada e usinas nucleares</i>	<i>Teoria do Einstein</i>	$E = mc^2$
OCORRÊNCIAS	01	02	05	02

Análise de conteúdo – Apesar de bastante conhecida, surpreende que 26 ocorrências não sei, sem qualquer associação tenha sido registrada, contando mais 13 ocorrências entre nenhuma, ainda não estudei e não lembro. Houve 13 ocorrências para a Teoria do Einstein e cinco para a fórmula $E = mc^2$. Apenas três ocorrências com associação ao tempo e duas confundindo, mas lembrando, o uso dos postulados da teoria nas usinas nucleares.

f) Raios - X

ESCOLA 1 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Experiência</i>	<i>Hospital, médico</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	03	01	03	05

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Radiografia de hospital</i>	<i>Foto de esqueleto; para ver osso quebrado</i>	<i>Radiação</i>
OCORRÊNCIAS	01	01	07	02

ESCOLA 1 – 3º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Chapas do corpo humano</i>	<i>Ultrassom</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	01	01	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Medicina</i>	<i>Fotos</i>	<i>Osso quebrado</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	04	02	01	02	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Uma foto para ver dentro da pessoa; imagens internas do corpo; foto de osso</i>	<i>Radioatividade</i>	<i>Uma etapa de ondas eletromagnéticas; Luz que impregna uma massa</i>	<i>Exame médico</i>
OCORRÊNCIAS	01	05	02	03	03

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Raios infra-vermelhos</i>	<i>Tecnologia médica</i>	<i>Raios</i>	<i>Emissão de raios beta</i>
OCORRÊNCIAS	04	02	02	01	01

Análise de conteúdo – Há 14 ocorrências ligadas ao *não conhecimento* do conceito somando a 12 ocorrências de não ser possível *nenhuma* imagem. Houve também 12 ocorrências relacionando o termo aos *assuntos médicos*, seja de tratamento ou de *tecnologia da área médica*, a esses poderia ser acrescentadas as 14 ocorrências relacionando a *osso quebrado*, especificamente a uma *fotografia de um osso quebrado*. No 3º. ano da Escola 2 nota-se uma tentativa de se referir ao seu conteúdo, com analogias de raios e *emissão de partículas beta*. Chama atenção uma ocorrência associando o Raio – X ao *ultrassom*.

g) Semicondutores e Supercondutores

ESCOLA 1 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Uma teoria</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	06	04	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Mais ou menos condutores de energia</i>	<i>Energia</i>	<i>Metais e água</i>
OCORRÊNCIAS	02	06	02	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Fios</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	01	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Teoria sobre a facilidade de transportar elétrons em materiais</i>
OCORRÊNCIAS	05	02	03

ESCOLA 2 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Algo que conduz objetos</i>	<i>Algo que conduz energia</i>	<i>Substâncias para fazer experiências no espaço</i>
OCORRÊNCIAS	04	02	02	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Fios</i>	<i>Matéria que conduz corrente elétrica</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	06

Análise de conteúdo – Exceção os que desconhecem o assunto, há uma certa associação – talvez até pela obviedade do termo – com a *condução ou de energia ou de eletricidade*, entendida como coisas diferentes, daí a ocorrência também de *fios*. Há também ocorrências de confusão com *supercordas* e com *experiências no espaço*, como se se tratasse de material usado em naves e estação espaciais.

h) Laser

ESCOLA 1 – 1º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Orientações (mira)</i>	<i>Luz vermelha dos brinquedos</i>	<i>Um raio que lê coisas</i>	<i>Cirurgias</i>
OCORRÊNCIAS	07	01	01	01	01

ESCOLA 1 – 2º ANO						
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Desenho animado Power Rangers</i>	<i>Raio para tratar doenças</i>	<i>Feixe de luz elétrica; luz</i>	<i>Raios infra-vermelhos</i>	<i>Diversão</i>
OCORRÊNCIAS	01	01	02	02	04	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Luz de alta potência</i>	<i>Feixe de luz concentrado</i>	<i>Vermelho</i>
OCORRÊNCIAS	05	02	02	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Luz que vai à longa distância em forma de ponto</i>	<i>Luz vermelha poderosa e potente; feixe de luz que corta; Raio luminoso</i>	<i>Diversão</i>	<i>Star Wars</i>
OCORRÊNCIAS	01	03	06	03	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Raio; Raio azul; raio vermelho</i>	<i>Feixe ordenado de luz</i>	<i>Variação do subnível dos elétrons</i>
OCORRÊNCIAS	02	04	03	01

Análise de conteúdo – Há uma certa confusão entre o que vem a ser Laser para os alunos. A amostra registra ocorrências que revelam isso como: *mira; raio que lê coisas, luz vermelha dos brinquedos*. Aparece ainda o *uso em cirurgias e raio para tratar doenças*. Há também uma associação à cor, *vermelha e azul*. Também apareceram ocorrências que relacionavam com desenhos animados como *Power Rangers e Star Wars*. No 3º. ano da Escola 2, uma definição de *variação do subnível dos elétrons* também foi registrada com três ocorrências. Nenhum dos alunos se referiu ao fato de Laser ser uma abreviatura para palavras em inglês que definem o que venha a ser. Ao mesmo tempo houve duas ocorrências da confusão entre *laser e lazer*, sendo na pesquisa aparecendo a opção *diversão* em quatro amostras.

i) Big Bang

ESCOLA 1 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>A explosão que gerou o universo; a explosão do universo</i>	<i>Origem do universo</i>	<i>Experiência e pesquisa</i>
OCORRÊNCIAS	01	03	06	03

ESCOLA 1 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Teoria que diz que o universo surgiu de uma explosão e que tudo se expande; Grande explosão</i>	<i>Bomba</i>	<i>Diferença de geração e divisão de eras da pré-história</i>	<i>Surgimento da Terra</i>	<i>Movimento que diz que um meteoro atingiu a Terra e teve início a origem da vida</i>
OCORRÊNCIAS	07	01	01	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Uma explosão</i>	<i>Explosão de um meteoro gigante que deu origem ao universo</i>	<i>Origem do universo</i>	<i>Surgimento do mundo</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	01	01	01

ESCOLA 2 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Começo de um mistério em uma explosão</i>	<i>Espalhamento da matéria</i>	<i>Explosão</i>	<i>Não sei</i>
OCORRÊNCIAS	01	01	04	04

ESCOLA 2 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Grande explosão</i>	<i>Origem do universo</i>	<i>Uma explosão de objetos ou seres não-vivos cósmicos</i>	<i>Criação do mundo</i>	<i>Não sei</i>
OCORRÊNCIAS	01	10	01	02	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR		
CATEGORIAS	<i>Teoria da origem do universo</i>	<i>Explosão</i>
OCORRÊNCIAS	09	01

Análise de conteúdo – Não há dúvidas que boa parte dos alunos sabe o que propõe a teoria do *Big Bang*, apesar de alguns associarem a ela um caráter de verdade estabelecida, com 31 ocorrências. É bom notar que duas ocorrências registram dietamente *Big Bang* com *criação*. Chama a atenção também a associação com a explosão de um *meteoro que trouxe vida extra-terrestre* em duas ocorrências. Duas ocorrências também valem registro: uma que marca o *espalhamento da matéria* e outra que relaciona com a *passagem de eras geológicas*.

j) Fibras óticas

ESCOLA 1 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Visão</i>
OCORRÊNCIAS	01	10	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Transmissão de dados; fios; conduzir imagens</i>	<i>Ligado à visão; óculos; microscópio</i>	<i>Tipo de vidro</i>
OCORRÊNCIAS	03	04	03	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	07	01

ESCOLA 2 –1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Transmissão da informação pela luz</i>	<i>Vidro</i>
OCORRÊNCIAS	03	06	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Cabo que conduz informação; cabo que conduz energia e imagem</i>	<i>Artificio óptico para testar refração e reflexão de luz</i>	<i>Fios de vidro</i>
OCORRÊNCIAS	06	05	01	03

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Tecnologia</i>	<i>Cabos que transmitem informações</i>	<i>Cabos de luz</i>
OCORRÊNCIAS	02	03	04	01

Análise de conteúdo – A idéia de cabos que conduzem luz ou informação aparece em 19 ocorrências. Novamente na Escola 1 o grau de conhecimento da 1º. ano é o mesmo do 3º. ano. Há também ocorrências de vidro e ligados à visão. O que se percebe é que na Escola 2 os alunos tendem a conhecer mais os assuntos ligados à ciência e tecnologia.

k) Buracos negros

ESCOLA 1 – 1º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Perda sem explicação</i>	<i>Buraco sem fim</i>	<i>Buraco que consome os planetas; teoria</i>
OCORRÊNCIAS	03	04	01	01	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Bueiro, buraco, ralo</i>	<i>Buraco por causa da poluição</i>	<i>Região de gravidade tão elevada que atrai tudo o que passa perto</i>
OCORRÊNCIAS	03	02	02	04

ESCOLA 1 – 3º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Encontrado no espaço</i>
OCORRÊNCIAS	01	07	01

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Buraco no espaço que suga as coisas; ralo que suga matéria</i>	<i>Erro de cálculo de Steven Hawkins</i>	<i>Escuros; regiões escuras; escuridão</i>
OCORRÊNCIAS	06	01	03

ESCOLA 2 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Fenômeno espacial</i>	<i>Buracos radioativos que exercem atração gravitacional, buracos espaciais</i>	<i>Lugar no universo onde a pressão é muito alta</i>	<i>Estrelas mortas com grande atração</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	07	01	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR					
CATEGORIAS	<i>Morte de uma estrela</i>	<i>Buraco</i>	<i>Não existem</i>	<i>Tese mal interpretada de Steven Hawkins</i>	<i>Aglomerado de massa que não deixa a luz passar</i>
OCORRÊNCIAS	02	02	02	02	02

Análise de conteúdo – Foram detectadas 22 ocorrências que remetem ao não conhecimento ou a nenhuma imagem de buracos negros. Outras 19 ocorrências remetem a idéia de buraco que pode ser *sem fim, um ralo, que engole planetas, que suga as coisas, radioativo*. Uma idéia de uma pressão ou atração gravitacional também foram registradas. Chama atenção e

registro de três ocorrências que questionam o conceito como sendo *erro de cálculo* ou *tese mal interpretada* de Hawkins.

l) Galáxias

ESCOLA 1 – 1º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Divisões do cosmos</i>	<i>Existem várias a nossa é a Via Lactea</i>	<i>Outro sistema de planetas</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	04	02	01	01	03

ESCOLA 1 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Regiões do universo</i>	<i>Grandes agrupamentos de estrelas</i>	<i>O sem fim</i>	<i>Planetas</i>
OCORRÊNCIAS	04	02	02	01	02

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	07

ESCOLA 2 – 1º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Algo enorme onde há estrelas e planetas</i>	<i>Conjunto de conjunto de sistemas planetários</i>	<i>Planetas</i>	<i>O espaço</i>
OCORRÊNCIAS	02	02	01	02	02

ESCOLA 2 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Todo o universo</i>	<i>Regiões do espaço</i>	<i>Reunião de sistemas planetários</i>	<i>Via Lactea</i>
OCORRÊNCIAS	03	01	09	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Conjunto de estrelas</i>	<i>Conjunto de planetas</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	07

Análise de conteúdo – Em 25 ocorrências os estudantes associam galáxias a *planetas*, sejam em reunião ou em *sistemas planetários*, e parecem dar um valor coletivo ao conceito. Também aparece com um sentido de *espaço* e nominada de *Via Láctea*. Há também uma divisão entre *conjunto de estrelas* ou *conjunto de planetas*.

m) Quasares

ESCOLA 1 – 1º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	06	04

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Astros que não pulsam</i>	<i>Estrelas e planetas</i>	<i>Sol que acabou sem combustível</i>
OCORRÊNCIAS	07	01	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Não sei</i>
OCORRÊNCIAS	06	01

ESCOLA 2 – 1º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Não sei</i>
OCORRÊNCIAS	04	06

ESCOLA 2 – 2º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Estrelas</i>	<i>Pedaços de corpos no espaço</i>
OCORRÊNCIAS	10	02	02

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR	
CATEGORIAS	<i>Não Sei</i>
OCORRÊNCIAS	10

Análise de conteúdo – O não conhecimento era esperado e se revelou com grande nitidez uma vez que o conceito está restrito ao uso na cosmologia. Vale registrar, entretanto, idéias como pedaços de *corpos no espaço*, *sol que acabou sem combustível* e *astros que não pulsam*.

n) Pulsares

ESCOLA 1 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Partícula formadora do universo</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	06	01	03

ESCOLA 1 – 2º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Algo que pulsa</i>	<i>Uma pedra</i>
OCORRÊNCIAS	03	01	09

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Pulso</i>
OCORRÊNCIAS	05	04	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Estrelas</i>	<i>Pulso de partículas</i>
OCORRÊNCIAS	12	01	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR	
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>
OCORRÊNCIAS	10

Análise de conteúdo – Os pulsares são tão desconhecidos quanto os quasares. Vale registrar, entretanto, idéias como *pulso de partículas* e *partícula formadora do universo*. Fora isso os alunos em 41 ocorrências disseram não saber do que se tratava.

o) Fauna interestelar

ESCOLA 1 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Vida fora da Terra</i>	<i>Experiências</i>
OCORRÊNCIAS	06	03	01	01

ESCOLA 1 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Lugar com novas estrelas; estrelas em extinção; cuidado com as estrelas</i>	<i>Vida em outros planetas</i>	<i>Diversidade de astros</i>
OCORRÊNCIAS	07	01	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO			
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Espécies</i>
OCORRÊNCIAS	07	02	01

ESCOLA 2 – 2º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Extraterrestres</i>	<i>Conjunto de algo ligado às estrelas</i>	<i>Diversidade de coisas no espaço</i>
OCORRÊNCIAS	07	02	02	03

ESCOLA 2 – 3°. ANO E PRÉ-VESTIBULAR		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Variedade de astros no cosmos</i>
OCORRÊNCIAS	08	02

Análise de conteúdo – A associação entre *fauna* e *extraterrestres* é forte. Os alunos parecem ter dificuldades em transposição de conceitos que envolvem o empréstimo de palavras de outras ciências aplicadas em um contexto diferente. A *variedade de formas no espaço*, no entanto, demonstra uma relação com os temas abordados até aqui, o que nos leva a acreditar que os acertos são mais por associação ao que já foi tratado até aqui. Também chama atenção o aparecimento de *estrelas* como única forma conhecida de conceito associado ao espaço pelos alunos.

p) Nebulosas

ESCOLA 1 – 1°. ANO				
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>	<i>Embaraço</i>	<i>Neblina</i>
OCORRÊNCIAS	07	01	02	01

ESCOLA 1 – 2°. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Estrelas negras</i>	<i>Algo ligado às nuvens</i>	<i>Embaçado</i>	<i>Galáxias</i>
OCORRÊNCIAS	06	01	03	01	01

ESCOLA 1 – 3º. ANO		
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Nenhuma</i>
OCORRÊNCIAS	01	06

ESCOLA 2 – 1º. ANO				
CATEGORIAS	<i>Nenhuma</i>	<i>Fragmentos de matéria</i>	<i>Nuvens</i>	<i>Não sei</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	02	03

ESCOLA 2 – 2º. ANO					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Névoa; neblina; gases; nuvens baixas</i>	<i>Concentração de poeira estelar</i>	<i>Matéria que emite luz</i>	<i>Universo</i>
OCORRÊNCIAS	05	06	01	01	01

ESCOLA 2 – 3º. ANO E PRÉ-VESTIBULAR					
CATEGORIAS	<i>Não sei</i>	<i>Mancha leitosa</i>	<i>Formadora das estrelas</i>	<i>Nuvens espaciais</i>	<i>Formação gasosa</i>
OCORRÊNCIAS	04	01	01	03	01

Análise de conteúdo – Chama atenção boa parte dos alunos ainda associarem o conceito à palavra, lembrando coisas, nuvens, neblina e névoa e outros até mesmo uma coisa embarçada (nebuloso). O conceito é associado ainda a formação de estrelas e ao próprio universo como uma grande mancha escura.

II.III – PERGUNTAS OBJETIVAS

Esta parte da pesquisa buscou identificar alguns dos conhecimentos apresentados pelos alunos com relação a determinados conceitos específicos relacionados à cosmologia, procurando ainda verificar os mecanismos e fontes onde esses conhecimentos foram adquiridos. O trabalho se propõe ainda a verificar se a escola tem conseguido desenvolver uma modalidade de ensino voltado para a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), de modo a permitir uma compreensão do conhecimento científico contextualizado, que pode estar relacionado naturalmente ao contexto do aluno, possibilitando, dessa forma, promover a aprendizagem. Consideramos, portanto as duas primeiras questões e as de número 8 à 17 do questionário, totalizando 12 questões de múltipla escolha, das quais duas (2) eram de caráter pessoal, duas (2) referentes à utilização das tecnologias como recursos para o ensino de Física, uma (1) referente à forma de aquisição de conhecimentos de cosmologia e as demais relativas a conceitos de astronomia. Na sequência, as questões são apresentadas separadas por segmento e por escola:

ESCOLA 1

<i>Os dias da semana estão relacionados com que fenômeno celeste?</i>		
a)	a rotação da Terra	63.2%
b)	a translação da Terra	6.2%
c)	a rotação do Sol	00.0%
d)	as fases da Lua	23.4%
e)	o posicionamento das estrelas	6.2%

ESCOLA 2

<i>Os dias da semana estão relacionados com que fenômeno celeste?</i>		
a)	a rotação da Terra	52.8%
b)	a translação da Terra	20.4%
c)	a rotação do Sol	00.0%
d)	as fases da Lua	23.4%
e)	o posicionamento das estrelas	3.4%

ESCOLA 1

<i>As estações do ano (verão, outono, inverno, primavera) ocorrem em função:</i>		
a)	De a Terra estar mais próxima ou afastada do Sol	33.0%
b)	Da inclinação do eixo de rotação da Terra	33.4%
c)	Da maior ou menor emissão de luz pelo Sol	0.2%
d)	o afastamento da Lua de acordo com as estações	0.0%
e)	Da translação da Terra	33.4%

ESCOLA 2

<i>As estações do ano (verão, outono, inverno, primavera) ocorrem em função:.</i>		
a.	De a Terra estar mais próxima ou afastada do Sol	33.2%
b.	Da inclinação do eixo de rotação do Terra	37.1%
c.	Da maior ou meno emissão de luz pelo Sol	8.2%
d.	Do afastamento da Lua de acordo com as estações	3.3%
e.	Da translação da Terra	18.2%

ESCOLA 1

<i>O que pode ser dito a respeito da localização do centro do universo.</i>		
a.	A Terra é o centro do universo	6.5%
b.	O Sol está no centro	22.5%
c.	A Via Láctea está no centro	6.5%
d.	Uma galáxia distante e desconhecida está no centro	0.0%
e.	Não existe centro do universo	64.5%

ESCOLA 2

<i>O que pode ser dito a respeito da localização do centro do universo:</i>	
a. A Terra é o centro	0.0%
b. O Sol está no centro	26.6%
c. A Via Láctea está no centro	2.9%
d. Uma galáxia distante e desconhecida está no centro	2.9%
e. Não existe centro do universo	67.6%

ESCOLA 1

<i>Qual das seguintes seqüências está corretamente agrupada em ordem de maior proximidade da Terra.</i>	
f. Estrelas, Lua, Sol, Plutão	22.7%
g. Sol, Lua, Plutão, Estrelas	6.5%
h. Lua, Sol, Plutão, Estrelas	35.4%
i. Lua, Sol, Estrelas, Plutão	35.4%
j. Lua, Plutão, Sol, Estrelas	0.0%

ESCOLA 2

<i>Qual das seguintes seqüências está corretamente agrupada em ordem de maior proximidade da Terra.</i>	
a. Estrelas, Lua, Sol, Plutão	8.8%
b. Sol, Lua, Plutão, Estrelas	8.7%

c.	Lua, Sol, Plutão, Estrelas	31.2%
d.	Lua, Sol, Estrelas, Plutão	40.1%
e.	Lua, Plutão, Sol, Estrelas	11.2%

ESCOLA 1

<i>Das seguintes alternativas, qual melhor representa o Sol:</i>		
a.	Asteróide	
b.	Planetóide	
c.	Planeta	
d.	Galáxia	
e.	Estrela	100%

ESCOLA 2

<i>Das seguintes alternativas, qual melhor representa o Sol:</i>		
a.	Asteróide	2.9%
b.	Planetóide	
c.	Planeta	
d.	Galáxia	
e.	Estrela	97.1%

ESCOLA 1

<i>Das alternativas abaixo, qual melhor expressa o Big Bang:</i>		
a.	A origem do sistema solar	9.6%
b.	A criação da Terra	9.6%
c.	A origem do universo	77.4%
d.	Criação da galáxia	3.2%
e.	Criação do Sol	

ESCOLA 2

<i>Das alternativas abaixo, qual melhor expressa o Big Bang:</i>		
a.	A origem do sistema solar	11.7%
b.	A criação da Terra	8.9%
c.	A origem do universo	73.5%
d.	Criação da galáxia	5.9%
e.	Criação do Sol	

ESCOLA 1

<i>Das alternativas abaixo, qual melhor expressa Anos-luz:</i>		
a.	Uma medida de distância	45.2%
b.	Uma medida de tempo	12.9%
c.	Uma medida de velocidade	22.5%
d.	Uma medida de intensidade luminosa	16.2%
e.	Uma medida de Idade	3.2%

ESCOLA 2

<i>Das alternativas abaixo, qual melhor expressa Anos-luz:</i>		
a.	Uma medida de distância	41.3%
b.	Uma medida de tempo	20.5%
c.	Uma medida de velocidade	32.4%
d.	Uma medida de intensidade luminosa	
e.	Uma medida de idade	5.8%

ESCOLA 1

Os conceitos de cosmologia que você possui foram adquiridos: (pode-se assinalar mais de uma alternativa)		
a.	Escola	24.0%
b.	TVs	21.1%
c.	Filmes	13.4%

d.	Revistas	17.3%
e.	Livros	12.5%
f.	Internet	11.5%

ESCOLA 2

Os conceitos de astronomia que você possui foram adquiridos: (pode-se assinalar mais de uma alternativa)		
a.	Escola	21.7%
b.	TVs	19.8%
c.	Filmes	9.9%
d.	Revistas	17.8%
e.	Livros	14.8%
f.	Internet	15.8%

ESCOLA 1

<i>Você utiliza computadores? (pode-se assinalar mais de uma alternativa)</i>		
a.	Sim, na escola	23.3%
b.	Sim, em casa	66.8%
c.	Sim, no trabalho	6.6%
d.	Não	3.3%

ESCOLA 2

<i>Você utiliza computadores? (pode-se assinalar mais de uma alternativa)</i>		
a.	Sim, na escola	2.9%
b.	Sim, em casa	97.1%
c.	Sim, no trabalho	
d.	Não	

ESCOLA 1

Na sua escola você já assistiu alguma apresentação ou utilizou algum programa de computador a respeito de cosmologia:		
a.	Sim, somente apresentações feitas pelo professor.	3.3%
b.	Sim, já realizei atividades com o computador a respeito do assunto.	6.7%
c.	Não, a escola não possui computador.	10.0%
d.	Não, o professor nunca utilizou.	80.0%

ESCOLA 2

Na sua escola você já assistiu alguma apresentação ou utilizou algum programa de computador a respeito de cosmologia:		
a.	Sim, somente apresentações feitas pelo professor.	12.5%
b.	Sim, já realizei atividades com o computador a respeito do assunto.	9.3%
c.	Não, a escola não possui computador.	3.2%
d.	Não, o professor nunca utilizou.	75.0%

II.IV – ANÁLISE

Surpreendeu-nos observar que o percentual de acerto na maioria das questões é bastante baixo, verificando-se primeiramente na questão sobre os dias da semana que apenas 23,4% dos alunos foram capazes de relacionar a sucessão das semanas com as fases da Lua, apesar de ser esse um fenômeno frequentemente observado pelos estudantes, uma vez que a observação da lua é bastante fácil. Constatou-se que 63.2% dos alunos da Escola 1 e 52.8% dos da Escola 2 responderam que os dias da semana estariam relacionados com o movimento de rotação da Terra, indicando que os alunos fazem erroneamente associação com os dias da semana como sendo sete rotações da Terra. A pergunta também pode ter levado ao erro de interpretação sobre o que se queria saber.

Na questão das estações do ano apenas 33.4% dos alunos da Escola 1 e 37.1% do da Escola 2 associaram as estações do ano à inclinação do eixo de rotação da Terra, sendo que uma parcela significativa de 33% dos mesmos respondeu estar esse fenômeno relacionado com a Terra estar mais próxima ou mais afastada do Sol, sendo possível perceber que apresentam claramente uma idéia equivocada, decorrente, provavelmente, de não terem sido ensinados corretamente acerca da verdadeira excentricidade da órbita da Terra.

A amostra detectou que somente 35.4% dos alunos da Escola 1 e 31.2% da Escola 2 demonstraram possuir noções adequadas das distâncias existentes entre os objetos celestes próximos da Terra, acertando a resposta da questão. Constata-se ainda que 77.4% dos alunos da Escola 1 e 73.5% dos da Escola 2 relacionam o Big Bang com a origem do Universo, sendo esse o segundo maior índice de acerto entre as questões propostas, apesar de 8.9% e 9.6% terem afirmado que o Big Bang é um fenômeno relacionado com criação da Terra, enquanto 11.7% e 9.6% fizeram associação com a origem do sistema solar, apesar dos diversos meios de comunicação e de divulgação científica frequentemente abordarem a questão da origem do Universo.

Para 45.2% dos alunos da Escola 1 e 41.3% dos da Escola 2 dos alunos o ano-luz é uma unidade de distância, sendo que 12.9% e 20.5% acreditavam tratar-se de uma medida de tempo ou de uma medida de intensidade luminosa para 16.2% dos alunos. Nesse caso, o desconhecimento do ano-luz como uma unidade de distância pode dever-se ao fato de que

essa unidade é bastante restrita a situações que envolvem grandes distâncias, como no caso das medidas astronômicas.

A que apresentou o maior índice de acerto, ou seja, de 100% dos alunos da Escola 1 e 97,1% dos da Escola 2, sobre o sol, permitiu constatar que a parcela majoritária dos estudantes era capaz de reconhecê-lo como sendo uma estrela.

As concepções cosmológicas dos estudantes

Sobre as concepções dos alunos acerca do Universo, evidenciando possíveis modelos cosmológicos que estariam presentes em suas visões de mundo, constatou-se nas respostas dos alunos que 64.5% dos alunos da Escola 1 e 67.6% dos da Escola 2 acreditam não haver um objeto celeste específico que possa ser considerado como o centro do Universo, e que 6.5% dos alunos responderam ser a Terra o seu centro, apresentando, portanto, uma visão geocêntrica de mundo semelhante à que predominou durante muitos séculos a partir da proposta do astrônomo grego Ptolomeu no século II que defendia que todos os corpos celestes giravam em torno da Terra. Cabe destacar ainda que uma parcela significativa de 22.5% e 26.5% dos alunos respondeu ser o Sol o centro do Universo, indicando possuírem uma visão heliocêntrica de mundo, semelhante ao modelo proposto pelo polonês Copérnico no século XVI em sua obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (A Revolução dos Orbes Celestes). Por sua vez, 6.5% e 2.9% dos estudantes indicaram a Via Láctea ou outra galáxia distante como sendo o centro do Universo.

As respostas apresentadas por parte dos alunos, ainda que incorretas do ponto de vista da atual ciência, abrem espaço para que sejam discutidos com os mesmos os aspectos históricos relacionados com a produção do conhecimento científico e a validade e aceitação das diferentes teorias ao longo do tempo, sendo importante salientar que houve momentos da História onde as idéias e concepções apresentadas por muitos dos estudantes nessa investigação eram aceitas cientificamente, de modo que é necessário entender o conhecimento científico a partir de uma visão que considera o contexto histórico e cultural que envolve a sua produção. Desse modo, acredita-se que se estará valorizando por um lado o conhecimento prévio dos estudantes e, por outro, indicando a necessidade de se avançar em direção a concepções científicas aceitas atualmente, com o intuito claro de também questioná-las.

As fontes de aquisição dos conhecimentos

Sobre como foram adquiridos os conhecimentos de cosmologia por parte dos estudantes, pode-se observar que os alunos em sua maioria adquiriram os conhecimentos de cosmologia por meio da escola, sendo a mesma apontada por 24% e 21.7% dos estudantes, em decorrência de alguns professores abordarem em suas aulas esse tipo de conteúdo, e das TVs, que obteve o maior índice, ou seja, 21.1% e 19.8% possivelmente devido a sua programação incluir noticiários, documentários e alguns programas que abordam temas relacionados a essa área de conhecimento.

A pesquisa constatou que 13.4% e 9.9% dos alunos encontram nos filmes uma fonte de conhecimentos sobre cosmologia, acreditando-se que alguns filmes de ficção científica possam estar inclusive colaborando para a divulgação de algum tipo de conhecimento relacionado com tópicos de cosmologia, enquanto 17.8% indicaram as revistas como fontes, entre elas provavelmente se encontrem publicações do tipo *Super Interessante*, *Galileu* e *Ciência Hoje*, veículos de divulgação científica muito populares atualmente. Contrastando com as demais fontes citadas, verificou-se ainda que apenas 11.5% e 15.8% dos alunos utilizam a Internet como meio de aquisição de informação sobre tópicos de astronomia, apesar de ser este um recurso cada vez mais frequentemente utilizado na sociedade atual, destacadamente pelos jovens e estudantes da faixa etária envolvida nessa investigação.

Acesso ao computador nas escolas

Sobre uso dos equipamentos que compõem a infra-estrutura tecnológica presente nas escolas e em outros ambientes, observa-se que os computadores são mais utilizados nas residências dos estudantes, correspondendo a 68.8% e 97.1% das respostas, sendo ainda relativamente pequena a sua utilização na escola, uma vez que apenas aproximadamente 23.3% e 2.9% dos alunos indicaram fazer uso dessa ferramenta no ambiente escolar. Além disso, pode-se notar que uma parcela de 3.3% dos alunos da Escola 1 não tem acesso a computadores em nenhum dos ambientes pesquisados.

O perfil de respostas apresentado indica que, embora as escolas possuam laboratórios de informática, os mesmos são muito pouco utilizados tanto pelos professores quanto pelos alunos. Nesse sentido, constata-se que apenas 3.3% e 12.5% dos alunos indicaram que seu professor realizou apresentações utilizando a informática e 6.7% e 9.3% dos alunos realizaram algum tipo de atividade com o computador envolvendo conceitos de cosmologia.

Conclusões

Os resultados obtidos na pesquisa aqui relatada indicaram claramente que, mesmo previsto nos PCNEM, há uma grande deficiência no ensino de cosmologia e em sua abordagem nos ambientes escolares, em grande parte decorrente da não inclusão dos temas relacionados com a cosmologia na estrutura curricular das escolas, contrariando inclusive algumas orientações presentes na atual LDB. A abordagem tradicional do ensino, que tende a manter os alunos como meros receptores de informações e na maioria das vezes desconectadas da sua realidade, torna ainda mais difícil a compreensão e apropriação desses conhecimentos, ainda que muitos dos fenômenos de que trata a cosmologia façam parte das situações vivenciadas pelos estudantes em seu dia a dia. Esse contexto escolar certamente constitui um dos principais motivos pelo qual a maioria dos alunos apresentou nesta pesquisa diversos conceitos inadequados do ponto de vista científicos referentes à cosmologia, sejam eles relacionados com fenômenos cotidianos como os dias da semana e as estações do ano, ou mesmo com questões que dizem respeito às distâncias entre os corpos celestes situados próximos da Terra, o ano-luz como unidade de distância e até mesmo quanto à natureza do Sol, cujo fato de ser uma estrela é conhecido por 100% dos alunos pesquisados.

Sobre as concepções de natureza cosmológica que sustentam a visão de mundo dos estudantes, verifica-se que uma parcela significativa dos mesmos, ou seja, quase um terço dos alunos, não concebe o *Big Bang* como um evento cosmológico relacionado com a origem do Universo. Por outro lado, na questão que buscou caracterizar a percepção dos alunos com relação à existência de um objeto celeste que ocuparia o centro do Universo, constatou-se que uma parcela expressiva dos estudantes sustentou visões que podem ser associadas com modelos de estrutura do Universo que predominaram em séculos passados, como o modelo

geocêntrico de Ptolomeu e o heliocêntrico de Copérnico. Acredita-se, entretanto, que essas concepções espontâneas dos estudantes devam ser valorizadas e utilizadas como um ponto de partida em uma abordagem capaz de estabelecer uma contextualização histórica do desenvolvimento do conhecimento científico relacionado a esse importante tópico de cosmologia, permitindo aos estudantes perceberem a ciência como uma construção humana que se encontra em permanente processo de transformação e aprimoramento.

A abordagem histórica apresenta aos alunos algumas das características e procedimentos inerentes ao “Método Científico”, bem como salienta o papel desempenhado pelas observações e atividades experimentais como instrumentos pelos quais é possível verificar a adequação das teorias científicas à realidade, entendendo-se que “*não há uma verdade final a ser alcançada: a teoria ou o paradigma serve para organizar os fatos e a função do experimento seria adaptar a teoria à realidade*”⁵⁷. Atuando dessa maneira acredita-se que os professores estarão contribuindo para desmistificar algumas concepções errôneas acerca da ciência, do papel do cientista e de suas atividades.

Há necessidade de ampliação e aprimoramento da abordagem de conteúdos de cosmologia nos ambientes escolares a fim de que se possa contribuir efetivamente para que os estudantes passem a interiorizar conhecimentos que estejam em concordância com os modelos científicos vigentes atualmente. E mesmo nas duas escolas onde a pesquisa foi desenvolvida possuírem laboratórios de informática que poderiam ser utilizados para auxiliar o ensino da cosmologia e também de outras ciências, os resultados obtidos apontam que na prática a infra-estrutura instalada nesses ambientes não é utilizada sistematicamente como ferramenta de apoio ao ensino e à inclusão digital.

Como já foi mostrado em outras pesquisas, acredita-se que a inserção das ferramentas tecnológicas nas aulas geraria impactos positivos para o ensino de astronomia, o que poderia ser feito, por exemplo, por meio do uso de softwares de simulações de temas e fenômenos cosmológicos, muitos dos quais normalmente presentes e afetando o dia a dia dos estudantes. Além disso, a visita a espaços não formais de aprendizagem, como os planetários e as feiras de ciências, seria de grande ajuda para modificar as concepções inadequadas dos alunos e fazer com que ampliassem seus conhecimentos relacionados a esta ciência, promovendo assim o avanço da sociedade em diversos segmentos, uma vez que estes espaços tendem a

⁵⁷ ARRUDA, S. M.; Laburú, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de Ciências. In: Nardi, R. (Org). **Questões atuais no Ensino de Ciência**, São Paulo: Escrituras, 2002, p. 53-60.

permitir uma reflexão sobre os assuntos abordados, além de proporcionarem condições para a intensificação das interações entre o grupo de estudantes e os objetos de exposição presentes nesses ambientes⁵⁸.

II.V – NOÇÕES DE COSMOLOGIA NO DISCURSO DOS PROFESSORES

Participaram desse estudo, quatro⁵⁹ professores de Física do nível médio, dois da rede Pública de Ensino da região noroeste do Paraná, e dois da rede Privada, numa faixa etária entre 24 e 59 anos e tempo de magistério entre 3 anos e 28 anos. Interessante notar que todos eles concordaram na importância da verificação que a pesquisa se destinava a fazer, entretanto não se dispunham a responder os questionários com a justificativa que a Física Moderna e Contemporânea, em especial os tópicos de cosmologia, não eram contemplados pelos programas que cumpriam.

Os dois professores da rede pública, ambos em atividade há mais de 20 anos, expuseram suas preocupações com a inserção da FMC no currículo com a mesma ênfase: precisaria de mais tempo de aulas, ou seja, entendem como complementação das matérias já dadas seguindo portanto o mesmo programa, como mais um módulo no final da Física Clássica. Para isso porém, não se sentem preparados para aplicar os conteúdos, necessitando de revisão daquilo que viram na universidade há mais de duas décadas de formação.

No caso dos dois professores da rede privada, a motivação para a inserção da FMC é maior, havendo até a idéia de substituição de atual programa tendo por base a FMC e dela partir para a Física Clássica. Um deles chegou ao ponto de sugerir a substituição de temas como MRUV e MRU por REDSHIFTS ou CONSTANTE COSMOLÓGICA: *“Temas mais atuais que exigem mais reflexão, o que é mais próprio da ciência e da física”*.

⁵⁸ TREVISAN, R. H. et al.; O Aprendizado dos Conceitos de Astronomia no Ensino Fundamental. In: Garcia, Nilson Marcos Dias (Org.). **Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Curitiba: SBF, 2003. (CD-ROM, arquivo: co-3-014.pdf)

⁵⁹ Nenhum dos quatro professores entrevistados entregou o questionário, por isso a análise foi baseada nas respostas informais dos professores obtidas durante o contato para a aplicação da pesquisa

A questão do tempo destinado à disciplina é a mesma preocupação dos outros dois da Rede pública: é necessário um maior volume de aulas para cumprir um programa que vai exigir aulas mais discursivas, polifônicas entre alunos e entre alunos e professores. E se o tempo de aula é uma preocupação, o material didático utilizado também (veja próximo capítulo onde exporemos esta problemática) deixa a desejar quando o assunto é a inserção da FMC. Os quatro professores avaliaram que o único conteúdo que pode ser chamado de cosmológico, por exemplo, se enquadram nas leis de gravitação, os sistemas de mundo de Ptolomeu, Copérnico, Kepler e Newton.

Os quatro professores também apontam no discurso do aluno um interesse em temas de cosmologia, mas que normalmente são acompanhados de comentários nas aulas onde assuntos como os acima citados são tratados. Por outro lado os filmes de ficção científica, o fato de um cosmonauta brasileiro ter ido ao espaço, as discussões sobre a classificação de Plutão como planeta ou não, as sondas para Marte, as reportagens sobre o assunto em TV de sinal aberto, são apontados pelos professores como fatores que levaram a um interesse maior sobre os assuntos da cosmologia e que têm notado sua inclusão nas dúvidas dos alunos. Algumas dúvidas apontadas pelos professores nos discursos dos alunos se referem ao *Big Bang* como origem do universo, a velocidade da luz, os motores de combustão nuclear ou fotônica e as viagens espaciais para outras estrelas.

Quanto à questão das *analogias e metáforas* como recurso de transposição didática, os professores foram unânimes em desconhecer (ou ao menos terem consciência de seu uso). Mostraram receptivos quanto ao estudo, mas não se dispuseram a preencher o questionário com as metáforas propostas uma vez que não tratavam daqueles assuntos em sala de aula e nem se sentiam preparados para a abordagem de tais temas (os mesmos propostos aos alunos).

II.VI - USO DE METÁFORAS E ANALOGIAS NA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Os *conteúdos significativos* expostos em *metáforas e analogias* são eficazes, mas também arriscados e temos de limitar a transferência irrestrita de toda riqueza semântica que sugerem. De um lado, não se pretende de forma alguma sugerir, com a metáfora “imagem”, que o conhecimento (científico, no caso) constitui mero reflexo de uma realidade objetiva. Ao contrário, o que se quer é explorar a metáfora no que ela aponta para uma irredutível

contribuição do sujeito – o cientista, por exemplo – na geração deste conhecimento. O *sujeito* (ou o grupo que integra) representa de diversas maneiras os seus objetos de investigação, em razão de suas crenças, sua linguagem, seus valores e seus interesses.

Na década de 80, Lakoff e Johnson demonstraram que as *representações metafóricas* são parte fundamental da natureza de nosso *sistema conceitual* (o modo como percebemos o mundo ao nosso redor, outras pessoas e nós mesmos), introduzindo assim o termo *Metáfora Conceitual*. Logo, é possível conhecer mais sobre um conceito investigando por quais *metáforas* ele é representado.⁶⁰ Michel Pêcheux, citado por Orlandi⁶¹, explica que “*o suporte do discurso ou o meio pelo qual se concentram ou se materializam vários discursos*” se dá pelo indivíduo, do grupo ao qual representa. E ainda: a análise do discurso possibilita ao investigador “descobrir os meandros do pensamento expresso por um determinado indivíduo ou grupo social”, no momento em que estiver reorganizando o “corpus em que se apresentam os traços empíricos do discurso” e constatar que “a produção desses traços foi, efetivamente, dominada por uma, e apenas uma, máquina discursiva (por exemplo, um mito, uma ideologia, uma episteme)”. Segundo Camargo⁶², na Análise de Discurso é fundamental se colocar como fato a relação necessária da linguagem como o contexto de sua produção. Uma mesma palavra, na mesma língua, pode ter significados diferentes, dependendo da posição do sujeito e da inscrição do que dizem uma ou outra formação discursiva.

No procedimento de análise devemos procurar remeter os textos ao discurso e esclarecer as relações deste com as formações discursivas pensando, por sua vez, as relações destas com a ideologia. Este é o percurso que constitui as diferentes etapas da análise, passando-as da superfície lingüística ao processo discursivo.⁶³

Não há razão para se considerar o discurso como mera transmissão de informação, mas, antes, devemos considerá-lo como efeito de sentidos⁶⁴. Em outras palavras, a análise do discurso visa à compreensão na mesma medida em que visa a explicitar a história dos processos de

⁶⁰ SOUZA, I. V. P. Representações Metafóricas do Conceito de Informação: Uma Investigação. Trabalho apresentado para exposição em pôster no XXVI Encontro Nacional de Estudantes de Biblioteconomia, Documentação, Ciências e Gestão da Informação - *Anais*. Curitiba, 2003

⁶¹ ORLANDI, E. P. *Análise de Discurso: Princípios e Procedimentos*. 5. ed. Campinas: Pontes Editores, 2003.

⁶² CAMARGO, S. Ensino de Física: marcas da apropriação do discurso do professor de Prática de Ensino através da análise de relatos de licenciandos sobre o estágio supervisionado. 2003. 205p. Dissertação [Mestrado] Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2003.

⁶³ ORLANDI op. cit., 2003. p. 71

⁶⁴ PÊCHEUX apud Orlandi op. cit., 2003.

significação, para atingir os mecanismos de sua produção. Enfim, “é papel do investigador compreender a ‘máquina discursiva’ que de alguma maneira produziu o discurso”. A primeira constatação é a de que a própria *convenção científica* pode tornar-se ela própria uma *metáfora* para o mundo físico. Nosso principal exemplo é a *teoria da grande explosão*, ou *Big Bang*, em inglês, quando foi dita no original. De *metáfora* depreciativa, tornou-se *termo científico*, convencionado pela repetição na história e, por fim, estabelecido nos livros de ensino quando já então distanciou-se de seu valor *metafórico original* (depreciativo). De *metáfora* o *big bang* passa a *analogia*, na medida em que o desenrolar de uma explosão serve de exemplo análogo ao proposto pela teoria. A História da Ciência está repleta de situações onde o pensamento analógico faz-se presente no entendimento de fenômenos não observáveis. As várias contribuições das analogias na explicação de teorias científicas envolvem distintas formas de construção e uso delas. De modo geral, filósofos da ciência e historiadores registraram muitas situações onde o pensamento analógico faz-se presente.

A poesia é o campo propício para as *metáforas*. Desde o início da história registrada, as *analogias* têm sido usadas por crianças e adultos na construção de conceitos científicos⁶⁵, da mesma forma, os vários autores fazem referência à sua potencialidade para facilitar a compreensão desses conceitos. Somente podemos aprender o novo em termos do que já conhecemos, sendo as explicações tentativas de compreender algo não familiar em função de coisas com as quais já estamos habituados, isto é, por meio de analogias⁶⁶. *Analogias* e *Metáforas* são recursos comuns encontrados na linguagem e no pensamento, como as usadas por Hesíodo que podem ser consideradas como comparações explícitas entre domínios diferentes, enquanto as *metáforas* são comparações implícitas⁶⁷.

Mas nem todo o uso é bem feito. Quem chama atenção para o uso equivocado das metáforas e analogias é Martins, em uma série de artigos publicados pelo Caderno Catarinense de Ensino de Física⁶⁸. Com o sugestivo título *Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica*, Martins faz uma longa exposição dos erros cometidos por Gleiser⁶⁹ em seu livro *A dança do universo*. Um dos principais usos equivocados de analogias está no

⁶⁵ HARRISON, A. G., & Treagust, D. F. Science Analogies. *The Science Teacher*, 61, 4, 40-43, 1994.

⁶⁶ BORGES, A. Tarcísio. Modelos Mentais. In: *XII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. 1997, Belo Horizonte. Atas... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Física, 1997.

⁶⁷ DUIT, Roy. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v. 6, n. 75, New York, p.649-672, 1991.

⁶⁸ MARTINS, R. A Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15 (3): 243-64, 1998.

⁶⁹ Marcelo Gleiser é atualmente um dos mais conhecidos divulgadores da física e apesar dos erros que foram apontados em seu livro em 1998, em 2006, tornou a repeti-los em uma série de TV chamada *Poeira das estrelas*.

exemplo que Martins tira do uso de objetos físicos na Terra para demonstrar por exemplo do efeito espaço-tempo curvo. Na explicação que o livro de Gleiser dá para os espaços não euclidianos, a analogia vai aparecer de forma distorcida:

[...] em vez de afirmarmos que o campo gravitacional defletiu a trajetória do raio luminoso, podemos igualmente afirmar que o raio luminoso seguiu uma trajetória curva porque o próprio espaço era curvo. A trajetória curva é o caminho mais curto possível nessa geometria deformada.⁷⁰

Imagine uma superfície elástica bem grande, como as usadas em camas elásticas, que foi cuidadosamente esticada na forma de um quadrado perfeitamente plano. Coloque uma bola metálica pesada no centro da superfície. A deformação causada pela bola na forma da superfície é semelhante à deformação causada na geometria do espaço devido à presença de uma massa [...]⁷¹

Martins lembra que este tipo de analogia, muito usado em livros de divulgação, passa uma idéia bastante incorreta. A bola metálica produz uma deformação na superfície elástica por causa de uma força (seu peso) que ela exerce sobre a superfície. Imagine a cama elástica em uma estação espacial, onde não existe gravidade. Coloque sobre a superfície elástica uma grande bola metálica. O que vai acontecer, pergunta Martins. Nada, responde: *a presença de matéria não deforma a superfície elástica*. A analogia falhou.

Se jogarmos algumas bolinhas de gude sobre o elástico deformado, elas se moverão em trajetórias curvas. Perto da massa, as bolas de gude seguirão órbitas circulares ou elípticas, antes que a fricção as faça espiralar em direção ao “buraco” do centro.⁷²

Martins comenta que nesta passagem a analogia fica ainda pior, porque se colocarmos uma bolinha de gude sobre uma superfície curva em um local onde não exista a gravidade, a bolinha ficará parada. Ela não se aproximará nem se afastará da bola metálica. Uma deformação geométrica não produz nada parecido com uma atração. A bolinha sobre a superfície curva descrita por Gleiser só se move porque existe a gravidade terrestre. Ela também começaria a se mover se estivesse sobre uma superfície plana inclinada, ou se não

⁷⁰ GLEISER, M. *A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang*. São Paulo: Cia. das Letras, 1997. p. 330

⁷¹ Idem, p. 331

houvesse superfície nenhuma. Não é a curvatura que produz o movimento. O problema grave desta analogia, como aponta Martins, é que se está utilizando um modelo cujo funcionamento depende da gravidade terrestre para explicar o fenômeno gravitacional. Segundo Martins: “*Minha experiência didática mostra que os estudantes (infelizmente) ouvem falar sobre essa analogia e que fazem enormes confusões por causa disso*”⁷³.

Portanto, ao usarmos uma *analogia*, o termo comparativo entre os domínios é claro, enquanto na *metáfora* ele assume caráter interpretativo. Como exemplo podemos citar a *via láctea*. Trata-se de uma *metáfora*, pois podemos interpretar a imagem de um fundo escuro com milhões de estrelas emitindo luz como uma quantidade de *leite espirrado*. Porém, ao falarmos, o *céu* é uma *cúpula* ou a *abóbada celeste*, trata-se de uma *analogia*, pois fica claro o aspecto comparativo. As *analogias* podem gerar experiências de aprendizagem ao usar o conhecido para explicar o desconhecido⁷⁴, ao mesmo tempo em que pode-se considerar que as *metáforas* possam fazer o mesmo como transposição do sentido próprio ao sentido figurado e como uma operação cognitiva⁷⁵.

III – O CONTEÚDO DE COSMOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS

Neste capítulo expomos a análise que foi feita sobre os manuais e livros⁷⁶ didáticos de física do Ensino Médio. Apresentamos na seqüência um quadro comparativo de conteúdo sobre 10 livros de física para o ensino médio encontrados nas bibliotecas das escolas pesquisadas, um

⁷² Ibidem, p. 331-2

⁷³ MARTINS, R. A Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15 (3): 243-64, 1998.

⁷⁴ NAGEM, R. L. Expressão e recepção do pensamento humano e sua relação com o processo de ensino e de aprendizagem no campo da ciência e da tecnologia: Imagens, metáforas e analogias. Seminário de Metodologias de Ensino na Área da Educação em Ciência. Concurso Público para o Magistério Superior no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1997, 55 p.

⁷⁵ LAKOFF, G.; JOHNSON, M. *Metáforas da vida cotidiana*. Coord. Trad. Mara Sophia Zanotto. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras; São Paulo: Educ, 2002.

⁷⁶ MARQUES E PORTO. *Ciências: química e física*. São Paulo: Scipione, 1994; MÁXIMO; ALVARENGA. *Curso de física*. São Paulo: Scipione, 2000; CESAR, SEZAR, BEDAQUE. *A matéria e a energia*. São Paulo: Saraiva, 1993; ENS; LAGO. *A energia*. São Paulo: IBEP, s/d; CARRON; GUIMARÃES. *Física, volume único*. São Paulo: Moderna, 2006; SAMPAIO E CALÇADA. *Física, volume único*. São Paulo: Atual Editora, 2003; BONJORNO, R et al. *Física completa*. São Paulo: FTD, 2001; RAMALHO, N.; TOLEDO. *Os fundamentos da física* 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003; LOPES, J. B. *Aprender e ensinar física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

deles, em especial⁷⁷ muito utilizado como manual didático em sala de aula em muitos estabelecimentos. A análise dos livros foi baseada na inserção de seis temas: tópicos de FMC; astrofísica; astronomia; cosmologia; teoria do *Big Bang*; e teorias rivais.

Nossa análise revelou a ausência de tópicos de cosmologia ou sobre as teorias que compõem o grande arcabouço de sistemas de mundos, desde a antiguidade e que poderiam servir de apoio com a contextualização dos temas abordados. Os manuais dão mais ênfase aos exercícios práticos, assim como também parece haver um consenso entre os professores em torno da idéia de que a Física é uma ciência experimental. No entanto, apesar de enfatizarem esse caráter experimental da matéria e a importância dessa consideração no sentido de contribuir para uma melhor compreensão dos fenômenos físicos, é comum "... adotarem textos que, além de não apresentarem uma só sugestão de experimento a ser realizado pelo professor ou pelos seus alunos, tratam os assuntos sem nenhuma preocupação com seu desenvolvimento experimental. Ou, outros, que se dizem preocupados com um curso voltado para a compreensão dos conceitos, escolherem textos que tratam matematicamente os tópicos abordados, sem trabalharem aspectos cognitivos da aprendizagem"⁷⁸.

III.I – A DESCRIÇÃO DOS LIVROS

LIVROS	Tópicos de FMC	Astrofísica	Astronomia	Cosmologia	Teoria do Big Bang	Teorias Rivais
Coleção Objetivo. Livro 9 – Física. Autores: Eduardo Figueiredo, Nicolau Gilberto Ferraro e Luís Ferraz Neto. Editora Objetivo. São Paulo, s/d	Apesar de indicado para 3º ano do Ensino Médio, não há tópicos de FMC. A única referência ao assunto está na <i>foto</i> de um astronauta da NASA, fazendo concerto em nave espacial.	Há um único tópico do livro: Gravitação. Nele se misturam em 19 páginas (págs. 23 a 41) as noções de Cláudio Ptolomeu; Nicolau Copérnico; Tycho Brahe; Johannes Kepler e Isaac Newton são descritas em	A única referência a este tópico é a passagem do modelo geocêntrico para heliocêntrico, em dois textos sobre os dados biográficos de Ptolomeu e Copérnico.	Não há qualquer referência sobre cosmologia.	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.

⁷⁷ BONJORNIO, R et al. *Física completa*. São Paulo: FTD, 2001.

⁷⁸ SANCHES, M. B. et al. A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Currículo do Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10., 2006, Londrina, PR. *Caderno de Resumos*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 163.

		<p>poucas linhas com ênfase no enunciado de leis e fórmulas.</p> <p>Matemática e baterias de 59 exercícios propostos e 13 resolvidos.</p>				
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

<i>LIVROS</i>	<i>Tópicos de FMC</i>	<i>Astrofísica</i>	<i>Astronomia</i>	Cosmologia	Teoria do Big Bang	Teorias Rivals
<p>A matéria e a energia: ciências – entendendo a natureza. Autores: César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Paulo Sérgio Bedaque Sanches. Editora Saraiva. São Paulo, 1993.</p>	<p>No capítulo que trata da luz (pág. 114) o livro tem um tópico sobre “As distâncias em Astronomia”, onde relaciona ano-luz e distância. Entretanto a física parece também acabar na mecânica de Newton e no eletromagnetismo do século XIX.</p>	<p>No capítulo que trata da luz (pág. 115) há referências a eclipses e a propagação retilínea da luz; Na página 128 há uma reprodução de matéria da revista Ciência Ilustrada (v. 10) sobre “Espelhos no céu: um dia artificial”, sobre a reflexão da luz do espaço para Terra.</p>	<p>No capítulo que trata de Magnetismo (pág. 175) há uma reprodução de reportagem sobre “A Voyager 2 e o magnetismo de Júpiter”.</p>	<p>Não há qualquer referência.</p>	<p>Não há qualquer referência.</p>	<p>Não há qualquer referência.</p>

<i>LIVROS</i>	<i>Tópicos de FMC</i>	<i>Astrofísica</i>	<i>Astronomia</i>	Cosmologia	Teoria do Big Bang	Teorias Rivais
As faces da física. Autores: Wilson Carron e Osvaldo Guimarães. Editora Moderna. São Paulo, 1998	O livro é dividido em seis partes, sendo os dois últimos capítulos dedicados à física moderna, ou seja, das 671 páginas totais do livro, oito!, são dedicadas à FMC: física atômica e relatividade; a radiação do corpo negro; o efeito fotoelétrico; a estrutura do átomo; a teoria da relatividade; radioatividade e física nuclear.	No capítulo 11 (p. 118) o livro trata das “Aplicações das leis de Newton”, em um tópico pequeno, relaciona peso e gravidade com uma foto ilustrativa de um astronauta na lua; no capítulo 12, sobre a energia e suas transformações, um tópico trata da energia luminosa e do espectro eletromagnético que chega a Terra; no capítulo 17 (p. 215) trata-se da gravitação universal, em 15 páginas, as leis de Kepler; as de Newton do campo gravitacional; órbitas circulares e velocidade de escape; as marés e as elipses. Na parte III, capítulo 27 (p. 343), que trata de óptica geométrica, referências sobre a refração da luz em eclipses; da refração atmosférica (p. 391); quando trata de acústica (p. 474) e explica o efeito Doppler-Fizeau ilustra com imagem do COBE na detecção de microondas de radiação infravermelha. No capítulo 52, que trata de radioatividade e física nuclear (p. 653).	No capítulo 17 (p. 215) que trata da gravitação universal, há pouca contextualização histórica sobre os modelos cosmológicos de Aristóteles e Ptolomeu, o de Copérnico até o de Kepler e o de Newton; há fotos dos planetas e dados sobre períodos de translação e rotação e distância média do sol; além da foto da Galáxia M100	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.

<i>LIVROS</i>	<i>Tópicos de FMC</i>	<i>Astrofísica</i>	<i>Astronomia</i>	Cosmologia	Teoria do Big Bang	Teorias Rivalis
Física. Autores: Wilson Carron e Osvaldo Guimarães. Editora Moderna. São Paulo, 2003	O livro é dividido em cinco unidades, sendo a quinta reservada à Física Moderna, resumida em dois capítulos: Relatividade e Física Atômica; e Radioatividade e Física Nuclear, com 11 itens no total em 17 páginas de um livro de 342 páginas. Os tópicos são: Relatividade; dilatação dos tempos; contração das distâncias; dinâmica relativística; a energia quantizada; efeito fotoelétrico; o átomo de Bohr; radioatividade; decaimento radioativo; aplicações da radioatividade; radioterapia; arqueologia; raios X; reações nucleares; energia de ligação – Curva de Winsacker; fissão nuclear e fusão nuclear.	Na Unidade I, em Mecânica, no tópico de Ciência e Tecnologia, há cálculos de conservação da quantidade de movimento em foguetes (pág. 89); No capítulo 12, que trata de Gravitação Universal, as leis de Kepler sobre as órbitas dos planetas. Na Unidade III, onde trata do som, no item “Efeito Doppler” há relação com as ondas eletromagnéticas, como a luz, e sua interpretação (do efeito) do afastamento das galáxias (pág. 210); na Unidade IV, que trata de “Ondas eletromagnéticas e radiação do corpo negro”, no item espectro das ondas eletromagnéticas há relação entre frequência e ciclos de raios cósmicos (pág. 295).	Na Unidade III que trata da luz há um item sobre eclipses e a refração dos raios solares; há também no tópico Ciência e Tecnologia um item “O telescópio: de Galileu a Hubble” (pág. 193).	Na Unidade I, em Mecânica, no tópico Ciência e Tecnologia, há um item “As estrelas e a teoria do Big-Bang” onde reforça a teoria e sua comprovação a partir da detecção da CBR em torno de 3 K! em 1965 (pág. 95)	A referência ao Big Bang tem como base um item em uma única página. Lá está definido: “De acordo com os modelos da Cosmologia, nos primeiros instantes de existência, o Universo era extremamente denso e quente. Uma quantidade imensa de partículas elementares altamente energéticas estava presente. A partir de então, a expansão e o resfriamento do Universo processaram-se rapidamente. Após os primeiros 15 minutos, vieram as reações nucleares. (pág. 96).	Não há qualquer referência.

<i>LIVROS</i>	<i>Tópicos de FMC</i>	<i>Astrofísica</i>	<i>Astronomia</i>	Cosmologia	Teoria do Big Bang	Teorias Rivais
Física completa. Autores: Regina Azenha Bonjorno; José Roberto Bonjorno; Valter Bonjorno; Clinton Marcico Ramos. Editora FTD. São Paulo, 2001	O livro está dividido em cinco partes: mecânica; termologia; óptica geométrica; ondulatória; e eletricidade. O livro tem excesso de exercícios propostos e resolvidos, reservando pouco espaço para a teoria que é redigida em textos telegráficos.	Apesar de o livro trazer inúmeras imagens relacionadas com astrofísica (ônibus espacial; astronautas; satélites artificiais) há pouca referência ao conteúdo. No capítulo 3 que trata de gravitação universal, aparecem as leis de Kepler e as de Newton (pág. 119).	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.
Os fundamentos da física. Autores: Francisco Ramalho Junior; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Antônio de Toledo Soares. Editora Moderna. São Paulo, 2005	Livro estruturado em cinco partes com um total de 21 capítulos. A parte 4 é dedicada à introdução à física moderna que é dividida em três capítulos: Relatividade especial; física quântica; e física nuclear. São reservadas 50 páginas, do total de 468 de todo o livro, para a física moderna. O ponto negativo fica por conta do excesso de exercícios propostos e resolvidos, representando cerca de 40% de todo o livro.	No capítulo que trata de física quântica (pág. 408) há a relação entre o espectro da luz a partir do conteúdo das estrelas.	No capítulo que trata da física nuclear, em um dos tópicos “Nascimento, vida e morte de uma estrela”, referências sobre horizonte de eventos no Cosmo (pág. 430)	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.	Não há qualquer referência.

III.II – ANÁLISE

No geral, os livros trazem conteúdos de FMC, o número de páginas que os autores dedicam a essa temática é muito reduzido, uma vez que, existem livros que não dedicam 5% do seu conteúdo a FMC. O livro, *Física*, de Ueno (2005), por exemplo, é, entre os livros analisados, o que tem a edição mais nova e, no entanto dedica apenas 2,4% do seu conteúdo a FMC, enquanto para questões de concursos vestibulares e Enem (Exame nacional de ensino médio), o autor dedica 43 páginas, o que totaliza em média mais de 10% do livro, sem contar os exercícios que são propostos no decorrer dos capítulos⁷⁹.

A análise dos livros didáticos mostra que são visíveis algumas características que a epistemologia contemporânea já identificou na construção do conhecimento científico: falta de explicitação ao aluno, por parte dos autores de manuais didáticos, que os cientistas interagem com seus pares e esta interação não está isenta das vicissitudes humanas; não há qualquer indicação nos livros didáticos que a construção do conhecimento científico tem sempre a participação de várias pessoas, não sendo portanto um empreendimento particular e sim público e que esta participação passa pela avaliação de seus pares através de artigos submetidos às revistas especializadas (como no caso de Einstein em 1905 e 1915); também não é deixado claro que a interação da comunidade científica com a comunidade em geral é uma dimensão importante para a explicação e aceitação de certo conhecimento e para criar uma notoriedade pública que pode facilitar a aceitação de novas idéias (como no caso das teorias rivais a do *Big Bang*); os manuais de física ignoram que a construção do conhecimento científico tem uma dimensão hipotética e faz-se também, propondo-se novas teorias que inicialmente são soluções possíveis e que uma teoria científica até ser aceita passa por um conjunto de testes conceituais e empíricos; os manuais também não consideram que o conhecimento científico tem uma arquitetura teórica que ajuda a formular novos problemas para os quais as teorias anteriores não têm resposta e orienta a busca de novas soluções; por fim, os manuais de física não explicitam ao aluno que o conhecimento científico tem de ser comunicado, mostrando que resolveu problemas que identificou e que tem impacto público que não depende de fatores intrínsecos ao próprio conhecimento, sendo que a mera

⁷⁹ SANCHES, M. B et al. *A inserção da física moderna e contemporânea no currículo do ensino médio*, X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, agosto 2006.

curiosidade ou extravagância podem desencadear a atenção do público (como o exemplo dos *Buracos Negros*).

Essa concepção de manual didático, segundo Alvares⁸⁰, faz com que o ensino de física se transforme num ensino livresco, descontextualizado em sua história, não permitindo a compreensão de que a ciência é uma construção humana, com todas as implicações que isso possa ter, inclusive os erros e acertos decorrentes das atividades humanas, levando o estudante a ter uma idéia distorcida do que é a física e, quase sempre, ao desinteresse. Os estudantes devem ser levados a perceber que os modelos dos quais os pesquisadores lançam mão para descrever a natureza são aproximações válidas em determinados contextos, mas que não constituem uma verdade absoluta:

Muitas vezes idéias como as de partícula, gás ideal, queda livre, potencial elétrico e muitas outras são apresentadas sem nenhuma referência à realidade que representam, levando o estudante a julgá-los sem utilidade prática. Outras vezes modelos como o de um raio luminoso, de átomo, de campo, de onda eletromagnética, etc., são apresentados como se fossem entes reais.⁸¹

A questão do interesse do aluno aparece cada vez mais em trabalhos de ensino em ciências e parece haver um certo consenso que "... a preocupação central tem estado na identificação do estudante com o objeto de estudo. Em outras palavras, a questão emergente na investigação dos pesquisadores está relacionada à busca por um real significado para o estudo dessa Ciência na educação básica - ensino médio"⁸². A constatação é que "... via de regra, os conteúdos acabam por ser desenvolvidos como se estabelecessem relações com eles mesmos, sendo desconsideradas as diversas relações com outros tópicos da própria Física e de outros campos de conhecimento"⁸³. Desta forma o imaginário do aluno, que poderia servir para estimular o debate sobre a FMC, é solapado por fórmulas descontextualizadas que se perdem sem qualquer viés que recupere a paixão por uma física "viva" que o aluno parece querer.

Ainda na questão dos manuais de física, os livros didáticos que, de uma maneira geral, apresentam um discurso que mostra uma preocupação com a física como uma ciência que permite compreender uma imensidade de fenômenos físicos naturais, que seriam

⁸⁰ ALVARES, 1991, p. 42

⁸¹ Idem.

⁸² ROSA & ROSA, 2005, p.2.

⁸³ GARCIA; ROCHA; COSTA, 2001, p. 138.

indispensáveis para a formação profissional ou como subsídio para a preparação para o vestibular e a compreensão e interpretação do mundo pelos sujeitos alunos, acabam por dar ênfase nos aspectos quantitativos em detrimento dos qualitativos e conceituais, privilegiando a resolução de “Problemas de Física” que, quase sempre, se traduzem em exercícios matemáticos com respostas prontas. Esse discurso, segundo Pietrocola, tem norteado o trabalho de muitos professores e, mais que isso, as estruturas curriculares por eles organizadas.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), preocupada com a necessidade de investir-se em novos textos acessíveis aos professores, começou a organizar uma série de livros sobre a Física Moderna e Contemporânea para o Nível Médio⁸⁴, conjuntamente com propostas metodológicas para a sua inserção em sala de aula. Os primeiros lançamentos da série ocorreram durante encontros e simpósios em ensino de Física em 2005 (SBF, 2006), todavia, são pouquíssimos os professores que atuam na escola pública e participam de tais eventos. Percebe-se que há um distanciamento entre o meio acadêmico e a escola básica e para diminuir essa distância, faz-se necessário um sistema de divulgação eficiente, ágil e seguro de textos atualizados e de qualidade indiscutível sobre ensino de ciências, de modo que estes estejam ao alcance da comunidade escolar.

Os livros didáticos analisados deixaram de lado dois pressupostos básicos: os alunos são *sujeitos epistêmicos* que mobilizam determinados processos no seu esforço de aprendizagem. Estes processos têm determinadas características que condicionam o que os alunos podem aprender e como podem aprender. Sabe-se que a aprendizagem é evolutiva (não se faz por saltos), tem natureza complexa e mobiliza determinados processos e entidades, ainda mal conhecidos. Além disso, tem especificidades próprias do domínio a aprender, a Física, neste caso; do ensino direto de conceitos não resultam aprendizagens de qualidade para uma parte considerável dos alunos. Deste modo, faltou aos manuais elucidarem a natureza *da aprendizagem conceitual* de física e dos processos e entidades envolvidos. Se tivessem optado, ao nosso ver, pela inserção da FMC tendo como foco a cosmologia e os pressupostos que balizaram a física nesta área, teriam superado certas barreiras que os desligam da ciência que é proferida hoje no mundo.

⁸⁴Idem, p.139

IV – METÁFORAS DO UNIVERSO: AS DIFERENTES IMAGENS DO COSMO

Este estudo nos leva a afirmar que a cosmologia é composta por *metáforas* e *analogias* desde sua origem e a própria imagem de uma *Via Láctea*, ou um caminho de leite sobre nossas cabeças é um exemplo disso. Ao olhar e pensar o *cosmos* (de tal beleza que a palavra cosmético sempre esteve associada a isso) o homem era levado a *metáforas*, *analogias*, *neologias* para se referir e simbolizar tamanho objeto físico e encontramos na cosmologia e em suas áreas correlatas (astrofísica, meteorologia, geografia, astronáutica) uma infinidade de *metáforas*, estando na Grécia antiga a origem da maioria delas. Emprestaram-nos de sua cosmogonia os nomes com os quais passamos a conhecer o universo, o *Todo*. Daí as *analogias* entre a **cosmogonia** e a **cosmologia** gregas, entre o *myto* e a *physis*, entre o *sobre-natural* (*meta-físico*) e o *natural* (*físico*).

A filosofia grega é praticamente o nascimento da cosmologia enquanto ciência, trazendo uma grande bagagem teórica sobre a natureza e os princípios do mundo. Os primeiros filósofos a tratar disso foram chamados por Aristóteles de “Físicos”. A filosofia sempre questionou a existência: Onde? Como? Por quê? O que? Foram as perguntas que levaram os primeiros filósofos a buscar uma explicação racional para a origem de um mundo ordenado, o cosmos. Sendo assim, a filosofia nasce como cosmologia. A busca do princípio que causa e ordena tudo quanto existe na natureza (minerais, animais, humanos, astros...) e tudo quanto nela acontece (dia e noite, frio e calor...) foi a busca de uma força natural perene e imortal, subjacente às mudanças, denominadas pelos primeiros filósofos com o nome de *physis*⁸⁵. A cosmologia, como explicação racional sobre a *physis* do universo é, antes de tudo, uma física. O problema central desta discussão pode ser resumido na seguinte pergunta: qual é o primeiro elemento de que teve origem o universo com toda a sua variedade de coisas e com a sua incessante mudança? Mesmo mais adiante, quando Platão, Aristóteles e Sócrates tratam mais da mente voltada sobre si mesma, ao lado da filosofia acerca do homem e dos deuses, discute-

se uma filosofia do mundo e da natureza. A natureza como algo que desperta a admiração, conduz o homem a estudá-la com a razão, em um exercício que vai ser chamado de *filosofia natural*, no gênero das *ciências filosóficas* e um grande número de outras ciências. *Filosofia natural* = *cosmologia* = trata apenas dos corpos e os fenômenos da vida como neles ocorrem, sem o psiquismo, sendo o seu *objeto formal* a natureza intrínseca do ser particular.

Estes, ainda que possam ser conhecidas experimentalmente, o são também pela filosofia, enquanto puramente *inteligíveis*, a partir de princípios intrínsecos. Resulta, assim, haver um conhecimento racional da natureza, conhecimento que, em tal situação, tem o caráter filosófico, pois, a *filosofia natural* se mira naquilo que só racionalmente consegue conhecer. Os seres particulares são descobertos pela experiência (*empeiria*) e por ela começam a ser tratados mais além do tratamento científico inicial, pois a filosofia procede as interpretações racionais. Os gregos usavam *Peri physeos* (sobre a natureza) para se referir a ambos os aspectos : o da ciência e o da metafísica. Em Aristóteles se encontra *physiké akroásis* (lições de física). Para este estudo, em particular, *Cosmologia* será usada como sinônimo para a *filosofia da natureza*, entendida como no seu original grego *kosmos* (ordem, universo), apesar de ser um termo que remonta ao século XVII, em que Wolff⁸⁶ difundiu (*Cosmologia Generalis*, 1731). Define-se então como: *ciência do mundo* ou do *universo em geral*.

⁸⁵ Conceituando “physis”: Cf. Burnet: “Na lingual filosófica grega, *faesiû* designa sempre o que é primário, fundamental e persistente, por oposição ao que é secundário, derivado e transitório; aquilo que é dado, por oposição àquilo que é feito ou que é devir” (BURNET, John. *L’aurora de la philosophie grecque*, p.13); Cf. Jaeger: “no conceito grego de *physis* estavam inseparáveis, as duas coisas: o problema da origem, que obriga o pensamento a ultrapassar os limites do que é dado na experiência sensorial, e a compreensão, por meio da investigação empírica (*istorin*) do que deriva daquela origem e existe atualmente (*ta onta*). (JAEGER, Werner. *Paidéia. A formação do homem grego*, p. 196)

⁸⁶ Cf. Koyré: “a concepção de “lugar natural” encontra-se fundada numa concepção estática de ordem. Com efeito, se cada coisa estivesse ‘em ordem’, cada coisa estaria no seu lugar natural e, bem entendido, aí permaneceria para sempre. Por que razão deveria deixá-lo? pelo contrário, ofereceria resistência a todo esforço para a retirar daí. Não a poderíamos expulsar sem exercer sobre ela uma espécie de violência, e, se devido a esta violência, o corpo se encontrasse fora do ‘seu’ lugar, procuraria, regressar a ele. Portanto, todo movimento implica uma espécie de desordem cósmica, uma alteração no equilíbrio do universo”

IV.I – AS RAÍZES POÉTICAS DO UNIVERSO

Hesíodo (provavelmente no séc VIII a C) é quem registra a primeira das cosmogonias e que vai ser a origem das primeiras analogias entre o que está acima de nossas cabeças e as palavras (*logos*) carregadas de significados com os quais os homens vão poder lidar, discutir, estudar e por fim, conhecer. E então, primeiramente, surgiu Caos... (*Hes.Th.* 116). A *Teogonia*, "o nascimento dos deuses", é um poema que detalha a origem e genealogia dos deuses gregos. Tradicionalmente atribuído a Hesíodo, a data de composição é tão imprecisa quanto a data em que o poeta deve ter vivido e a idéia em si não é original, pois já havia sido desenvolvida pelos egípcios pelos babilônios e pelos hititas muitos anos antes. Hesíodo, no entanto, foi o primeiro a sistematizar os antigos mitos da criação e a organizar os mitos gregos numa seqüência lógica, sendo esta a principal característica grega: a sistematização.

Não há nenhuma intenção dramática ou enredo, e sim um plano expositivo. Hesíodo descreve a criação do mundo e a seguir relaciona, cronologicamente, cada uma das gerações divinas. O argumento gira em torno de três temas básicos: a criação do mundo; a genealogia das gerações divinas; a ascensão de *Zeus* ao poder; pois segundo a cronologia hesiódica, os deuses olímpicos seriam os da 3ª geração, e eram governados por *Zeus*, cuja história se desenvolve em boa parte do poema. Hesíodo, no entanto, vai além da simples enumeração e habilmente entremeia a árida sucessão de deuses e deusas com raros, curtos mas elucidativos trechos dos antigos mitos. O poema tem 1022 versos hexâmetros e ocupa 39 páginas da edição de Evelyn-White (1920)⁸⁷. O narrador é o próprio poeta⁸⁸ que, após uma invocação às *Musas*, relata como as deusas inspiraram seu canto ao cuidar de ovelhas perto do Monte Hélicon (1-35); daí conta a origem das *Musas*, filhas de *Zeus* (36-115) seguindo-se com a origem dos primeiros

⁸⁷ Numerosos manuscritos completos e diversos fragmentos significantes de papiros chegaram até nós. Os mais antigos manuscritos são o *Rylands 54*, de Manchester (séc. -I/I), o *Laurentianus xxxii 16*, da Biblioteca Laurenciana de Florença (séc. XIII); o *Vaticanus 915*, da Biblioteca do Vaticano (séc. XIV); e o *Parisinus 2883*, da Biblioteca Nacional de Paris (séc. XV). A edição *princeps* é a aldina, de 1495. Traduções A primeira tradução completa da *Teogonia* para o português é a de Torrano (1981), recentemente reeditada (Iluminuras, 1991). Veja nota seguinte e referências bibliográficas

⁸⁸ HESIOD. *Hesiod, the Homeric Hymns, and Homeric*. Trad. H. G. Evelyn-White. London, New York, W. Heinemann: 1920.

TORRANO, J. *O mundo como função de musas*. In: HESÍODO. *Origem dos deuses teogonia*. São Paulo, Massao Ohno/ Roswitta Kempf, 1981. p.9-126

Coleção Os Pensadores, *Os Pré-socráticos*, Abril Cultural, São Paulo, 1.ª edição, vol.I, agosto 1973.

BRANDÃO, J.de S. *Mitologia Grega*. Petrópolis: Vozes, 7.ª edição, Vol. I, 1991.

BRANDÃO, J. de S. *Mitologia Grega*. Petrópolis: Vozes, Vol. III, 4.ª edição, 1992.

deuses, que personificavam os elementos primordiais do Universo (116-153): *Caos*, o vazio primitivo; *Gaia*, a terra; *Tártaros*, a escuridão; *Eros*, a atração amorosa; e depois seus descendentes imediatos também relacionados: *Hemêra*, o dia; *Nix*, a noite; *Urano*, o céu; *Ponto*, a água primordial. Hesíodo conta que os mais notáveis descendentes de *Uranos* e *Gaia* foram os *titãs*, como *Cronos*, *Oceano*, *Jápetos* e o gigantesco *Ceos*; as *titânides*, como *Têmis*, a lei, e *Mnemósine*, a memória; os *ciclopes*, que tinham um único olho; e os *hecatônquiros*, gigantes com cem braços e cinquenta cabeças.

A história de *Zeus*, filho de *Cronos*, e como conseguiu destronar o pai é contada nos versos 453-506 e a lenda de *Prometeu*, filho de *Jápeto*, e a criação da primeira mulher são relatadas nos versos 507-616. Nos versos 617-721 é descrita a *titanomaquia*, luta entre *Zeus* e os *titãs* pelo domínio do mundo e que, auxiliado entre outros por seus irmãos *Hades* e *Posídon*, pelos *ciclopes* e pelos *hecatônquiros*, *Zeus* vence os *titãs* e os prende no *Tártaro*, descrito juntamente com o mundo subterrâneo nos versos 722-819. Vencidos os *titãs*, *Zeus* teve ainda de enfrentar e vencer o monstruoso *Tífon*, filho de *Gaia* e *Tártaro* (820-880), mas logo depois consegue se tornar o soberano supremo dos deuses. Algumas de suas aventuras com deusas e mortais são descritas nos versos 881-964, e notável é a lenda da filha de *Zeus* e *Métis*, *Atena*, que ao nascer saiu da cabeça de *Zeus*. Nos versos 965-1020 são descritos os amores entre as deusas e os mortais. Os dois últimos versos, 1021-1022, contêm uma nova invocação às *Musas* e ligam a *Teogonia* a um poema autônomo perdido, o *Catálogo das Mulheres*, do qual restam apenas alguns fragmentos.

IV.II OS MITOS E ALEGORIAS DA CRIAÇÃO

Muitas das eternas questões sobre o Universo estão compreendidas dentro do campo da cosmologia, estudo da evolução e estrutura do Todo. Tal estudo hoje em dia é um trabalho para astrônomos e outros cientistas, porém em época anterior foi o tema preferido dos filósofos e teólogos. Originalmente poderíamos dizer que a cosmologia pertencia ao reino dos sacerdotes e poetas contadores de histórias inspiradas por musas, como Hesíodo, e que

compõe um *corpus* de lendas e intrincadas alegorias que são fruto da tentativa do gênio humano de explicar como tudo funcionava ao seu redor, em especial o céu sobre sua cabeça. Cada cultura antiga descrevia as origens do mundo⁸⁹ com sua própria cosmogonia, ou relato da criação. Para muitas civilizações antigas, o *ovo* constituía o símbolo ideal para o nascimento do Universo. Nesse caso também é possível encontrar analogias com o *Big Bang*, no efeito do súbito rompimento da casca⁹⁰. Segundo uma antiga lenda finlandesa, o marreco pôs seus ovos no joelho da *Mãe-Água*, a deusa da criação. Os ovos rolaram e quebraram e seus fragmentos tornaram-se a Terra, a Lua, o Céu e as Nuvens. Na Grécia antiga, o mito dizia que *Nix*, a deusa da noite, havia se unido ao vento, pusera um ovo prateado do qual emergiu *Eros*, deus do amor. Quando estes se desfez dos restos da casca de ovo desvendou a terra e o céu. Embora a maioria desses relatos da criação envolva uma força motriz divina por trás do tempo e espaço, e do próprio Universo, alguns dos esquemas e mecanismos que as velhas histórias sugerem oferecem analogias espantosamente próximas das teorias propostas pela ciência moderna. Qualquer pessoa que acredite, por exemplo, que o universo está sujeito à uma série de explosões – o *big bang* – alternadas por contrações cataclísmicas, pode ver estranhas coincidências na crença hindu de que o deus *Shiva* dança eternamente ao ritmo das batidas de seu tambor, criando, destruindo e recriando o universo ciclicamente⁹¹. Nossas concepções a respeito das entidades que constituem a natureza, suas propriedades e suas inter-relações⁹² sofreram mudanças, às vezes radicais, ao longo do tempo. Abrantes, em seu estudo *Imagens da Natureza, Imagens de Ciência*⁹³, conclui que os recortes que fazemos do real, nossas classificações das entidades e dos processos naturais, variavam de época para época, refletindo-se em nossas teorias, chamadas a explicar os fenômenos observados. A história da ciência fornece evidências de que cientistas e filósofos admitiram, consciente ou inconscientemente, explícita ou implicitamente (*analogias ou metáforas*), determinadas imagens de natureza que não podiam ser submetidas diretamente ao crivo da experiência. Tais imagens fixam, por assim dizer, os constituintes que são considerados últimos ou essenciais

⁸⁹ HICKS, J. *Mistérios do Desconhecido*. Rio de Janeiro: Abril/Times/Life, 1997. p. 19. Em alguns casos, explicações originárias de culturas totalmente diferentes revelam notáveis semelhanças. “*Antes que o Céu e a Terra tomassem forma, tudo era vago e amorfo*”, diz um relato chinês anônimo escrito há cerca de 2.200 anos. “*No princípio Deus criou o céu e a terra. E a terra era sem forma e vazia*”, diz o livro do Gênesis hebreu. “*Onde não havia nem céu, nem terra, soou a primeira palavra de Deus*”, começa um antigo mito dos maias, da América Central. “*E (...) toda a vastidão da eternidade estremeceu*”.

⁹⁰ Idem. p. 20

⁹¹ Ibidem p. 198

⁹² Algumas cosmogonias antigas eram sustentadas no processo sexual da procriação. Em um mito egípcio, *Aton*, o criador, sozinho no vazio, foi forçado-a a acasalar-se consigo mesmo para gerar um casal de filhos férteis, *Shu* (ar) e *Tefenet* (água). Depois disso, irmão e irmã se juntam para gerar Nut, a deusa do céu, e Geb, deus da terra, que nasceram abraçados um ao outro.

da realidade, suas modalidades de interações, bem como os processos fundamentais dos quais participam.

Desde a primeira tentativa de que se tem registro para explicar a criação e composição dos corpos celestes, feita pelos sumerianos por volta de 3.000 anos a C⁹⁴, o Universo aparece em *metáforas, analogias e alegorias*, reunidas em uma única categoria: *mitos*. Os sumerianos tinham uma concepção do universo que misturava realidade com imaginação: um hemisfério sob o qual se agrupavam os corpos celestes por cima das terras e águas familiares, tudo dentro de um cinturão de mar. Esses elementos eram governados pelos deuses da criação, gigantes com formas humanas. Era um universo com uma *terra plana*, e em cima pairava uma *abóboda estanhada* do céu. Entre ambos estava a atmosfera revôlta na qual o sol, fulgurante, a lua, os planetas e as estrelas eram controlados pelas manipulações dos deuses. Outras civilizações primitivas, como a dos babilônios e egípcios, modificaram esses conceitos, aceitando, porém, a origem sobrenatural⁹⁵.

Os Hebreus, cuja tradição passou aos cristãos e muçulmanos, têm como origem do universo a versão descrita no *Genesis* – o início da *Bíblia judaica*. Nos dois casos, existe um início de trevas, existem certas “águas” primitivas, existe uma divindade invisível que vai formando todas as coisas, e que irá formar o homem a partir do barro, soprando sobre ele para lhe dar a vida. Embora o *Genesis* seja bem conhecido, vale relembrar o seu início:

No princípio, Deus criou o céu e a terra. E a terra era informe e vazia, e havia trevas sobre a face do abismo; e o espírito de Deus se movia sobre as águas. E disse Deus: que seja feita a luz. E a luz se fez. E Deus viu que a luz era boa. E separou a luz das trevas. Chamou a luz de Dia, e as trevas de Noite. E fez-se a tarde e a manhã do dia um. E disse também Deus: seja feito o firmamento em meio às águas, e divida as águas das águas. E Deus fez o firmamento, dividindo as águas que estavam sob o firmamento e as que estavam sobre o firmamento. E isso se fez assim. E Deus deu ao firmamento o nome de Céu. E fez-se a tarde e a manhã do segundo dia. Deus disse: reunam-se as águas que estão sob o céu, em um lugar, e que apareça o seco. E isso se fez assim. E Deus chamou o seco de Terra, e denominou a reunião das águas de Mar. E Deus viu que era bom.⁹⁶

⁹³ ABRANTES, P. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Campinas: Papirus, 1998.

⁹⁴ SAGAN, C. *Os planetas*. Rio de Janeiro: Livraria Editora José Olympio, 1966. p.18

⁹⁵ HICKS, J. *Mistérios do Desconhecido*. Rio de Janeiro: Abril/Times/Life, 1997. p. 23

⁹⁶ Bíblia de Jerusalém. Les Editions Du Cerf, Paris 1998. p.33

Depois, nos “dias” seguintes, Deus produz as plantas, os astros, os animais, das águas e da terra e, por fim, o homem:

E disse: Façamos o homem a nossa imagem e semelhança; e que ele presida os peixes dos mares, os que voam no céu, as feras de toda a terra, e todos os répteis que se movem na terra. E Deus criou o homem à sua imagem; pela imagem de Deus o criou; criou-o macho e fêmea. E Deus os abençoou, e disse: Crescei e multiplicai-vos, e enchei a terra, e sujeitai e dominai os peixes dos mares, e os pássaros dos céus, e sobre todos os animais que se movem sobre a terra. No sétimo dia Deus terminou a obra que havia feito; e repousou no sétimo dia, de todas as obras que produziu⁹⁷.

Outro aspecto muito interessante é que, nesses mitos, os deuses vão estruturando o universo, produzindo suas partes, e também lhes dão nomes e estabelecem as leis que devem ser obedecidas por todos os fenômenos. No início, diz o Enuma elis, nada tinha nome. *O Genesis* não afirma isso diretamente, mas indica que Deus dá o nome ao dia e à noite, ao céu e à terra, etc. “Dar um nome” significa, nas mitologias, tornar real, concreto, definido, controlável. Aquilo que não tem nome é o que é desconhecido, impalpável, obscuro, indefinido e assustador.

O pesquisador Fabian⁹⁸ cita alguns dos mitos dos índios brasileiros que são associados à descrição do universo. Segundo ele o francês Claude Lévi-Strauss, durante a visita que fez à vila Kejara (sul do Mato Grosso), em 1936, descreveu índios bororos deitados em esteiras na praça da aldeia ao entardecer, “observando as estrelas”. Os *bororos* vêem nas estrelas os olhos brilhantes de crianças rejeitadas, que escaparam para o céu através de cordão, fugindo de suas mães egoístas; as mães que tentaram segui-los foram arremessadas de volta à Terra quando se cortou a corda, dando-lhes a oportunidade de escaparem em paz. Estes adultos caídos transformaram-se em animais, enquanto as crianças tornaram-se algo belo no céu.

De acordo com os *caiapós*, a humanidade atual descende de uma humanidade ancestral *wur* vive no *amre-bé* (o tempo antigo) e morava no teto do céu. Um dia, ao caçarem um tatu, tiveram de cavar tão profundamente o chão que acabaram fazendo um buraco no teto do céu. Olhando pelo buraco, avistaram uma terra que lhes agradou. Fizeram então uma longa corda e desceram por ela até essa nova morada. Mas nem todos quiseram descer. Ainda hoje pode ser visto, à noite, o brilho das fogueiras dos que ficaram.

⁹⁷ Idem, p.34

IV.III – A FILOSOFIA E A CIÊNCIA NA DESCRIÇÃO DO COSMOS

Os primeiros filósofos gregos, não à toa conhecidos por físicos (*physis* em grego quer dizer *mundo natural*), submeteram à minuciosa investigação os mitos primitivos sobre o universo. Como procuravam a *arché* (princípio) da natureza, a causa básica de todos os fenômenos, desenvolveram engenhosas explicações e *sistemas de mundo*. No século VI a C, Tales na cidade de Mileto, sustentava que a *água* era a *matéria-prima* da qual se produzira todo o universo. O *sistema de mundo* de Tales tinha a Terra como um *disco plano*, flutuando em águas eternas das quais emergira. Notando que a água nutria a vida e que caía do céu, concluiu que deveria ser feito de *vapor de água*. A água para Tales não somente circundava a Terra, mas também estava acima da *abóboda celeste*. Anaximandro, contemporâneo de Tales, afirmava que o universo tivera como origem uma *bola de fogo*, envolvendo uma *massa fria e úmida* e dela separada por uma camada de névoa. No final, a massa fria se tornou a Terra, o *fogo* transformou-se na *luz* dos corpos celestes e a *névoa* formou a *atmosfera*. O universo de Anaximandro, não se originava de um elemento único, mas do que ele chamou de *apeiron* (o ilimitado) cujo *opostos fusionados*, mantinha uma Terra flutuando livre (*entre forças gravitacionais?*) , com a forma de um *tambor*. Em torno dela *anéis de fogo* envoltos em névoa, através dos quais *rolavam* os *corpos celestes*. Anaximandro situava as estrelas mais “frias” próximas da Terra. Além da Lua e do Sol havia o *fogo tremendo* – uma *esfera flamejante* envolvendo o universo.

Já no século V a C., Filolau propôs uma idéia inteiramente diferente: admitindo que o número 10 significasse a perfeição, imaginou um universo de 10 corpos celestes. Como havia somente *nove visíveis* – cinco planetas, o Sol, a Lua, a Terra e a esfera das estrelas – foi preciso inventar um décimo, ou *anti - Terra*. Embora arbitrário, esse sistema foi o primeiro a apresentar a Terra como *esfera em translação*, à semelhança dos outros planetas⁹⁹. No revolucionário sistema de Filolau, a Terra aparecia como uma esfera e já não ocupava mais o centro do universo. Havia um *fogo central* que iluminava o Sol. Entre esse fogo e a Terra

⁹⁸ FABIAN, S. M. *Patterns in the sky: an introduction to ethnoastronomy*. NY: Waveland Press, 2003.

⁹⁹ SAGAN, C. *Os planetas*. Rio de Janeiro: Livraria Editora José Olympio, 1966. p.20.

circulava uma *anti-Terra*, invisível no hemisfério onde se encontrava toda a população do globo. Os corpos celestes, incluindo os cinco planetas conhecidos, giravam em *trajetórias circulares*, dentro de um *invólucro ígneo* (flamejante). A posição de Filolau e o seu *fogo central*, de simbologia estético-religiosa, mais a sua obscura *anti-Terra* que harmonizava a cumplicidade da "tetractis" com a face do mundo, ao forçar o universo a cumprir a mística do "número 10" e sobretudo atentando-se às motivações que a possibilitaram, tolera e exige que a *Terra saia do centro* e que ocupe, por conseguinte um lugar equivalente aos restantes planetas, *eternamente singrando na esfera e trajetória circular* que lhe compete em torno desse "trono de Zeus" que compensa e equilibra no centro cósmico esse outro *fogo exterior* que se estende para além do derradeiro limite inteligível das *estrelas fixas*.

A partir duma certa altura, entretanto, todos se voltam para os Pitagóricos e sua estrutura do universo. Após as hesitações da Escola de Mileto quanto à forma, localização e comportamento do universo e, se excluirmos a perspectiva de Anaximandro com a sua interpretação de *natureza geométrica* e com o seu quê de pré-gravitacional (uma *Terra flutuando*), são as leituras oriundas dessa comunidade filosófica, orientada pelo matemático Pitágoras, que estabelecerão as regras a que poucos escaparão. As regras são precisas, radicais e com reduzido número de variações na sua configuração: *astros esféricos, órbitas desenhando círculos perfeitos*, a crença na natureza perfeita dos *mundos para além da Terra*, a aposta da escrita cósmica remeter para uma *combinatória geométrica e matemática*.

Platonismo e aristotelismo aceitam a lógica de tais princípios, ainda que utilizando universos conceptuais distintos, como são os que distinguem o registro alegórico do *Timeu*, de Platão, da leitura mais *inteligível* e fria dos céus de Aristóteles. A solução encaminha-se em direção do poder das *matemáticas* e das *combinatórias geométricas* em torno da pressão do "dogma do círculo" que resultará uma solução complexa, um compromisso entre as "aparências" provenientes da *observação* e as *Leis imutáveis* que a condicionam. Tal caminho conduz a uma simplificação das *esferas planetárias*, cujo número é condicionado por determinantes que não passam por qualquer verificação experimental, tratando-se somente de encontrar uma construção que enquadre as *trajetórias errantes* numa série adequada de *sucessivas esferas* de dimensões pensadas para servir cada um dos astros conhecidos. Com Eudoxo e com Aristóteles esse número pode aproximar-se da escala das dezenas!¹⁰⁰

¹⁰⁰ KUHN, T.S. A função do dogma na investigação científica. In: DEUS, J.D. *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 1974. p. 49.

Se os físicos gregos primitivos conjecturavam sobre o universo usando como instrumentos auxiliares pouco mais do que o olho nu e a lógica, agora aplicaram recursos matemáticos precisos ao problema dos movimentos celestes. Já no século IV a C., Eudóxio, em Cnido, procurava uma fórmula para explicar o que parecia serem *trajetórias com alças*. Acreditando que os planetas contornavam a Terra em *círculos perfeitos*, Eudóxio traçou *27 esferas concêntricas* ao redor do *globo terrestre*. Cada esfera, e os corpos em seu interior, era calculada para *girar em um eixo diferente*, os quais combinados, obtinha-se uma aproximação dos movimentos dos planetas. Ainda faltava explicar porque os planetas *aumentavam e diminuía*m de brilho, indicando que a sua distância da Terra era variável.

Mais tarde, já no século III a C, em Alexandria, dentre outros, Euclides, (o matemático); Erastóstenes, (o geógrafo que pela 1ª vez sugeriu uma medida espantosamente precisa do diâmetro da Terra); Aristarco, (o astrônomo, que propõe um *sistema heliocêntrico*, cuja precoce modernidade só será recuperada na obra de Copérnico); fazem observações astronômicas cada vez mais precisas e detalhadas, acentuando uma questão que já tinha sido equacionada desde os primeiros pitagóricos até Platão e Aristóteles, isto é, a constatação dos movimentos "errantes" dos planetas, a variação periódica do seu tamanho aparente ao longo do ano, e a necessidade de compatibilizar estes *dados sensitivos* com a racionalidade *meta-lunar* do *dogma dos movimentos circulares e uniformes*. A solução consistia em atribuir um papel fundamental à *astronomia geométrica* como via de interpretação das peculiaridades da cosmologia de "observação". O resultado é a construção de modelos *cosmológico-geométricos* progressivamente complexos que explicam a intocável precisão do universo. A obra de Ptolomeu é o movimento final destes esforços, cujo sucesso é indiscutível, uma vez que por quase 1. 400 anos se manteve à tona da história do pensamento astronômico, transita duma *cosmologia física* a uma *cosmologia matemática*, espécie de modelo cujas exigências de precisão levarão a propor soluções de uma *mecânica abstrata*, na sequência dos caminhos já abertos por Eudoxo, Hiparco e Calipo. Daqui resultam duas idéias fundamentais em que se apoia a construção de Ptolomeu: por um lado, distinguir o "*centro geométrico*" do *Mundo* do seu "*centro físico*", que é ocupado pela Terra; por outro, imaginar que a revolução dos astros em torno do "centro" se faz em função de um "epiciclo", deslocação perfeita de um *orbe* no qual o planeta ocupa uma zona da circunferência que é arrastada pelo movimento *circular e uniforme*.

Como a variação do movimento planetário obedece a padrões individualizados para cada um dos astros conhecidos, a solução genérica dos epiciclos terá de ser adaptada a cada caso particular. Haverá uma teoria do Sol, da Lua, de Mercúrio, de Vênus, de Marte, de Júpiter e de Saturno, obrigando a soluções que acabam por multiplicar o número de *orbes* para o conjunto dos planetas, de tal maneira que o sistema ptolomaico ganha dimensões *cabalístico-estéticas*.¹⁰¹ Mantém-se a "*Teoria dos Dois Mundos*" de proveniência aristotélica, distinguindo bem o reino do movimento, *transformação, corrupção*, vida e morte que habita a Terra, onde perpetuamente se *transmutam* ar, água, terra e fogo, de uma região *para lá das nuvens*, onde se desenha à régua e esquadro a fronteira da Lua. É um universo *pleno, controlável, inteligível*, um *Mundo* à escala humana onde, bem vistas as coisas, nos garante uma certa tranquilidade, bem distante do *explosivo universo* dos *pulsares, quasares, supernovas, super-enxames de galáxias, Big-Bangs e radiações isotrópicas a 3 K*.

¹⁰¹ Idem, p.50

IV.IV – AS NOVAS METÁFORAS DO UNIVERSO

A ciência moderna trouxe consigo um novo tipo de *cosmogonia*, a que estava conforme aos conhecimentos científicos nos séculos XVII e XVIII quando predominou a concepção do *universo como um relógio*, criado e posto a funcionar por Deus, mantendo-se inalterável e funcionando segundo *leis imutáveis*. Em meados do século XVIII, começam a surgir as primeiras teorias sobre a *criação do cosmos* a partir de uma *massa caótica* inicial e a intervenção divina é secundarizada ou suprimida. O Sol foi posto no centro do sistema planetário de Copérnico e a Terra, juntamente com seu satélite, a Lua, era apenas um dos seis planetas conhecidos que giravam em torno do Sol. Copérnico foi quem pela primeira vez colocou os planetas na *seqüência correta* – Mercúrio e Vênus entre o Sol e a Terra; Marte, Júpiter e Saturno entre a Terra e as estrelas¹⁰². Mas foi somente em 1609 que o astrônomo alemão, Johannes Kepler descreveu com uma matemática mais convincente, as trajetórias dos planetas e, concordando com Copérnico sobre a posição *central do Sol*, discordou somente da idéia dos *movimentos circulares*, pois seus cálculos, baseados em observações volumosas e precisas, indicavam para *órbitas elípticas*, sobre as quais concluiu que *a velocidade de um planeta dependia de sua distância do Sol* e com essa proposição, ampliada por Newton com sua *lei de gravitação*, resolveu-se a questão sobre o *movimento dos planetas*.

Mas ainda faltava algo a esclarecer quanto às origens do Cosmos: como teria surgido tamanha beleza? A resposta foi tentada desta vez por um filósofo e não por um cientista: Immanuel Kant quem propôs, em 1775, a, ainda hoje válida, teoria que procura explicar a origem do sistema solar: a *hipótese nebular*. Pela explicação de Kant, o sistema solar nasceu de uma *enorme nuvem de gás*, inicialmente *fria e sem movimento*. As *partículas* que a formaram sofreram *atração gravitacional* e começaram a girar em um mesmo sentido. À medida que essa *nébula se comprimia*, aquecia-se, até que se acendeu num *gigantesco sol primitivo*. Ao contrair-se, o Sol acelerava a sua rotação até soltar os *anéis gasosos* dos quais se formaram os planetas, um de cada vez¹⁰³.

Em 1796, o cientista francês Pierre Simon, Marquês de Laplace, elaborou independentemente uma hipótese semelhante à de Kant. A principal diferença é que Laplace supunha a *nébula gasosa aquecida e em rotação desde o princípio*. Sendo melhor matemático do que Kant,

¹⁰² SAGAN, C. Os planetas. Rio de Janeiro: Livraria Editora José Olympio, 1966. p.24.

sabia que o mero ato de *condensação* não poderia provocar rotação dessa *nébula*, mas embora alguns detalhes da *teoria nebular* de Kant-Laplace tenham sido modificados com o passar do tempo, seus princípios básicos ainda são aceitos até hoje. No século XIX, Lamarck e Darwin estenderam estas concepções evolutivas à espécie humana e, desde então, a *criação do universo* é atribuída a uma *dinâmica interna da matéria* fruto de uma sucessão de felizes acasos (singularidades). Maciel explica melhor este desenvolvimento histórico da hipótese nebular:

Como vimos, a palavra nebulosa tinha um significado freqüentemente ambíguo, podendo significar “nuvem de gás”, “aglomerado estelar” ou mesmo “galáxia”, pois as características destes objetos somente começaram a ser conhecidas a partir da segunda metade do século XIX. Objetos difusos como as Nuvens de Magalhães podem ser visto a olho nu em noites claras, de modo que a observação de “nebulosas” ou “nuvens” brilhantes no espaço entre as estrelas é tão antiga quanto o ser humano.¹⁰⁴

Observações científicas regulares, datam porém, dos tempos telescópicos, como as observações de “nebulosas”, “estrelas nebulosas” e aglomerados feitas por Nicolas Louis de la Caille, durante uma expedição científica ao Cabo da Boa Esperança, na África do Sul entre 1750-1754¹⁰⁵. Lacaille, pode observar algumas dezenas destes objetos. Outro astrônomo francês, Charles Messier, organizou um catálogo, por volta de 1781, com as posições de mais de cem “nebulosas”, com objetivo de evitar confusões destas com os cometas, em que estava interessado. Segundo Maciel, a maior parte das “nebulosas” de Messier era composta de *aglomerados globulares, aglomerados galácticos, ou mesmo galáxias*, como Andrômeda.

IV.V – OS SÉCULOS XIX E XX

A solução definitiva do problema sobre a natureza das *nebulosas* começou a ser delineada ainda no século XIX, com a aplicação a elas do método de análise espectral por William

¹⁰³ Idem.

¹⁰⁴ MACIEL, W. J. *Astrofísica do meio interestelar*. São Paulo: Edusp, 2002. p. 24.

¹⁰⁵ Idem, pág. 25

Huggins, cujos primeiros espectros, tomados em 1864, revelaram a presença de três linhas brilhantes, mais tarde observada em muitas outras nebulosas. Até 1868, um terço das setenta nebulosas observadas por Huggins (inclusive a Nebulosa de Órion) tinha esta característica, revelando sua natureza gasosa e confirmando assim a hipótese de “fluido brilhante” de William Herschel (que em 1833 havia feito um grande estudo das nebulosas e conjecturado a hipótese). As demais nebulosas apresentavam um espectro contínuo, revelando sua natureza essencialmente estelar. As linhas mais intensas observadas nas nebulosas gasosas foram durante muitos anos atribuídas a um elemento desconhecido, o *nebulium*¹⁰⁶. Somente em 1927, Ira Sprague Bowen pôde mostrar que essas linhas provinham de transições proibidas de íons de elementos conhecidos, como oxigênio e o nitrogênio.

Ainda no século XX a questão do movimento do cosmos intrigava os cientistas, bem como a origem do sistema solar, uma vez que sua composição estava quase desvendada pelas novas observações. James Jeans, em 1901, imaginava o nascimento do sistema solar como um acontecimento raro que ocorreu quando o Sol foi quase tocado por uma estrela. O resultado dessa quase colisão foi um efeito de maré, pela qual foi arrancada uma certa quantidade de matéria quente do Sol, da qual se constituíram os planetas. Segundo Sagan, a teoria de Jeans parecia bastante razoável, quando surgiram problemas em 1930, mas estudos matemáticos mostram que nenhuma estrela poderia imprimir à maré um movimento suficientemente rápido para produzir o momento de revolução dos planetas.

Mas é somente com a *metáfora* de universo de Einstein que uma hipótese vai ser usada como *conteúdo conceitual* para conceber o que descrevem hoje as *teorias discursivas* de *conteúdos significativos* sobre o cosmos. Em 1917, Einstein apresentou trabalho intitulado *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*¹⁰⁷ (“Considerações Cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade”), no qual ele apresentava seu modelo do universo. Ao analisar *suas equações tensoriais básicas*, Einstein chegou à conclusão de que a *curvatura do espaço*, devido à presença da matéria, deveria ser *independente do tempo*, ou seja, *estática*. Ainda nesse trabalho, considerou a hipótese de que as *forças entre as galáxias são independentes de suas massas* e que *variam na razão direta da distância entre elas*,

¹⁰⁶ Idem, pág. 28

¹⁰⁷ Publicado no *Sitzungsberichte Preussische Akademie der Wissenschaften* 1, p. 142-152. Em nosso estudo estaremos nos referindo à seguinte edição **Albert Einstein, Relativity The Special and General Theory**. 1916 (revised edition: 1924) Source: Relativity: The Special and General Theory, 1920: Methuen & Co Ltd First Published: December, 1916. Translated: Robert W. Lawson (Authorised translation) Transcription/Markup: Brian Basgen Conversion to PDF: Sjoerd Langkemper Offline Version: Einstein Reference Archive (marxists.org) 1999, da qual extraímos todas as citações com nossa livre tradução.

funcionando portanto tais forças como de *repulsão cósmica*. Deixemos Einstein descrever por suas próprias palavras:

A estrutura do espaço de acordo com a Teoria Geral da Relatividade

As propriedades geométricas do espaço não são independentes, mas são determinados pela matéria. Assim nós podemos extrair conclusões sobre a estrutura geométrica do universo somente se nós basearmos nossas considerações no estado da matéria como sendo algo que é conhecido. Nós sabemos através da experiência que, para um sistema apropriadamente escolhido de co-coordenadas, a velocidade das estrelas é pequena em comparação à velocidade da transmissão da luz. Nós podemos, assim como em uma grossa aproximação, chegar a uma conclusão a respeito da natureza do universo como um todo, se nós tratarmos a matéria como estando em repouso. Nós sabemos já de nossa discussão precedente que o comportamento dos medidores e dos relógios de pulso, está influenciado por campos gravitacionais, isto é pela distribuição da matéria. Para isto, não é suficiente excluir a possibilidade da validade exata da geometria euclidiana em nosso universo. Mas é concebível que *nosso universo difira somente ligeiramente de um euclidiano*, e esta noção parece mais provável, e cálculos mostram que a medida do espaço circunvizinho está influenciado somente a uma extensão excessivamente pequena por massas do mesmo valor de nosso sol. *Nós podemos imaginar que, como considera a geometria*, nosso universo se comporte analogicamente a uma superfície que fosse curvada irregular em suas partes individuais, mas que em nenhuma parte apreciável de um plano: algo como a superfície lisa de um lago. Tal universo pode apropriadamente ser chamado de um universo quase-euclidiano. Considera-se que seu espaço seria infinito. Mas o cálculo mostra que em um universo quase-euclidiano a densidade média da matéria seria necessariamente nenhuma. Assim, tal universo não podia ser habitado pela matéria em toda parte; apresentar-se-ia nos que o retrato insatisfatório que nós mostramos na seção 30. Se nós devermos ter no universo uma densidade média da matéria que difere de zero, porém pode ser pequena essa diferença, a seguir o universo não pode ser quase-euclidiano. No contrário, os resultados do cálculo indicam que se a matéria for distribuída uniformemente, o universo seria necessariamente esférico (ou elíptico). Desde que na realidade a distribuição detalhada da matéria não é uniforme, o universo real desviaria partes individuais do esférico, isto é o universo seria quase-esférico. Mas seria necessariamente finito. De fato, a teoria fornece-nos uma conexão simples entre a expansão do universo e a densidade média da matéria nela.¹⁰⁸

¹⁰⁸ The Structure of Space According to the General Theory of Relativity: According to the general theory of relativity, the geometrical properties of space are not independent, but they are determined by matter. Thus we can draw conclusions about the geometrical structure of the universe only if we base our considerations on the state of the matter as being something that is known. We know from experience that, for a suitably chosen coordinate system, the velocities of the stars are small as compared with the velocity of transmission of light. We can thus as a rough approximation arrive at a conclusion as to the nature of the universe as a whole, if we treat the matter as being at rest. We already know from our previous discussion that the behaviour of measuring-rods and clocks is influenced by gravitational fields, *i.e.* by the distribution of matter. This in itself is sufficient to exclude the possibility of the exact validity of Euclidean geometry in our universe. But it is conceivable that our universe differs only slightly from a Euclidean one, and this notion seems all the more probable, since calculations show that the metrics of surrounding space is influenced only to an exceedingly small extent by

Este novo universo é tão complexo que precisa de metáforas mais elaboradas, alegorias que servem de analogias para a descrição de tamanhas idéias abstratas. Einstein lança mão de imagens como “superfície de um lago”; e palavras como “ligeiramente” e “quase”, em uma ciência cuja precisão teórica deveria estar explícita.

IV.VI – O UNIVERSO HOJE

Em 1922 o matemático russo Aleksandr Aleksandrovich Friedmann¹⁰⁹, ao formular a hipótese de que a *matéria se distribui uniformemente no espaço*, observou que o *termo cosmológico* proposto por Einstein introduzia certas divergências nas equações que não foram consideradas por ele. Assim, Friedman foi levado à conclusão de que poderia haver dois modelos de

masses even of the magnitude of our sun. We might imagine that, as regards geometry, our universe behaves analogously to a surface which is irregularly curved in its individual parts, but which nowhere departs appreciably from a plane: something like the rippled surface of a lake. Such a universe might fittingly be called a quasi-Euclidean universe. As regards its space it would be infinite. But calculation shows that in a quasi-Euclidean universe the average density of matter would necessarily be *nil*. Thus such a universe could not be inhabited by matter everywhere ; it would present to us that unsatisfactory picture which we portrayed in Section 30. If we are to have in the universe an average density of matter which differs from zero, however small may be that difference, then the universe cannot be quasi-Euclidean. On the contrary, the results of calculation indicate that if matter be distributed uniformly, the universe would necessarily be spherical (or elliptical). Since in reality the detailed distribution of matter is not uniform, the real universe will deviate in individual parts from the spherical, *i.e.* the universe will be quasi-spherical. But it will be necessarily finite. In fact, the theory supplies us with a simple connection between the space-expanse of the universe and the average density of matter in it.

¹⁰⁹ Alexander A. Friedmann (1888-1925) foi o matemático russo que primeiro propôs, em 1922 e 1924, soluções das equações da relatividade geral nas quais o Universo não era considerado estático, como Einstein fez em seu modelo original, mas em expansão. Estas *soluções de Friedmann* mostraram que não era necessário utilizar um *termo cosmológico* na relatividade geral para se poder estudar o Universo, como Einstein fez em seu artigo de 1917. Curiosamente, Einstein reagiu de forma tão desfavorável à sugestão de Friedmann de que o Universo poderia se expandir que publicou um artigo afirmando que se tratava de uma solução espúria pois conteria cálculos incorretos. No entanto, mais surpreendentemente ainda, foi o próprio Einstein quem cometeu erros de cálculo em sua análise do trabalho de Friedmann, tendo se retratado por escrito alguns meses depois. Friedmann, no entanto, não chegou a saber que seu trabalho se tornaria um dos principais em cosmologia moderna pois morreu de febre tifóide, logo após a publicação de seu segundo artigo sobre cosmologia, em um surto epidêmico ocorrido na caótica situação vivida pela Rússia após a revolução de 1917 e subsequente guerra civil. O mesmo tipo de solução contendo expansão foi independentemente proposta pelo físico, matemático e padre belga Georges E. Lemaître (1894-1966) em 1927 e 1929. Ao contrário de Friedmann, Lemaître porém não se restringiu apenas em obter uma solução matemática, mas analisou suas implicações físicas e chegou à conclusão de que poderia ter existido um *átomo primordial* a partir do qual o Universo teria se expandido. Finalmente, em 1935 o matemático norte-americano H. P. Robertson e o matemático inglês Arthur G. Walker demonstraram independentemente que as soluções de Friedmann e Lemaître eram as mais gerais compatíveis com a idéia de homogeneidade e isotropia. *Zeitschrift für Physik* 10, p. 377

universo não-estático: um que se *expandiria com o tempo* e o outro que se *contrairia*. Einstein, ao saber da descoberta de Friedmann, comentou com o físico russo norte-americano George Gamow: “A introdução do termo *cosmológico* foi a maior besteira de minha vida”¹¹⁰. A primeira *evidência* da *expansão do universo* foi encontrada pelo astrônomo norte-americano Edwin Powell Hubble, em dezembro de 1924. Em 1928 o astrônomo belga, abade Georges Edouard Lemaître¹¹¹, formulou o modelo matemático de um Universo em expansão, Universo esse que teria sido originado por uma grande explosão de um *átomo primordial* ou “ovo cósmico”.

Em 1966, o físico inglês Stephen William Hawking propôs que as soluções matemáticas das equações de Einstein teriam uma ou *infinitas singularidades*, sendo que esta última solução estaria de acordo com o *universo oscilante* proposto pelo astrônomo inglês Arthur Stanley Eddington, nos anos 1930. Na década de 1960, dois radioastrônomos, o alemão Arno Allan Penzias e o norte-americano Robert Woodrow Wilson, *observaram* uma *radiação térmica no céu*, da ordem de 3 K, e que seria, segundo a interpretação dos físicos norte-americanos Dicke, Phillip James Edwin Peebles, Peter Guy Roll e David Todd Wilkinson, o vestígio do *Big Bang* inicial¹¹².

Arp explica em seu livro que o que foi detectado na verdade eram fótons muito fracos, indicativos de baixa temperatura e vindo regularmente de todas as direções ao nosso redor. Esta radiação “CBR” foi considerada quase imediatamente como uma outra prova especialmente decisiva do Big Bang:

“De fato, na minha opinião, é muito difícil reconciliá-la com o Big Bang. O motivo para isto é que num universo em expansão a radiação vindo de distâncias diferentes teria diferentes temperaturas e a curva de corpo negro muito precisa com temperatura de 2,74 K que se observaria seria fortemente deteriorada. Por isso é necessário restringir a radiação a uma camada muito fina na extremidade mais distante do universo. Supõe-se que esta camada representa a região na qual a radiação se “desacoplou” repentinamente da matéria em algum ponto arbitrário próprio do início (i.e. não foi mais absorvida e reemitida mas flui livremente

¹¹⁰EINSTEIN, A., 1917: '*Considerações Cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade Geral*', em *O Princípio da Relatividade*, 3ª edição. Coleção de artigos originais sobre as teorias da relatividade especial e geral (traduzido por Mário José Saraiva), páginas 225-241, Fundação Calouste Gulbenkian, Porto, 1983

¹¹¹ *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* 1928. **A47**, p. 49

no espaço). Nunca ouvi uma explicação de o porquê de esta camada ser extremamente tão fina”¹¹³

Por essa proposição, Penzias e Wilson dividiram com o físico russo Piotr Leonidovich Kapitzka o Nobel de Física de 1978. No modelo padrão do *big bang*, há cerca de 15 bilhões de anos¹¹⁴, todo o universo estava *concentrado* em uma pequena região, denominada *singularidade* ou *átomo primordial*, de temperatura, pressão e densidade extremamente elevadas.

Esse *átomo primordial explode*, ou seja, ocorre o que é chamado de *big bang* (a *grande explosão*). A partir desse momento, a temperatura do universo decresce com o tempo, devido à *expansão*, passando por *estágios de equilíbrio térmico*, num processo típico de *transformação adiabática* e não *isotérmica*. A matéria inicial é basicamente composta de *neutrinos, elétrons, pósitrons (antipartícula do elétron) e fótons*, que estão em equilíbrio térmico à temperatura extremamente elevada. À temperatura de 10^{11} K (cem bilhões de graus), já começam a existir *prótons e nêutrons* estáveis, mas em número bastante exíguo comparado às *outras partículas* (média de 1 *próton* ou 1 *nêutron* para cada *bilhão de fótons*, ou *elétrons ou pósitrons*). Um segundo após a grande explosão, os *neutrinos desacoplam-se*, à temperatura de 10^{10} K (dez bilhões de graus). Começa a *nucleossíntese*, quando ocorrem *reações termonucleares* no universo primordial responsáveis pela *criação de hidrogênio, deutério, trítio, hélio e lítio*. Mas qual é a imagem resultante de tudo isso, qual a descrição, portanto, que a ciência faz hoje do universo? Analisemos o seguinte trecho:

A Fauna interestelar

As estrelas de nossa Galáxia ocupam um volume esférico maior que 10^{68} cm^3 , no qual está imerso um **disco achatado** com um volume da ordem de 10^{67} cm^3 . O meio interestelar também ocupa este volume, mas a maior parte de sua massa está concentrada em um **disco mais fino**, como observado em galáxias externas, com volume da ordem de 10^{66} cm^3 e uma espessura da ordem de 300 pc. Nesta região existem muitas estrelas brilhantes, especialmente de tipo espectral O e B. Portanto, o componente mais óbvio do meio interestelar é o **fóton**, em especial o **fóton ultravioleta** produzido por estas estrelas. Desta forma, existe um *campo de radiação* associado ao meio

¹¹² . Essa *radiação térmica* já havia sido prevista por Gamow, em 1940, e observada pela primeira vez por Albert le Foch e Fabien Bretenaker, em 1956

¹¹³ ARP. H. O Universo Vermelho – Desvios para o vermelho, cosmologia e ciência acadêmica. Trad. André K. T. Assis e Domingos S. L. Soares. Editora Perspectiva, São Paulo: 2001

¹¹⁴ Há diferentes avaliações desta “idade” do Universo, a partir do Big Bang, entre 13,7 e 15 bilhões de anos.

interestelar geral, que pode aquecer e ionizar o gás, interagindo também com os demais ocupantes do espaço interestelar.

O **gás interestelar** está geralmente associado a uma componente sólida, os **grãos interestelares**. Caso uma nuvem contendo **gás e grãos** não esteja associada a estrelas brilhantes, os grãos absorverão a radiação do campo interestelar, apresentando-se a nós como **nebulosas escuras**. É o caso do **Saco de Carvão**, ou da **Nebulosa da Cabeça de Caval**, na constelação de *Órion*. Nem sempre se soube da existência deste tipo de nebulosa. Por exemplo, William Herschel chegou a considerá-las como **“buracos no céu”**, pelo contraste entre regiões escuras e as partes brilhantes da *Via Láctea*.¹¹⁵

Deste pequeno trecho de uma obra contemporânea sobre cosmologia encontramos inúmeros termos *metafóricos e análogos* que tentam retratar o mundo físico de maneira a deixar clara a convenção dada pelo discurso científico. Todo conhecimento entretanto, e sobretudo o produzido pelos cientistas, é avaliado por seu grau de adequação à experiência, o palco no qual o sujeito interage com os objetos desse conhecimento. Se estes últimos são, sem dúvida, representados, exige-se, contudo, que essas representações guardem algum tipo de similaridade ou “correspondência” com os objetos e processos da realidade que, supõe-se, existe independentemente do sujeito.

Se, por um lado, as *metáforas e analogias* aparecem desde o início da formação de um conhecimento cosmológico ainda associado às cosmogonias, é interessante notar que ainda hoje, no discurso científico, esta categoria de definições também está presente. Os conceitos científicos estão relacionados a outros conceitos, sendo que seu significado provém, em grande escala, da sua relação com estes outros conceitos, ou seja, para compreendermos um conceito é necessário estabelecermos relações significativas com outros conceitos.

Ressaltamos que todo conteúdo conceitual sempre está ligado a outros e, sendo assim, será aprendido junto com conteúdos de outra natureza, sejam eles procedimentais ou atitudinais. Com isso, a avaliação do conhecimento conceitual requer do aluno alguns procedimentos, tais como escrever, relacionar, classificar, etc. Abrantes define melhor:

De modo análogo, a imagem de um objeto externo na retina é, em condições normais, causada de algum modo pelo objeto. Porém, na medida em que o sujeito tem acesso, digamos, consciente a essa imagem, ela já se encontra

¹¹⁵ MACIEL, W. J. *Astrofísica do meio interestelar*. São Paulo: Edusp, 2002. p. 21. Grifo do autor e negritos nosso.

“impregnada”, “filtrada”, “processada” por todo um conjunto de crenças do sujeito.¹¹⁶

Apesar de todas as teorias cosmológicas construídas ao longo da história da humanidade, as grandes questões continuam: "De Onde Viemos ?", continua a ser hoje tão enigmático como há 100 mil anos atrás.

VI - A análise das metáforas - As representações metafóricas

O que procuramos mostrar nos capítulos precedentes é que a cosmologia, enquanto disciplina filosófica, procura compreender o mundo num elevado grau de abstração (o ser mundo). Trata de conceitos como a "quantidade", o "número", o "lugar" e o "espaço", o "movimento", o "tempo", as "qualidades", a "natureza dos corpos", as "propriedades da vida e a sua origem", etc. com um conteúdo também designado por Metafísica, ou ainda numa perspectiva mais restrita, como Filosofia da Natureza.

A cosmologia vista dessa forma, como procuramos demonstrar, pode ser dividida em três períodos fundamentais: no período clássico, medieval e renascentista (e Platão a Descartes) está centrada no problema da origem e no princípio primordial da natureza ou cosmos; no período moderno (de Descartes a Einstein) está centrada na *problemática da astronomia* e na crítica às deduções *à priori*; no período contemporâneo (de Einstein aos nossos dias) centra-se na discussão das grandes questões colocadas pela física moderna e na análise lógica das proposições e conceitos científicos com implicações sobre a cosmologia.

A especulação filosófica cedeu terreno à epistemologia; e a Cosmologia científica no século XX constituiu-se também como uma ciência, tratando-se de um ramo da física que estuda a forma *geométrica do mundo* e as suas *leis gerais*. É interessante constatar que muitos cosmólogos se entregam a especulações que se aproximam mais da *metafísica* do que da *ciência*.

¹¹⁶ ABRANTES, P. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Campinas:1998. p.11

VII – QUADROS COMPARATIVOS: MITO E CIÊNCIA

Ao estudar todas estas imagens, fizemos um quadro comparativo das *metáforas e analogias* presentes e relatados por Hesíodo, cuja cultura grega nos interessa mais particularmente por descender dela a cultura ocidental, e a descrição contida em Maciel sobre como a Academia admite o universo. A de Hesíodo, o primeiro de nossos relatos, a de Maciel, o último, sob o paradigma do *Big Bang*:

HESÍODO, GRÉCIA VIII a C			
MITO	METÁFORA	ANALOGIA	SIGNIFICADO
Caos	Desordem	Universo primitivo	Desformidade
Géia	Ordem	Universo em organização	Topós, o lugar
Uranos	Multiplicação	Geração de matéria	Preenchimento do espaço. Início das Formas
Titãs , Ciclopes, Hecatônquiros	Variedade de seres com vida própria	Universo ocupado por diferentes formas	A homogeneidade esconde a heterogeneidade

MITO	METÁFORA	ANALOGIA	SIGNIFICADO
Cronos	Tempo	Passagem, sucessão, contagem	Início de um tempo quantitativo
Zeus	Agente de interação	Condição necessária para a ordem	Força que sustenta a ordem no Cosmos
Prometeu	A referência homem	Aparecimento do homem no universo	O homem como forma inferior, posterior a tudo que foi criado
Pandora	A primeira mulher	A portadora da prisão humana	O homem ao querer equiparar-se aos deuses cai em desgraça preso a uma vida inferior Restando-lhe atingir aos céus somente através da palavra (narrativa – myto)

Tal qual em Hesíodo, faremos aqui também um quadro comparativo:

ASTROFÍSICA, SÉCULO XX			
CIÊNCIA	METÁFORA	ANALOGIA	SIGNIFICADO
Gás interestelar	Desordem	Universo primitivo	Desformidade
Disco achatado e Disco mais fino	Ordem	Universo em organização	Topós, o lugar
Grãos interestelares	Multiplicação	Geração de matéria	Preenchimento do espaço. Início das Formas
Fauna interestelar: Saco de Carvão, Nebulosa Cabeça de Cavalo, “buracos escuros”	As primeiras formas. Variedade de seres com vida própria	Universo ocupado por diferentes formas	A homogeneidade esconde a heterogeneidade
Fóton e Fóton ultra violeta	Tempo	Passagem, sucessão, contagem	Início de um tempo quantitativo
Campo de radiação	Agente de interação	Condição necessária para a ordem	Força que sustenta a ordem no Cosmo

CIÊNCIA	METÁFORA	ANALOGIA	SIGNIFICADO
William Herschel	A referência do homem	Aparecimento do homem no Cosmos	O homem como forma inferior, posterior a tudo que foi criado
A Razão	A primeira mulher	Portadora da prisão humana	O homem ao querer equiparar-se aos deuses cai em desgraça preso a uma vida inferior Restando-lhe atingir aos céus somente através da palavra (descritiva – <i>ciência</i>)

Segundo Abrantes¹¹⁷, uma imagem da natureza poderia ser identificada como uma “metafísica”, ou uma “ontologia”, embora à estas duas últimas expressões também associemos especulações com um grau de sistematicidade que não exigiríamos de uma simples “imagem”. Uma razão adicional para distinguir “imagens de natureza” de “teorias” é que as primeiras fornecem a matéria-prima para modelos e metáforas que são elementos geradores e constitutivos das teorias científicas. Na medida em que estas últimas são mais do que meros sistemas classificatórios dos fenômenos observados, e visam explicar esses fenômenos por meio de hipóteses a respeito de suas causas (em geral, não observáveis), elas não podem prescindir de uma imagem de natureza.

¹¹⁷ ABRANTES op. cit., 1998. p.12.

CONCLUSÃO DA UNIDADE I

O estudo das *analogias e metáforas* nos levou à conclusão que o recurso de metáforas e analogias, mesmo presente nos discursos de alunos e livros didáticos, está ausente das preocupações do professor enquanto recurso de transposição didática e de análise no ensino de ciências. Com o estudo, percebemos que, na sala de aula, se bem utilizada, pode possibilitar ao aluno e ao professor perceber que a função estruturante mais importante e essencial da *elaboração simbólica* é a *imaginação*. Enquanto conduta permanente dentro da finitude e do aqui-e-agora, elaborando os símbolos em maior ou menor profundidade pelo engajamento pragmático da aula, da aprendizagem, a imaginação abre as portas da *psiquê* para a *elaboração simbólica* ¹¹⁸do que o símbolo significa, desde a sua aparência imediata e literal até a sua realidade mais remota e misteriosa. Isso situa as raízes *arquetípicas* dos símbolos nos confins da eternidade e do infinito.

É a imaginação que nos permite visitar a imensidão do cosmo e, ao fazê-lo, “vivenciar” a raiz da *psiquê* na inteligência do Universo. Pelo conhecimento atual da física, sabemos que a velocidade limite dentro do universo é a velocidade da luz. Ora, qualquer um pode comprovar o fato de a velocidade da imaginação transcender muito a velocidade da luz. Em frações de segundo podemos imaginar uma galáxia milhares de anos-luz distante da Terra. Só isso já é suficiente para nos darmos conta de como a natureza da realidade psíquica transcende o nosso conhecimento atual. Uma das muitas definições que se dá para o signo (símbolo, metáfora, analogia, alegoria) é que é qualquer coisa que, ao se referir a um objeto de alguma maneira, cria (gera, produz, faz surgir, provoca, concebe, determina, dá ensejo a, abre oportunidade para, ou qualquer outra idéia análoga) um terceiro signo, talvez mais ampliado (um interpretante), que se refere ao objeto da mesma maneira que o faz o signo, o interpretante sendo também um signo que se refere ao signo anterior como seu objeto, e assim por diante, *ad infinitum*.

A conclusão que se chega é a de que signo nenhum (ou nenhum conjunto de signos) consegue representar seu objeto de maneira completa, inteira ou verdadeira, sendo, portanto, a interpretação do Cosmos uma obra aberta à participação de todos os sujeitos discursivos, dentro e fora da sala de aula. E esta interação entre os signos (metáforas, analogias, alegorias),

¹¹⁸ BYINGTON, C. *A construção amorosa do saber*. São Paulo: Religare, 2004. p. 124.

a qual chamamos de Cultura, deve estar aberta à crítica e à revisão, sob pena de perdermos as belas e, quem sabe, geniais idéias sobre o Cosmos que ainda estão para serem ditas.

UNIDADE II

O Paradigma Criacionista do Big Bang e a Inibição de Teorias Rivals

Nesta Unidade vamos revisar a formação do conceito de Big Bang, à luz da História da Ciência, mostrando com nossa pesquisa que o paradigma cosmológico do *Big Bang*, ainda que não tenha sido identificado com esta *metáfora*, foi estabelecido no século XIII, mais precisamente no tratado *De luce, seu inchoatione formarum*, de Robert Grosseteste¹¹⁹. No primeiro capítulo vamos discorrer sobre o opúsculo de Grosseteste, demonstrando o quanto suas teorias se aproximam, e muito, do modelo adotado no século XX, especialmente a partir da publicação de suas obras completas, por um editor alemão, em 1912. Grosseteste quer mostrar com esta teoria, que é possível uma nova *Física*, de cunho aristotélico, mas com uma nova referência instrumental, generalizando para todas as transformações naturais, as leis fundamentais fornecidas pela óptica¹²⁰.

No segundo capítulo passaremos a analisar a cosmologia científica contemporânea, que para nós começa sua construção a partir de Albert Einstein¹²¹, quando conceitua universo e

¹¹⁹ BAUR, L. in Die Philosophischen Werke des Robert Grosseteste, Bischofs von Lincoln. Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters, texte und Untersuchungen, 9. Münster: Aschendorff, 1912, disponível por meio eletrônico em <http://www.grosseteste.com/baurframe.htm>, acessado em 12 de agosto de 2001 através da University of Leeds, UK

¹²⁰ OLIVEIRA, J.H.L. de. A Cosmologia de Robert Grosseteste. In: SEMANA DE FILOSOFIA, III, 2003, Guarapuava. *Anais...* Guarapuava: Unicentro, Departamento de Filosofia, 2003. p. 31-35.

¹²¹ Um ano depois de propor a relatividade geral, em 1917, Einstein publicou um trabalho sobre cosmologia, *Considerações Cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade*, construindo um modelo esférico do Universo. Como as equações da Relatividade Geral não levavam diretamente a um Universo estático de raio finito, mesma dificuldade encontrada com a teoria de Newton, Einstein modificou suas equações, introduzindo a famosa constante cosmológica, para obter um Universo estático, já que ele não tinha nenhuma razão para supor que o Universo estivesse se expandindo ou contraindo. A constante cosmológica age como uma força repulsiva que previne o colapso do Universo pela atração gravitacional. O holandês Willem de Sitter (1872-1934) demonstrou em 1917 que a constante cosmológica permite um Universo em expansão mesmo se ele não contivesse qualquer matéria e, portanto, ela é também chamada de energia do vácuo. A hipótese que o Universo seja homogêneo e isotrópico é chamada de *Princípio Cosmológico*.

totalidade, bem como o caráter intrínseco da teoria gravitacional, a qual parece impor limites para estes conceitos. Faremos também uma breve descrição das consideradas e aceitas evidências advindas das observações astronômicas (Hubble, Eddington, Gamow, Lemaitre) e explorar também alguns conceitos relativísticos que dão forma a vários aspectos essenciais da cosmologia do século XX, como o de *horizontes* e a possibilidade de existirem regiões do espaço-tempo nos quais estes conceitos (físicos e matemáticos), que sustentam a física do Universo, deixam de ser definíveis¹²².

No terceiro capítulo, como contra-ponto, apresentaremos a teoria de Fred Hoyle, que opunha-se com convicção à Teoria do *Big Bang*., sendo o autor da *metáfora Big Bang* na década de 1940, em uma série de programas de rádio na Inglaterra, quando se referia à teoria como *uma origem explosiva do Universo*, como um *Big Bang*. Em 1948, Hoyle publicou a *Teoria Rival do Universo Estacionário*. Segundo Hoyle, o Universo não teria tido um início e a matéria está sendo constantemente formada. Segundo o *Big Bang*, matéria teria sido formada toda de uma vez, no início do Universo. Hoyle foi o maior opositor que a teoria do *Big Bang* já teve. A disputa *Universo Estacionário versus Big Bang* foi intensa e durou até o início dos anos 1970, quando dados observacionais acumulados (entre eles a alegada *radiação de fundo* em meados dos anos 60)¹²³ foram aceitos para sustentar o *Big Bang*, em detrimento da *Teoria do Universo Estacionário* de Hoyle, provocando, agora no século XX, a ida à *fogueira* de teóricos que se continuaram os estudos como Jayant Narlikar e Halton Arp. Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge e Jayant Narlikar, em 1993, propõem um novo modelo cosmológico, semelhante à teoria do estado estacionário, mas com algumas correções, e que foi denominada cosmologia do estado quase estacionário (CEQE), e prevê a criação contínua de matéria no universo, ao invés da criação de toda a matéria do universo num único evento, como na *teoria da grande explosão*. O nome *quase estacionária* para a teoria, que foi reforçada com as observações de *quasares* associados à *galáxias seyferts* relatadas por Arp. Halton Arp perdeu o emprego nos EUA por conta de seus artigos sobre estas observações; e este episódio nos leva ao nosso último capítulo desta dissertação: a inibição das teorias rivais sob a forma de discriminação.

¹²² LERNER, E. The big bang never happened – A startling refutation of the dominant theory of the origin of the universe. First Vintage Books Edition, New York, 1992; REES, M. Before the Beginning, Our Universe and Others. Simon & Schuster, London 1997.

¹²³ RESQUETTI, S.O. *et al.* The Enigma of Sobral: the later annus mirabilis in Brazil. In: Anais do 10º Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia. Belo Horizonte, 2005.

I – GROSSETESTE: O BIG BANG NO SÉCULO XIII

Este capítulo tem como objetivo mostrar que a idéia de uma explosão inicial que origina todo o universo, chamada no século XX de Big Bang, na verdade surge com a teoria da multiplicação da luz de Robert Grosseteste (1168 (?) – 1253) ainda no século XIII, a qual oferece pelo menos três propostas no opúsculo *De luce*: apresenta a luz (*lux*) como a *substância primeira*, a que dá forma à *materia prima*; a luz (*lumen*) como princípio de movimento da natureza (*Machina munda*); e a luz (*specie*) como princípio de geração e corrupção. Grosseteste quer mostrar com esta teoria, que é possível uma nova *Física*, de cunho aristotélico, mas com uma nova referência instrumental, generalizando para todas as transformações naturais, as leis fundamentais fornecidas pela óptica¹²⁴

. A história da física conta que no século XX, James Jeans¹²⁵ estabelece as condições físicas para que uma nuvem gasosa possa se contrair e formar uma estrela ou outro corpo celeste. Ao mesmo tempo Hendrik Lorentz, Henri Poincaré, Albert Einstein e outros cientistas desenvolvem a teoria da relatividade. Albert Einstein, Willem de Sitter e Alexandre Friedmann desenvolvem as primeiras teorias matemáticas do universo, utilizando a teoria da relatividade e então Edwin Hubble e outros astrônomos medem o tamanho angular das galáxias e o desvio para o vermelho de seus espectros, interpretando que quase todas estavam se afastando da Terra, com velocidade proporcional a distância, devido ao efeito Doppler. Por fim Georges Lemaître e Arthur Eddington utilizam os dados astronômicos e propõem as primeiras teorias relativísticas de um universo em expansão; Lemaître altera depois sua proposta, defendendo que o universo começou como um superátomo que explodiu: esta teoria cosmológica vai entrar nos manuais de física com o pejorativo nome de *Big Bang*.

¹²⁴ OLIVEIRA, J.H.L. de. A Cosmologia de Robert Grosseteste. In: SEMANA DE FILOSOFIA, III, 2003, Guarapuava. *Anais...* Guarapuava: Unicentro, Departamento de Filosofia, 2003. p. 31-35.

¹²⁵ No capítulo seguinte exporemos em mapas conceituais as teorias sobre o universo que se seguiram na passagem entre os séculos XIX e XX

I.I – A EDIÇÃO DE GROSSETESTE NA ALEMANHA EM 1912

Neste capítulo queremos chamar atenção para a publicação de editor alemão, em 1912, das obras de um inglês do século XIII, ainda escritas em latim, de onde retiramos um dos opúsculos. É a ele que nos referimos e de acordo com suas próprias palavras, logo no início deste opúsculo *De Luce*¹²⁶ – *seu inchoatione formarum*, que o inglês Robert Grosseteste (1168(?)-1253)¹²⁷, introduz os principais postulados sobre a luz apontando-a como *substância primeira* e dotada de uma capacidade de *automultiplicação*:

A primeira forma corporal, que tem algo que pode ser chamado de corporeidade, é a luz em minha opinião. Com efeito, a luz, em si (*per se*) se difunde ela mesma (*se ipsam*) em todas as direções, de tal sorte que um ponto de luz engendra instantaneamente uma esfera luminosa o maior possível, a menos que algo opaco (*umbrusum*) a obstrua. A essência da corporeidade é tal qual e por relação à extensão da matéria ser em três dimensões, bem que portanto a corporeidade, tanto quanto a matéria, são elas mesmas substâncias simples, privadas de toda dimensão. É portanto impossível que a forma, nela mesma simples e sem dimensão, possa induzir na matéria (que é semelhantemente simples e sem dimensão) uma dimensão em todas as direções, a menos que se faça numa automultiplicação (*se ipsam multiplicando*), ela mesma, instantaneamente em todas as direções, e extenda a matéria em sua difusão. Porque a forma, ela mesma, não pode abandonar a matéria, porque ela não pode estar separada, e a matéria, ela mesma, não pode

¹²⁶ Nos basearemos no texto em latim medieval, transcrito de sua obra original e publicado por BAUR, L. in *Die Philosophischen Werke des Robert Grosseteste, Bischofs von Lincoln*. Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters, texte und Untersuchungen, 9. Münster: Aschendorff, 1912, disponível por meio eletrônico em <http://www.grosseteste.com/baurframe.htm>, acessado em 12 de agosto de 2001, sob a responsabilidade da University of Leeds, UK. O Grosseteste Eletrônico foi estabelecido em 1998, a fim facilitar pesquisa avançada na vida e nos trabalhos de Robert Grosseteste. Esta é nossa obra de referência, doravante indicada apenas por *De Luce*. Como comparação à este trabalho, usaremos a tradução para o inglês de *On Light or The Beginning of Forms*, de Clare C. Riedl, disponível em <http://www.grosseteste.com/baurframe/onlight.htm> acessado em 12 de agosto de 2001 e também a de *Nascimento, C.A.R. - "O tratado sobre a luz de Roberto Grosseteste"*, Transformação 1:227-237, Unesp, s/d.

¹²⁷ Há controvérsias quanto a data de nascimento de Robert Grosseteste. Em alguns autores como *The Catholic Encyclopedia*, (Volume VII Copyright 1910 by Robert Appleton Company Online Edition 1999 by Kevin Knight, June 1, 1910. Remy Lafort, S.T.D. New York), Grosseteste é citado como “Bishop of Lincoln and one of the most learned men of the Middle Ages; b. about 1175; d. 9 October, 1253”; na *The Columbia Encyclopedia*, Sixth Edition. 2002 Columbia University Press, aparece como nascido em 1175; para Steven Muhlberger, “Robert Grosseteste was born in 1170 in Suffolk”; na “Robert Grosseteste and His Intellectual Milieu’ - International Robert Grosseteste Conference”, realizada entre os dias 18 e 21 de julho de 2003, no Bishop Grosseteste College, Lincoln, Inglaterra, Grosseteste é oficialmente nascido nem 1170 conforme o texto que anuncia o evento: “Robert Grosseteste (c. 1170-1253) left an intellectual legacy which encompassed a wide range of philosophical, theological and scientific topics. In addition to his exegetical and theological work, he translated”; para Crombie, Grosseteste nasceu em 1168, conforme *Grosseteste's Position in the History of Science e Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science 1100-1700*, Londres, Oxford at The Clarendon Press, 1971, pág. 10

rejeitar a forma – Eu, todavia, declaro que é a luz, que possui por si esta faculdade de se automultiplicar (*ipsam multiplicare*) e se difundir instantaneamente em todas as direções. Logo, tudo aquilo que efetue esta ação é a luz ela mesma, ou uma coisa que ela faz enquanto participante da luz ela mesma, e que faz esta ação por si. Logo, a corporeidade é, seja a luz ela mesma, seja um agente efetuando a ação enunciada, introduzindo as dimensões na matéria, enquanto que participa da luz ela mesma, que age então graças a potência (*per virtutem*) desta luz ela mesma. Mas é impossível que a forma primeira induza dimensões na matéria graças a potência de uma forma que lhe será segunda (*formae consequentis*). Logo a luz não é uma forma segunda semelhante a corporeidade, é ela mesma corporeidade¹²⁸.

McEvoy é quem aponta a ligação direta entre o *De luce* e a Teoria do *Big Bang* contemporânea:

Com efeito, é uma descrição da origem absoluta do cosmo desde um ponto único, não dimensionado, potencialmente com uma energia comprimida, sugerindo espontaneamente uma leitura contemporânea da teoria do *big bang* do começo do universo.¹²⁹

É uma teoria que consiste na descrição do universo desde sua primeira forma substancial, que para Grosseteste é a luz. A origem do cosmo se dá, então, a partir de um ponto de luz não dimensionado, possuindo uma propriedade de expansão em si mesmo (*se ipsam*). Este ponto de luz, simples, único, se autopropaga (se replica) em todas as direções e em sua expansão, esta luz substancial, numa imensa esfera luminosa, instantaneamente (*magna subito*) *corporeifica* a *materia prima* para formar todo o universo (*Machina munda*). Ora, esta

¹²⁸ De Luce, 51/52, 1-10, 1-6 - Formam primam corporalem, quam quidam corporeitatem vocant, lucem esse arbitror. Lux enim per se in omnem partem se ipsam diffundit, ita ut a puncto lucis sphaera lucis quamvis magna subito generetur, nisi obsistat umbrosum. Corporeitas vero est, quam de necessitate consequitur extensio materiae secundum tres dimensiones, cum tamen utraque, corporeitas scilicet et materia, sit substantia in se ipsa simplex, omni carens dimensione. Formam vero in se ipsa simplicem et dimensione carentem in materiam similiter simplicem et dimensione carentem dimensionem in omnem partem inducere fuit impossibile, nisi seipsam multiplicando et in omnem partem subito se diffundendo et in sui diffusionem materiam extendendo, cum non possit ipsa forma materiam derelinquere, quia non est separabilis, nec potest ipsa materia a forma evacuari. - Atqui lucem esse proposui, cuius per se est haec operatio, scilicet se ipsam multiplicare et in omnem 52 - partem subito diffundere. Quicquid igitur hoc opus facit, aut est ipsa lux, aut est hoc opus faciens in quantum participans ipsam lucem, quae hoc facit per se. Corporeitas ergo aut est ipsa lux, aut est dictum opus faciens et in materiam dimensiones inducens, in quantum participat ipsam lucem et agit per virtutem ipsius lucis. At vero formam primam in materiam dimensiones inducere per virtutem formae consequentis ipsam est impossibile. Non est ergo lux forma consequens ipsam corporeitatem, sed est ipsa corporeitas.

¹²⁹ “En effet, sa description des origines cosmiques absolues à partir d’un point non dimensionnel possédant une énergie infiniment comprimée suggère spontanément au lecteur contemporain la théorie du big bang des commencements de l’univers.” McEVOY, J. Robert Grosseteste et la théologie à l’université d’Oxford. Le Editions du CERF, Paris. 1999.

descrição preenche os requisitos pedidos por Aristóteles em sua *Física*: sejam quais forem os primeiros princípios da natureza, os quais terão de ser também os primeiros princípios do movimento, terão de possuir as seguintes características: *que não sejam a partir de outro; que não sejam a partir um do outro; que todas as coisas sejam a partir deles*¹³⁰. Grosseteste mantém-se fiel a estes preceitos, pois que sabe que qualquer coisa que se torna a partir de outra coisa o faz a partir da negação desta coisa, uma vez que todas as coisas da natureza ou *são contrárias* ou se tornam *a partir de contrários*. Então a luz, como princípio primeiro, tem como seu contrário a escuridão¹³¹: “Com efeito, a luz, em si (*per se*) se difunde ela mesma (*se ipsam*) em todas as direções, de tal sorte que um ponto de luz engendra instantaneamente (*magna subito*) uma esfera luminosa o maior possível, a menos que algo opaco (*umbrusum*) a obstrua”¹³².

Mas não bastam apenas os dois contrários para que o movimento seja realizado, segundo postula Aristóteles em sua *Física*. Mais um terceiro princípio deve abarcar o movimento ocorrido entre os dois contrários e que vai se processar em ato. Este princípio, que é também absolutamente primeiro na natureza, que é pura indeterminação, mera potência sem existência em ato, que não pode existir por si só, necessita ser determinado por uma forma para que possa existir efetivamente. Ele deve entrar porém, necessariamente na composição dos demais entes naturais. Este substrato (Aristóteles chama de *hypokeiménein*)¹³³ não existindo separadamente sem estar em composição com a forma, não pode ser conhecido em si mesmo. Apenas podemos inferir sua natureza indiretamente por analogia. Uma vez que os contrários vão responder por aspectos formais, este terceiro princípio, onde vai se processar a mudança, vai ser então o princípio material, o *substrato (matéria que é semelhantemente simples e sem dimensão)*¹³⁴). Portanto, seguindo a orientação aristotélica, Grosseteste vai explicar a geração das coisas naturais a partir da existência de um *princípio material* e de dois *princípios formais*: o *princípio* no qual ocorre o *movimento*, a *forma* e a *privação da forma*, ou seja, o substrato (*materia simplex*), a *luz (lux)* e a *escuridão (umbrusum)*. Não há rodeios em

¹³⁰ Em *Física* I, 5 188b35-41 Aristóteles dá o exemplo do branco que se gera do não branco, ou do negro ou de outra cor intermediária

¹³¹ Acerca da passagem da sombra para luz, temos a resposta em Aristóteles em **317b16-18** do *Acerca da geração e corrupção* cf.: “Em certo sentido, o chegar a ser (gênesis) se faz a partir do que não é absolutamente, mas em outro sentido se faz sempre a partir do que é. Porque o chegar a ser implica necessariamente na preexistência de algo que potencialmente é, mas atualmente não é”. *Stéresis* – privação (em lógica, negação) um dos princípios da *Física* de Aristóteles.

¹³² *De luce*, 51, 2-3

¹³³ Encontramos em *Física* 192 a31 cf.: “chamo matéria ao primeiro sujeito subjacente em cada coisa”, que para Aristóteles é indeterminada, só cognoscível indiretamente mediante a forma – (“*Conhecemos todas as coisas pelo eidos*”, *Metafísica* 1010 a25)

¹³⁴ *De luce*, 51, 6

Grosseteste. No título de seu opúsculo fica clara sua intenção: a luz como iniciadora da forma do mundo:

“É portanto impossível que a forma, nela mesma simples e sem dimensão, possa induzir na matéria (que é semelhantemente simples e sem dimensão) uma dimensão em todas as direções, a menos que se faça numa automultiplicação (*se ipsam multiplicando*), ela mesma, instantaneamente em todas as direções, e extenda a matéria em sua difusão” .¹³⁵

A luz é portanto o primeiro ente que entra efetivamente na existência, que existe em ato (não em potência como a *materia simplex*), criada por Deus, tendo como princípio contrário a escuridão (a privação da forma e matéria), e que instantaneamente dá à *materia prima* - também criada concomitantemente – sua forma, e com a ação da luz substancial vai de fato ganhar existência em ato – e uma vez unidos, um já não pode mais abandonar o outro. Já existindo uma substância em ato composto de substrato e forma substancial, outras formas podem advir, chamadas de formas acidentais, as quais constituem aquelas realidades chamadas acidentes. São acidentes atributos tais como a cor, a temperatura, as diversas qualidades sensíveis de que está dotado o sujeito, suas dimensões geométricas e outras. Estas diversas qualidades e atributos chamam-se de acidentes por contraposição à substância, pois os acidentes não subsistem por si mesmos, mas necessitam de uma substância já existente em ato, para poderem subsistir nela.

Pretendemos mostrar uma divisão didática para o estudo do opúsculo e as ligações entre o *De Luce* de Grosseteste e a *Física* de Aristóteles, apontando em ambas as obras as convergências e também as diferenças introduzidas por Grosseteste e que fazem parte de sua teoria sobre a formação da *Machina munda*. Desde já começamos a apontar os termos utilizados por Grosseteste para expor sua teoria e seus equivalentes aos de Aristóteles, tendo como meta a compreensão da *nova Física* contida no *De luce*.

A *Física* de Aristóteles apresenta uma ordenação, como que uma ciência dos princípios mais gerais para o estudo da natureza (*phýsis*). No *De luce* há a aplicação dos conceitos da *Física*, acrescidos pelas postulações à respeito da luz, para o estudo da *Machina munda*. A própria cosmologia contida na *Física* – a diferença de *natureza* entre a Terra e os corpos celestes;

¹³⁵ *De luce*, 52, 4-6

uma distinção entre regiões supralunares e sublunares; uma teoria de movimentos naturais; e uma teoria dos elementos – são pontos de concordância com o opúsculo *De Luce* de Grosseteste. Além disso, e mais importante, estão contidos no *De Luce* os princípios da *natureza* e dos *entes*, como pede Aristóteles em sua *Física*, bem como a conseqüente negação do monismo e da concepção do *Todo* enquanto *Uno*.

Há claramente no *De Luce* a incorporação das teses dos *contrários* como princípios, bem como a noção de um substrato (*hypokéimenen*) material (*materia simplex* ou *materia prima*); o estabelecimento dos três princípios: matéria, forma e privação (*stérisis*); há ainda a tese do *princípio formal*, assuntos estes todos ligados ao Livro 1da *Física*. Há também no *De luce* a clara definição das quatro causas que, no caso de Grosseteste, servem para justificar a noção de criação, e cuja “receita” encontramos na *Física*¹³⁶:

- a) a causa material (*materia prima*) [**o substrato informe**]
- b) a causa formal (*lux*) [**a luz que vai informar a matéria**]
- c) a causa eficiente (*incorporalis Intelligentiae*) [**princípio criador da luz**]
- d) a causa final (*Machina munda*) [**o universo irradiado em movimento**]

I.II – A DIVISÃO DO *DE LUCE*

É difícil classificar o opúsculo *De Luce*, uma vez que à primeira vista parece uma obra de caráter puramente metafísico. Uma leitura mais atenta nos leva a considerá-lo um texto científico e por fim acabamos nos convencendo que é um texto filosófico-científico. Nascimento o chama, em um primeiro contato, de estranho¹³⁷. No sentido que estas palavras assumem hoje, não parece ser nem um texto científico nem filosófico. Porém o próprio Grosseteste o considerava um texto de filosofia, a julgar por estas indicações no *De luce*:

¹³⁶ *Física* II, 3 –194 b –30 - 35

¹³⁷ NASCIMENTO, C.A.. - “*O tratado sobre a luz de Roberto Grosseteste*”, Transformação 1:227-237, Unesp, s/d

Esta foi como suponho, a percepção dos filósofos que afirmaram que tudo é composto de átomos e que disseram que os corpos são compostos de superfícies, as superfícies de linhas e as linhas de pontos.¹³⁸

Todos porém que filosofam corretamente afirmam que a Terra é imune deste movimento (circunrotação diurna)¹³⁹

Como nota bem Nascimento, as frases em que estas expressões aparecem evocam para nós muito mais o domínio que costumamos reservar à ciência: “Devemos portanto, nos guardar de impor ao texto as categorias posteriores de ciência e filosofia”. A filosofia de Grosseteste se dá em um domínio que abarca indistintamente os setores distinguidos por estas categorias posteriores¹⁴⁰. Já sabemos que o assunto global do *De luce* é uma hipótese cosmogônica, um exercício teórico de tornar inteligível a gênese do universo, que ele chama de *Machina munda*. Para isso lança mão de análises de caráter ontológico como na seguinte passagem:

Portanto, a luz, que é a primeira forma criada na matéria prima, multiplicando-se infinitamente a si mesma por si mesma de todos os lados e estendendo-se igualmente por toda parte, no principio do tempo estendia a matéria, da qual não podia se desligar, distendendo-a consigo à grandeza equivalente à Máquina do mundo¹⁴¹.

Há também fortes considerações matemáticas que indicam não somente uma grande erudição de Grosseteste, mas também a proposta de trabalhar com um novo referencial teórico, tendo por base as leis fornecidas pelos óticos. A seguinte passagem nos indica uma idéia do quanto o pensamento de Grosseteste, pelo menos no *De luce*, está impregnado de um conteúdo matemático:

Com efeito, se a luz pela sua multiplicação infinita, estende a matéria numa dimensão de dois côvados, pela mesma multiplicação infinita duplicada, ela a estende numa dimensão de quatro côvados e, pela metade da mesma multiplicação infinita, a estende numa dimensão de um côvado; o mesmo se dando quanto às demais proporções racionais e irracionais¹⁴².

¹³⁸ *De luce* 53, 36

¹³⁹ *De luce* 57, 28-29

¹⁴⁰ NASCIMENTO, C. A. Opus cit. pág. 228

¹⁴¹ *De luce* 52, 17-20

¹⁴² *De luce* 53, 30-35

Grosseteste recorre à razões matemáticas para explicar questões de ordem física. E esta aplicação da matemática se faz como uma aproximação comparativa ou até mesmo por transposição ao domínio físico das relações que são constatadas na ordem matemática. Estas relações assumem caráter ora geométricos, ora alegóricos e por fim numerológicos, nas palavras de Nascimento. Há estes três exemplos no *De luce*:

Portanto, a luz, que em si é simples, infinitamente multiplicada, necessariamente estende a matéria, igualmente simples, nas dimensões de uma grandeza finita.¹⁴³

A Terra porém é todos os corpos superiores por agregação em si das luminosidades superiores. Por isso ela é chamada pelos poetas de Pan, isto é, tudo; é também denominada Cibele como se fosse um leito (cubile) que provém de cubo, isto é, solidez, pois ela é o mais compacto de todos os corpos.¹⁴⁴

Por isso fica manifesto que somente as cinco proporções encontradas nestes quatro números (um, dois, três e quatro) são apropriadas à composição e à concordia estabelecadora de todo composto. Por isso só estas cinco proporções concordantes estão presentes nas medidas musicais, nas danças e nos tempos rítmicos.¹⁴⁵

O opúsculo *De luce* pode ser dividido em quatro eixos temáticos que facilitam sua compreensão: 1. A luz como primeira forma corporal; 2. A gênese da *Machina mundae*; 3. O movimento dos corpos na *Machina mundae*; e 4. Os quatro princípios da *Machina mundae*. Deste modo, a primeira parte pode ser subdividida em duas outras, 1.1 a luz como forma e 1.2 o processo de extensão da matéria pela luz. Grosseteste vai fazer uma longa explicação sobre o processo de uma multiplicação infinita da luz e as proporções encontradas nesta multiplicação. A segunda parte é a maior, já que envolve toda a explicação da gênese da *Machina mundae*, suas esferas e os quatro elementos. Pode ser dividido portanto em 2.1 a formação da *Machina mundae*; 2.2 o resumo das 13 esferas. É uma ampla exposição sobre a formação do primeiro corpo, o firmamento e como dele são originadas as demais esferas e por fim os quatro elementos abaixo da lua. Grosseteste vai postular nesta parte de seu opúsculo a luz como espécie e perfeição de todos os corpos.

¹⁴³ *De luce* 52, 30

¹⁴⁴ *De luce* 56, 24-25

¹⁴⁵ *De luce* 58, 35

O movimento dos corpos e da *Machina munda*, que toma toda a terceira parte da obra, vai reproduzir as noções de Aristóteles sobre movimento, descrevendo o movimento diurno das esferas, o movimento dos elementos e a distinção entre os movimentos das esferas celestes e as dos quatro elementos. Por fim vai falar dos quatro princípios da *Machina munda*, no corpo supremo (primeira esfera ou *firmamento*) e nos demais corpos. Para Grosseteste os quatro princípios são: a *forma*, a *matéria*, a *composição* e o *composto*, sendo resultado do denário tido como perfeito. Portanto um texto de capital importância para compreensão de Grosseteste e do movimento filosófico-científico por ele inspirado. Como bem lembra Nascimento¹⁴⁶, nele são lançadas as bases que sustentarão as especulações do próprio Grosseteste, Roger Bacon, João Pecham e muitos outros. Vale a pena lembrar ainda que o tratado do mundo de Descartes ainda terá por título: *Le monde ou traité de la lumière*; e que a luz é a grande sustentadora das teses de Einstein, conforme pretendemos mostrar no capítulo seguinte.

I.III – AS LIGAÇÕES DO *DE LUCE* COM A *FÍSICA* DE ARISTÓTELES

Desde o início de seu opúsculo, Grosseteste aponta qual é a sua fonte principal, citando nominalmente Aristóteles numa referência à uma passagem do *De Caelo*¹⁴⁷. Nossa intenção nesta seção é apontar as demais fontes de Grosseteste no *De Luce*, o que para nós fica claro, estarem ligadas à *Física*, apesar de não haver nenhuma citação nominal sobre isso. Como exemplo, separamos seis trechos cuja inspiração nos parece clara e que apontam para uma leitura quase que pontual da obra de Aristóteles.

¹⁴⁶ NASCIMENTO, C. A. . Opus cit. pág. 227

¹⁴⁷ *De luce* 52, 20-25: “A extensão da matéria não pode também ter sido realizada por uma multiplicação finita da luz, pois, algo simples, reproduzido finitamente, não dá origem a uma grandeza, como o mostra Aristóteles no Tratado sobre o céu (I, 5-7)”.

FÍSICA	DE LUCE
Os Princípios	
Física 188 a - 20	De luce, 51,1-4
Os contrários como princípios ativos	Luz (<i>lux</i>) e sombra (<i>umbrusum</i>) como princípios ativos
Física 189b – 34	De luce, 51, 6-8
Um sujeito subjacente, passivo, (<i>hypokeiménein</i>) 191 a-20	Matéria semelhante simples e sem dimensão (<i>materia simplex</i>)
Física 192 a - 20	De luce, 52, 12-14
<i>“No entanto a forma não pode desejar-se a si mesma, pois nada lhe falta, nem tampouco pode desejá-la ao contrário, pois os contrários são mutuamente destrutivos; o que deseja é a matéria, como a fêmea deseja o macho.”</i>	<i>“Porque a forma, ela mesma, não pode abandonar a matéria, porque ela não pode estar separada, e a matéria, ela mesma não pode rejeitar a forma.”</i>
Os Atomistas	
Física 187 a - 20-25	De luce, 54, 1
<i>“Para Empédocles e Anaxágoras, as coisas emergem da mescla por separação. Ainda que para Empédocles, há trocas cíclicas, para Anaxágoras trocas únicas e há infinitos de partículas semelhantes e seus contrários, que Empédocles admite chamá-los de elementos”.</i>	<i>“Esta foi supenho, a percepção dos filósofos que afirmaram que tudo é composto de átomos e que disseram que os corpos são compostos de superfícies, as superfícies de linhas e as linhas de pontos”</i>
<u>Magnitudes</u>	
Física 187 b – 25	De luce 54, 1
<i>“Então todo corpo finito se esgota por subtração reinterada de uma magnitude finita”</i>	<i>“De fato, a metade denominada é denominada parte do todo num sentido, pois tomada duas vezes, restitui o todo”</i>
Física 187 b 30-35	De luce, 53, 20-25
<i>“Haveria então um número infinito de partes iguais finitas em uma magnitude finita, mas isso é impossível”</i>	<i>“Ora, um número finito não pode ser uma ou algumas partes aliquotas (iguais) de um número infinito”.</i>

Como podemos notar, Grosseteste vai explicar a geração das coisas naturais a partir da existência de um *princípio material* e de dois *princípios formais*: o *princípio* no qual ocorre o movimento, a *forma* e a *privação da forma*, ou seja, o substrato (*materia simplex* ou *materia prima*), a *luz (lux)* e a *escuridão (umbrusum)*. Nitidamente, a aplicação das noções de princípios contidos na *Física* para a descrição de sua *Machina munda*. A luz é o primeiro

ente que entra efetivamente na existência, que existe em ato (não em potência como a *materia prima*), criada por Deus, tendo como princípio contrário a escuridão (a privação da forma e matéria), e que instantaneamente dá à *materia prima* sua forma, e com a ação da luz substancial vai de fato ganhar existência em ato – e uma vez unidos, um já não pode mais abandonar o outro.

Toda a primeira parte do *De luce* corresponde praticamente a todo primeiro livro da *Física* de Aristóteles. Em ambos estão a refutação à tese do uno e a apresentação dos *contrários* enquanto *princípios* da natureza, bem como a introdução de noções como *matéria* e *privação*. Enquanto gênese do universo, Grosseteste explica como deve se entender o processo geral, depois a formação do firmamento e depois as esferas celestes e as dos quatro elementos; e em terceiro lugar explica o movimento dos corpos no universo: das esferas e o movimento dos elementos; distinguindo ambos cuidadosamente. Finaliza com os quatro princípios de toda a realidade, que para Grosseteste são: a *forma*, a *matéria*, a *composição* e o *composto*. É por conseguinte, a retomada das teses do livro cinco da *Física* de Aristóteles, com a definição das classes do movimento. Além destes pontos em comum, nota-se no *De luce* uma reprodução da cosmologia de Aristóteles, com a introdução de algumas alterações. Todo o universo está contido numa esfera, em Aristóteles, tendo as estrelas como última esfera, em Grosseteste o *firmamento*. O de Aristóteles tem a maior parte do interior desta esfera preenchido com uma substância chamada *éter* e que reúne um conjunto homocêntrico de armações que se encaixam umas nas outras para formar uma esfera gigante, côncava, cujas superfícies formam o exterior da esfera de estrelas e a face interna da esfera homocêntrica que transportava o planeta menor, a Lua. O *éter* é o elemento celeste, um sólido cristalino, segundo Aristóteles. Ao contrário das substâncias conhecidas na Terra, é puro e inalterável, transparente e sem peso. Dele são feitos os planetas e as estrelas, assim como o conjunto de formas esféricas concêntricas cujas rotações explicam os movimentos celestes. Grosseteste não considera o *éter* em seu opúsculo, já que é a luz (*lumen*) o que vai preencher toda a esfera da *Machina munda*. Porém em um de seus desenhos das 13 esferas da *Machina munda*, na região das nove primeiras esferas, Grosseteste mantém a notação *quintae essentia* (quinta essência), ou *éter* como Aristóteles se referia, numa alusão a um quinto elemento além de terra, água, ar e fogo. Também ao sistema de 12 esferas de Aristóteles, Grosseteste acrescenta mais uma – a primeira, do *firmamento* (*primo mobile*); e mantém o sistema de esferas concêntricas. Em ambos os sistemas temos as seguintes esferas:

ARISTÓTELES		GROSSETESTE	
Primeira esfera	estrelas	firmamento	
<i>Segunda esfera</i>	Saturno	estrelas	
Terceira esfera	Júpiter	Saturno	
<i>Quarta esfera</i>	Marte	Júpiter	
Quinta esfera	Sol	Marte	
Sexta esfera	Vênus	Sol	
Sétima esfera	Mercúrio	Vênus	
Oitava esfera	Lua	Mercúrio	
Nona esfera	Fogo	Lua	
Décima esfera	Ar	Fogo	
Décima Primeira	Água	Ar	
Décima Segunda	Terra	Água	
Décima Terceira	-----	Terra	

A região sublunar, tanto na *Física* quanto no *De luce*, está cheia não com um só elemento, mas com quatro. De acordo com as leis do movimento de Aristóteles – e seguidas por Grosseteste – os elementos deveriam, na ausência de qualquer puxão ou empurrão sobre eles, fixar-se em séries de quatro esferas concêntricas do mesmo modo que as esferas celestes que as circunda. A Terra, o elemento pesado, seria naturalmente o centro geométrico do universo. A água, também pesada, mas não tanto quanto a Terra, estaria numa esfera à volta da região central. O fogo formaria sua própria esfera logo abaixo da lua e o ar completaria a estrutura preenchendo a esfera entre a água e o fogo. Grosseteste copia esta estrutura no *De luce*, mas postula a multiplicação da luz (*lumen*) como a causa do movimento que vai originar as esferas, tendo como primeira esfera o *firmamento*, a primeira composição de *matéria e forma*. Ela, através de sua multiplicação, vai originar a segunda esfera que origina a terceira, sucessivamente até a nona esfera, a da lua. Depois os quatro elementos são formados, estando concentrada na Terra a multiplicação total de todos os demais corpos originados da primeira esfera.

Como leitor de Aristóteles, Grosseteste se inspira em seu modelo cosmológico para apresentar a luz como primeira substância, com capacidade para responder a todas as requisições que a *Física* pede para que se possa postular uma gênese da *Machina munda*. Grosseteste mantém toda a divisão do movimento proposta por Aristóteles, tendo a luz como conceito fundamental para executar o plano da *Física* na proposição de uma teoria que possa explicar um mundo criado e em movimento por uma *inteligência incorpórea* que gera uma substância que se automultiplica e distende a matéria prima universal, base para todos os corpos da *Machina*

mundae. Como princípio da forma e do movimento, a luz deixa de ser mero conceito em Grosseteste, ganha *corporeidade* e o papel central de uma epistemologia e uma ontologia da natureza.

II – O PARADIGMA CRIACIONISTA DO BIG BANG

Neste capítulo vamos estabelecer a retomada da idéia criacionista do universo, ou pelo menos de um universo gerado a partir *do nada*, tal qual o de Grosseteste que, no caso, colocava a *ignição* nas mãos de Deus. A obra de Grosseteste é publicada na Alemanha por Baur em 1912¹⁴⁸ e em 1916, o físico alemão Albert Einstein publica sua *teoria relativística da gravitação*¹⁴⁹ com a elaboração da *Teoria Geral da Relatividade* que exige dele novos instrumentos matemáticos: o *cálculo tensorial* e os *espaços riemannianos*¹⁵⁰. Antes de Einstein, Riemann e outros pensadores conjecturaram que pudesse haver uma conexão entre curvatura do espaço e a matéria nele existente. Entretanto, foi Einstein que deu uma forma matemática adequada a essa idéia, possibilitando a dedução de conseqüências experimentais em toda a área da física macroscópica que descrevia a *gravitação* por meio da *curvatura espaço-tempo*: o espaço não é “vazio”, mas forma, juntamente com o tempo, uma estrutura invisível, um *sistema tetradimensional* denominado *espaço-tempo*.

Einstein comenta, ainda em 1924, na revisão de sua teoria, que estas observações e propostas estavam em consonância com as suas especulações sobre o cosmos. Em um dos apêndices da edição daquele ano, ele registra as observações de Hubble, as relações matemáticas de Friedmann, alertando entretanto que ainda havia falhas nas explicações, devendo no futuro, as

¹⁴⁸ BAUR, L. in *Die Philosophischen Werke des Robert Grosseteste, Bischofs von Lincoln*. Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters, texte und Untersuchungen, 9. Münster: Aschendorff, 1912, disponível por meio eletrônico em <http://www.grosseteste.com/baurframe.htm>, acessado em 12 de agosto de 2001, sob a responsabilidade da University of Leeds, UK

¹⁴⁹ Publicado no *Sitzungsberichte Preussische Akademie der Wissenschaften* 1, p. 142-152. Em nosso estudo estaremos nos referindo à seguinte edição **Albert Einstein, Relativity The Special and General Theory**. 1916 (revised edition: 1924) Relativity: The Special and General Theory, 1920. Methuen & Co: December, 1916. Translated: Robert W. Lawson (Authorised translation) Transcription/Markup: Brian Basgen Conversion to PDF: Sjoerd Langkemper Offline Version: Einstein Reference Archive (marxists.org) 1999, da qual extraímos todas as citações com nossa livre tradução.

anomalias ainda não resolvidas pela teoria, dar uma nova formatação à visão que ele mesmo tinha sobre o universo.

II.I – O universo de Einstein

O texto de Einstein é elucidativo pois mostra a maturidade do cientista ao compreender que talvez, nem mesmo a matemática, era capaz de dar conta de tamanha *imaginação*, sacando de muitas metáforas e alegorias para tentar explicar como via o seu universo:

Desde a primeira publicação deste pequeno livro, nosso conhecimento sobre a *estrutura do grande espaço* ("*problema cosmológico*") teve um desenvolvimento importante, que precisa ser mencionado mesmo em uma apresentação popular do assunto. Minhas considerações originais no assunto foram baseadas em duas hipóteses: (1) existe lá uma *densidade média da matéria* em todo o espaço que está em toda parte e *é diferente de zero*. (2) o valor ("*raio*") do *espaço é independente do tempo*. Ambas estas hipóteses provaram ser consistentes, de acordo com a *Teoria Geral da Relatividade*, mas somente depois que um *termo hipotético* foi adicionado às *equações de campo*, um termo qual não foi requerido pela teoria como está nem que parecesse natural de um ponto de vista teórico ("*termo cosmológico das equações de campo*"). A hipótese (2) pareceu inviável a mim naquele tempo, desde que eu pensei que cairia em especulações sem fim se partisse dele. Entretanto, já nos anos 20, o matemático russo Friedman mostrou que uma hipótese diferente era natural de um ponto de vista puramente teórico. Demonstrou que era possível preservar a hipótese (1) sem introduzir o termo cosmológico menos natural, em equações de campo gravitacional, se estivesse pronto para deixar cair a hipótese (2). A saber, as equações originais de campo admitem uma solução em que do "o raio mundo" depende do tempo (espaço de expansão). Nesse sentido se pode dizer, de acordo com Friedman, que a teoria exige uma *expansão do espaço*. Alguns anos mais tarde Hubble mostrou, por uma investigação especial das *nebulosas extra-galácticas* ("*Via Láctea*"), que as linhas espectrais emissoras mostraram um *deslocamento para o vermelho* (*redshift*) qual aumentou regularmente com a distância das *nebulosas*. Isto pode ser interpretado com respeito a nosso conhecimento atual somente no sentido do princípio de Efeito Doppler, como um *movimento expansivo do sistema* das estrelas no espaço - como necessário, de acordo com Friedman, pelas equações do campo gravitacional. A descoberta de Hubble pode, conseqüentemente, ser considerada de alguma maneira como uma

¹⁵⁰ Em 1854, Geog Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866) publica um trabalho abordando a geometria não euclidiana intitulado "Über Die Hypothesen Welche der Goemetrie Zu Grunde Liegen", cujos resultados foram utilizados por Einstein.

confirmação da teoria. Levanta-se, entretanto, uma dificuldade estranha: A interpretação do deslocamento da galáxia descoberto por Hubble como uma expansão (que pode ser duvidada de um ponto de vista teórico), conduz a uma origem desta expansão aproximadamente¹⁵¹ há 10^9 anos, quando os astrônomos apontam provavelmente que o desenvolvimento de estrelas e de sistemas individuais das estrelas se fez consideravelmente há muito mais tempo. Por enquanto nenhuma maneira se sabe como esta incongruência deve ser superada¹⁵².

Nota-se pela descrição de Einstein que o espaço também não é algo como um “pano de fundo” *tridimensional* no qual os corpos se movem - é uma estrutura cujas propriedades dependem da presença de matéria, e que, portanto, *matéria e energia em movimento curvam o espaço-tempo*. Essa deformação é muitas vezes comparada à que ocorre em uma rede esticada quando nela se deposita uma esfera maciça e pesada¹⁵³.

¹⁵¹ O verbo ingles to lie (mentir) traz em si uma carga semântica complexa por meio de seu duplo sentido – falar de modo enganoso e deitar-se, uma situação que Ricks (Ricks, Christopher. Lies. Critical Inquiry 2, 1975, pág. 121-142) descreve “como simplesmente o mais importante trocadilho da língua”. A opção de Einstein por usar lies e não outro verbo para se referir a aproximadamente é enigmático. Nesta dissertação optamos em nota de rodapé pela tradução *falsos 10^9 anos* e no texto seguimos a orientação dada pela banca Examinadora.

¹⁵² **The Structure of Space According to the General Theory of Relativity (Supplementary to Section 32)** - Since the publication of the first edition of this little book, our knowledge about the structure of space in the large (" cosmological problem ") has had an important development, which ought to be mentioned even in a popular presentation of the subject. My original considerations on the subject were based on two hypotheses: (1) There exists an average density of matter in the whole of space which is everywhere the same and different from zero. (2) The magnitude (" radius ") of space is independent of time. Both these hypotheses proved to be consistent, according to the general theory of relativity, but only after a hypothetical term was added to the field equations, a term which was not required by the theory as such nor did it seem natural from a theoretical point of view (" cosmological term of the field equations "). Hypothesis (2) appeared unavoidable to me at the time, since I thought that one would get into bottomless speculations if one departed from it. However, already in the 'twenties, the Russian mathematician Friedman showed that a different hypothesis was natural from a purely theoretical point of view. He realized that it was possible to preserve hypothesis (1) without introducing the less natural cosmological term into the field equations of gravitation, if one was ready to drop hypothesis (2). Namely, the original field equations admit a solution in which the " world radius " depends on time (expanding space). In that sense one can say, according to Friedman, that the theory demands an expansion of space. A few years later Hubble showed, by a special investigation of the extra-galactic nebulae (" milky ways "), that the spectral lines emitted showed a red shift which increased regularly with the distance of the nebulae. This can be interpreted in regard to our present knowledge only in the sense of Doppler's principle, as an expansive motion of the system of stars in the large — as required, according to Friedman, by the field equations of gravitation. Hubble's discovery can, therefore, be considered to some extent as a confirmation of the theory. There does arise, however, a strange difficulty. The interpretation of the galactic line-shift discovered by Hubble as an expansion (which can hardly be doubted from a theoretical point of view), leads to an origin of this expansion which lies " only " about 10^9 years ago, while physical astronomy makes it appear likely that the development of individual stars and systems of stars takes considerably longer. It is in no way known how this incongruity is to be overcome.

¹⁵³ Martins comenta o uso equivocado dessas metáforas e analogias, como o efeito Doppler associado a uma sirene, assuntos tratados na Unidade anterior. Estas imagens são limitadas, pois a deformação ocorre em duas dimensões (a superfície da rede) sobre uma terceira (profundidade). Já a deformação do espaço-tempo ocorre nas três dimensões de espaço e na dimensão de tempo, o que impossibilita sua visualização. A interação gravitacional surge como efeito dessa curvatura. A Lua, por exemplo, não é “atraída” para a Terra ao percorrer sua trajetória pela atuação de uma força a distância; ela simplesmente segue a estrutura curva do espaço-tempo ao redor da Terra — causada justamente pela presença de um corpo de grande massa (a Terra).

II.II – EINSTEIN LEITOR DE GROSSETESTE

Como vimos até aqui nesta dissertação, as *cosmogonias* mais antigas como a assírio-babilônica, egípcia, grego-latina e judaica parecem mais versões modificadas de uma fonte comum mais antiga: para todas elas, o universo e a vida vieram à existência pelo *ato criador* de uma *divindade* e a versão bíblica, até então transmitida oralmente, que foi escrita por Moisés cerca de 1500 a C., endossada e divulgada ao mundo pelo cristianismo é a mais aceita. Vimos também que uma outra linha de pensamento, igualmente antiga é a de que a *matéria sempre existiu*, e a vida gerou-se *espontaneamente*. Alguns pensadores gregos acreditavam que toda a matéria era viva e composta de quatro elementos, *fogo, terra, água e ar*.

Mostramos também que a *teoria da relatividade* formulada por Einstein em 1916, preparou o caminho para uma cosmologia moderna, quando o físico soviético Albert Friedmann, em 1922, levantou a hipótese de que o universo estaria *se expandindo*. Em 1929, as *observações* de Hubble “confirmaram” a teoria de Friedmann e se tornaram a base para o atual modelo sobre a origem do universo. Em 1946 George Gamow propôs o surgimento do universo em um estado de extrema *densidade* e temperatura, e à partir daí vem se expandindo: o universo teria surgido a partir de *uma gigantesca nuvem esférica colapsante*. Atingindo o nível de densidade crítico, *matéria e antimatéria* que a compunham, começaram a aniquilar-se mutuamente e tamanha liberação de energia e radiação teria sido a *explosão* que originou o *universo em expansão*.

O mito do *criacionismo* atribui a um *Ser Superior* a criação do universo sem uso de matéria preexistente e a organização e a criação da vida foi feita há menos de 10 mil anos à partir da matéria do planeta, criado anteriormente. Para o *evolucionismo*, matéria e energia são eternas. Por uma capacidade inerente à matéria, o universo aumentou em ordem e complexidade e a vida surgiu ao acaso depois de alguns bilhões de anos. Partidários das duas teorias defendem a *hipótese cosmogônica moderna*, o *Big Bang*. No capítulo anterior relatamos que entre 1914 a 1916, quando Einstein apresentou a teoria geral da relatividade, o universo deixava de ser infinito e o tempo não era mais absoluto, tinha fronteiras como um corpo que se desloca infinitamente sobre a superfície de uma esfera sem nunca atingir qualquer limite. Seus estudos

demonstravam que a gravidade influenciava a própria luz que podia ser desviada. Esta gravidade também faz o Universo curvar-se sobre si mesmo como uma elipse, semelhante a trajetória da terra em torno do sol. Para Einstein o universo era um *contínuo de quatro dimensões*, as três do espaço e uma do tempo. Mas nos cálculos de Einstein a gravidade atuava somente sobre as três dimensões do espaço e assim, ao passar o tempo, o espaço continuaria sempre o mesmo. O universo era estático. Algumas previsões do modelo de Einstein se confirmaram mais tarde e foram ganhando crédito até ser considerada a maior façanha intelectual deste século, mas o universo de Einstein tinha um problema, o mesmo que Newton enfrentara com a gravidade num Universo estático. Einstein evitou a queda das estrelas, umas sobre as outras, com o que chamou de *constante cosmológica*: uma força repulsiva entre os corpos a longa distância. Mas de onde Einstein teria tirado tudo isso? Seria apenas sua fértil imaginação?

Neste capítulo queremos mostrar que em nosso estudo, constatamos algumas semelhanças entre o modelo einsteiniano e o grossetestiano: para ambos, o universo tem a forma esférica, no caso de Grosseteste, uma esfera luminosa formada instantaneamente a partir da ação da própria luz; para Einstein é uma quase-esfera, curvada pela ação do tempo, a quarta variável que entra no sistema de coordenadas tridimensional; para Grosseteste o universo está pleno de luz; para Einstein está pleno de fóton, porque são eles os elementos básicos que formam; o universo de Grosseteste é finito e o de Einstein também; tanto Grosseteste quanto Einstein usam como medida o comprimento de onda da luz¹⁵⁴; a origem do universo para ambos se dá a partir de uma expansão de um ponto concentrado de energia; no caso de Grosseteste a expansão se dá através das explicações geométricas da óptica; para Einstein através da geometria gaussiana sobre as superfícies curvas. Veja o quadro que fizemos:

¹⁵⁴ Para Grosseteste há dois movimentos: *lux* que expande e cria o espaço onde o *lumen* que movimenta a esfera da *machina mundi*

II.III – QUADRO COMPARTIVO ENTRE OS SISTEMAS DE MUNDO DE GROSSETESTE E EINSTEIN

<u>UNIVERSO</u>	ROBERT GROSSETESTE SÉCULO XIII	ALBERT EINSTEIN SÉCULO XX
FORMA	<p>Esférico “Com efeito, a luz, em si (<i>per se</i>) se difunde ela mesma (<i>se ipsam</i>) em todas as direções, de tal sorte que um ponto de luz engendra instantaneamente uma esfera luminosa o maior possível, a menos que algo opaco (<i>umbrosum</i>) a obstrua”</p> <p>(<i>De Luce 51</i>)</p> <p><i>Lux enim per se in omnem partem se ipsam diffundit, ita ut a puncto lucis sphaera lucis quamvis magna subito generetur, nisi obsistat umbrosum.</i></p>	<p>Esférico “Desde que na realidade a distribuição detalhada da matéria não é uniforme, o universo real é dividido em peças individuais do esférico, isto é o universo será quase-esférico”</p> <p>(<i>TGR, 83</i>)</p> <p><i>Since in reality the detailed distribution of matter is not uniform, the real universe will deviate in individual parts from the spherical, i.e. the universe will be quasi-spherical</i></p>
CONTEÚDO	<p>Pleno de luz</p> <p>“A forma não pode deixar a matéria porque é inseparável dela e a matéria mesma não pode estar privada de forma – Mas eu tenho proposto que é da própria natureza da luz se multiplicar e expandir instantaneamente em todas as direções”</p> <p>(<i>De Luce 51</i>)</p> <p><i>Cum non possit ipsa forma materiam derelinquere, quia non est separabilis, nec potest ipsa materia a forma evacuari. – Atqui lucem esse proposui, cuius per se est haec operatio, scilicet se ipsam multiplicare et in omnem partem subito diffundere.</i></p>	<p>Pleno de fótons</p> <p>“Alguns anos mais tarde Hubble mostrou, por uma investigação especial das nebulosas extra-galácticas (“Via Láctea”), que as linhas espectrais emissoras mostraram um deslocamento para o vermelho (redshift) a qual aumentou regularmente com a distância das nebulosas”.</p> <p>(<i>TRG, apx.</i>)</p> <p><i>A few years later Hubble showed, by a special investigation of the extra-galactic nebulae ("milky ways"), that the spectral lines emitted showed a red shift which increased regularly with the distance of the nebulae.</i></p>

TAMANHO	<p>Finito</p> <p>“Portanto, a luz, que em si é simples, infinitamente multiplicada, necessariamente estende a matéria, igualmente simples, nas dimensões de uma grandeza finita”</p> <p>(De luce, 52-30)</p> <p><i>Infinites vero multiplicatum necesse est finitum quantum generare, quia productum ex infinita multiplicatione alicuius in infinitum excedit illud, ex cuius multiplicatione producitur. Atqui simplex a simplici non exceditur in infinitum, sed solum quantum finitum in infinitum excedit simplex.</i></p>	<p>Finito</p> <p>“Mas será necessariamente finito. De fato, a teoria fornece-nos uma conexão simples entre a expansão do universo e a densidade média da matéria nela contida”.</p> <p>(TGR apx)</p> <p><i>But it will be necessarily finite. In fact, the theory supplies us with a simple connection between the space-expansion of the universe and the average density of matter in it.</i></p>
UNIDADE DE MEDIDA	<p>Luz</p> <p>“Logo, tudo aquilo que efetue esta ação é a luz ela mesma, ou uma coisa que ela faz enquanto participante da luz ela mesma, e que faz esta ação por si. Logo, a corporeidade é, seja a luz ela mesma, seja um agente efetuando a ação enunciada, introduzindo as dimensões na matéria, enquanto que participa da luz ela mesma, que age então graças a potência (<i>per virtutem</i>) desta luz ela mesma.”</p> <p>(De Luce 52)</p> <p><i>Atqui lucem esse proposui, cuius per se est haec operatio, scilicet se ipsam multiplicare et in omnem - partem subito diffundere. Quicquid igitur hoc opus facit, aut est ipsa lux, aut est hoc opus faciens in quantum participans ipsam lucem, quae hoc facit per se.</i></p>	<p>Luz</p> <p>“A saber, as equações originais de campo admitem uma solução em que do "o raio mundo" depende do tempo (espaço de expansão). Alguns anos mais tarde Hubble mostrou, por uma investigação especial das nebulosas extra-galácticas ("Via Láctea"), que as linhas espectrais emissoras mostraram um deslocamento para o vermelho (redshift) a qual aumentou regularmente com a distância das nebulosas. Isto pode ser interpretado (...) como um movimento expansivo do sistema das estrelas no espaço .”</p> <p>(TGR)</p> <p><i>Namely, the original field equations admit a solution in which the " world radius " depends on time (expanding space). In that sense one can say, according to Friedman, that the theory demands an expansion of space. A few years later Hubble showed, by a special investigation of the extra-galactic nebulae (" milky ways "), that the spectral lines emitted showed a red shift which increased regularly with the distance of the nebulae. This can be interpreted (...) as an expansive motion of the system of stars in the large — as required, according to Friedman.</i></p>

ORIGEM	<p>Um ponto concentrado de energia que se expandiu</p> <p>“Com efeito, a luz, em si (<i>per se</i>) se difunde ela mesma (<i>se ipsam</i>) em todas as direções, de tal sorte que um ponto de luz engendra instantaneamente uma esfera luminosa o maior possível, a menos que algo opaco (<i>umbrusum</i>) a obstrua.”</p> <p>(De Luce)</p> <p><i>Lux enim per se in omnem partem se ipsam diffundit, ita ut a puncto lucis sphaera lucis quamvis magna subito generetur, nisi obsistat umbrusum.</i></p>	<p>Um ponto concentrado de energia que se expandiu</p> <p>“A interpretação do deslocamento da galáxia descoberto por Hubble como uma expansão (que pode ser duvidada de um ponto de vista teórico), conduz a uma origem desta expansão aproximadamente há 10^9 anos”</p> <p>(TRG)</p> <p><i>There does arise, however, a strange difficulty. The interpretation of the galactic line-shift discovered by Hubble as an expansion (which can hardly be doubted from a theoretical point of view), leads to an origin of this expansion which lies "only" about 109 years ago.</i></p>
EXPLICAÇÃO TEÓRICA	<p>Multiplicação Matemática</p> <p>“Com efeito, se a luz pela sua multiplicação infinita, estende a matéria numa dimensão de dois côvados, pela mesma multiplicação infinita duplicada, ela a estende numa dimensão de quatro côvados e, pela metade da mesma multiplicação infinita, a estende numa dimensão de um côvado; o mesmo se dando quanto às demais proporções racionais e irracionais.”</p> <p>$\sum a_n : \sum b_n = \text{const.}$¹⁵⁵ $a_n = a \cdot n, \quad b_n = n - a$ $\sum n > \sum 2n \leftrightarrow \sum n - \sum 2n = \sum (2n - 1)$¹⁵⁶ $\sum 2n = 2 \sum n$¹⁵⁷ $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) \times g(x) = \text{const.}, \text{ gdzie } f(x) \rightarrow \infty \text{ i } g(x) \rightarrow 0.$¹⁵⁸</p> <p>$\sum_{n=2}^{2n} ; \sum_{n=2}^n$ $\lim_{\sum} \sum_{\sum} 2n : \sum_{\sum} n = 2,$</p>	<p>Transformações Matemáticas</p> <p>“Matematicamente, nós podemos caracterizar a transformação generalizada de Lorentz assim: Expressa o x', y', x'', t', nos termos de funções homogêneas lineares de x, y, x, t, de tal tipo esse a relação $x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$ (11a). É que o satisfaz a identidade. Isto quer dizer: Se nós substituirmos suas expressões em x, y, x, t, no lugar do x', y', x'', t', no lado esquerdo, a seguir no lado esquerda (11a) concorda com o lado direito.”</p> <p>(TGR)</p> <p><i>Mathematically, we can characterise the generalised Lorentz transformation thus : It expresses x', y', x'', t', in terms of linear homogeneous functions of x, y, x, t, of such a kind that the relation $x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$ (11^a) is satisfied identically. That is to say: If we substitute their expressions in x, y, x, t, in place of x', y', x'', t', on the left-hand side, then the left-hand side of (11^a) agrees with the right-hand side.</i></p>

¹⁵⁵ Mieczysław Boczar, Grosseteste, Warszawa 1994, s. 50.

¹⁵⁶ Etienne Gilson, Historia filozofii chrześcijańskiej w Wiekach Średnich, Warszawa 1987, s. 239

¹⁵⁷ Maciej Gos, Koncepcja kosmologiczna Roberta Grosseteste'a, "Przegląd Filozoficzny" nr 3/1996, ss. 61.

¹⁵⁸ Robert Grosseteste, O świetle, czyli o pochodzeniu form, w: M. Boczar, Grosseteste, op. cit., s. 132. Cytaty w tłumaczeniu M. Boczara. Gilson, op. cit., s.240.

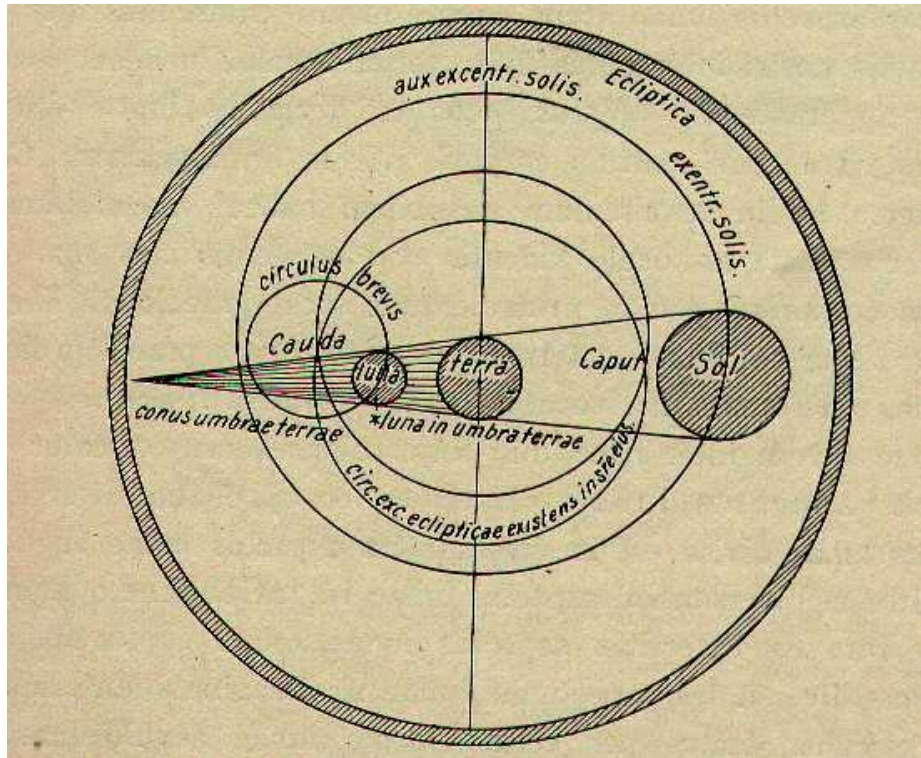


Figura 1 - A esfera de Robert Grosseteste em uma de suas obras, publicada em 1912, na Alemanha, por Baur L., comentando um eclipse

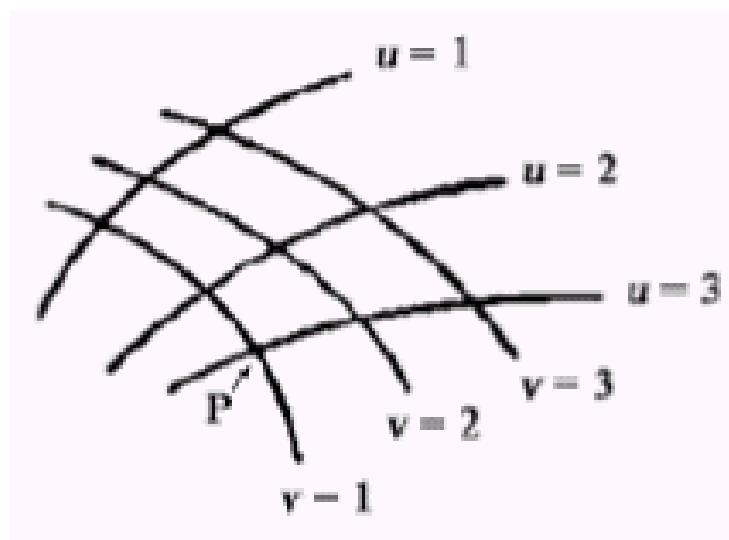
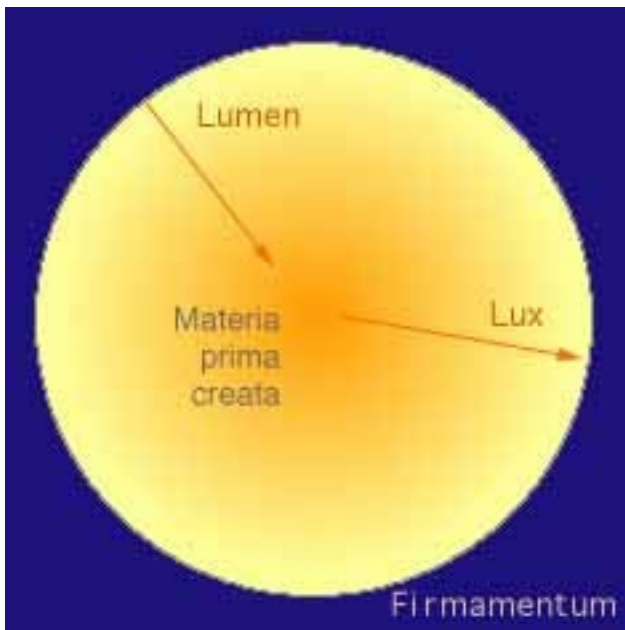


Figura 2 - Sistema de curvas de Gauss citadas por Albert Einstein em sua TRG em 1916



Spiral Galaxy NGC 1232 - VLT UT 1 + FORS1

ESO PR Photo 37/d/98 (23 September 1998)

© European Southern Observatory



VIMOS Image of the Antennae Galaxies NGC 4038/39
(VLT MELIPAL + VIMOS)

ESO PR Photo 09a/02 (13 March 2002)

© European Southern Observatory



Figuras 3, 4, 5 e 6 - Teoria da criação de Grosseteste pela ação da luz e com Deus movimentando a última esfera celeste para dar movimento ao cosmos. Abaixo o universo de hoje sob o paradigma do *Big Bang*: galáxias em expansão rumo ao nada

Não é nosso objetivo aprofundar nesta dissertação as questões relativas às implicações desta leitura de Einstein e de seu mais famoso trabalho, mas sim chamar atenção para como a abordagem da História da Ciência pode levar os alunos à considerações sobre o tema, interessando-se talvez, em buscar subsídios maiores que confirmem ou rechacem as hipóteses (da dissertação, de Einstein e de todos). É preciso registrar, nesta abordagem, que foi um padre católico belga, um dos protagonistas da atual teoria sobre a origem do Universo: Georges Henri Edouard Lemaitre. Considerado por muitos como um matemático brilhante, Lemaitre se interessou pela cosmologia e desde 1925 dedicou-se a resolver os vários problemas colocados na década, pois além de estar familiarizado com as últimas descobertas da astrofísica, acompanhava de perto os trabalhos de Hubble no monte Wilson.

Desconhecia o trabalho de Friedmann, que por muitos anos permaneceu inacessível ao ocidente e era profundo conhecedor da teoria da relatividade e sabia sobre o modelo de Sitter - que havia aplicado a lei da gravidade também ao tempo. Lemaitre propõe uma terceira solução, combinando elementos positivos das duas teorias: seu modelo bastante convincente passou a ser amplamente aceito, e tornou-se a base para uma teoria evolucionista e criacionista da origem do universo. O Papa Pio XII em 1951 se reportou a *esta explosão a bilhões* de anos como *a criação*. Já na física, as opiniões se dividiram: recebida com euforia por aqueles que aceitaram a hipótese de um Criador e com preocupação por aqueles que a rejeitam. Em um universo em expansão, no contexto espaço/tempo, seria difícil escapar de um começo. Admitir um começo, o big-bang, significa admitir um tempo zero e um espaço zero e ainda, que antes deste evento não havia nada. Esta dificuldade até agora intransponível foi chamada de singularidade.

II.IV – A curvatura do espaço-tempo

Uma forma possível de comprovar a curvatura do espaço-tempo é acompanhar a trajetória seguida pela luz. Como esta sempre percorre a menor distância entre dois pontos, em um *espaço-tempo* plano, a trajetória é retilínea; num espaço-tempo deformado, a luz deve acompanhar a curvatura do espaço. Então, a idéia era a de comprovar este fato por meio de observações de estrelas durante eclipses do Sol – enquanto este estivesse obscurecido, as

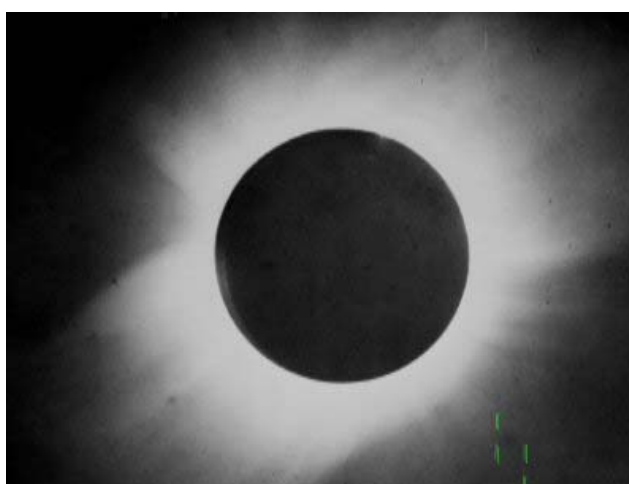
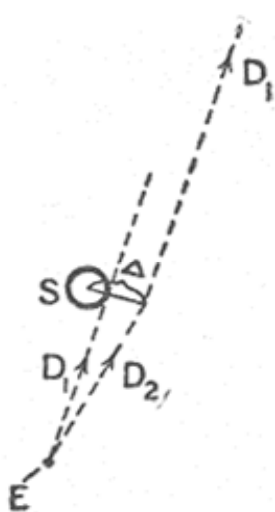
estrelas em seu entorno poderiam ser fotografadas, de modo que as chapas obtidas pudessem ser comparadas com fotos noturnas, tiradas em um período diferente do ano. Einstein havia previsto que o trajeto de um raio de luz de uma estrela, próxima da orla solar, sofreria um desvio de $1,74''$, diferentemente do valor previsto por Newton em seu *Optica*, que era de $0,87''$. Assis explica que de fato a primeira questão ao final do *Óptica* mostra que Newton era favorável a uma interação da matéria com a luz que poderia causar a curvatura do raio luminoso: “Os corpos não agem sobre a luz a distância e, por sua ação, não curvam os seus raios? E essa ação (*coeteris paribus*) não é mais forte na distância menor?”¹⁵⁹. Apesar disso, Newton não chegou a calcular nenhum desvio gravitacional para a luz das estrelas ao passar pelo sol. Quem fez estes cálculos no século XIX, utilizando uma teoria clássica e chegando aos $0,87''$, foi J. G. V. Soldner.

Em 29 de maio de 1919 surgiu a oportunidade esperada por pesquisadores de verificarem, ou não, a Teoria Geral da Relatividade, quando o astrônomo inglês Arthur Eddington organizou duas expedições que se dirigiriam para Príncipe, região ocidental da África, e Sobral, no Ceará, para observarem o eclipse total que ocorreria naquela ocasião. O grupo de Príncipe foi liderado pelo próprio Eddington, porém, as observações nas duas localidades apresentaram problemas: as condições climáticas, especialmente em Príncipe, pois o céu estava nublado, o transporte de equipamentos ópticos de precisão, o qual foi feito por nativos por mais de um quilômetro, poderia ter descalibrado os instrumentos, e o método empregado para quantificar as possíveis causas de erros.

¹⁵⁹ NEWTON, I. *Optica*. São Paulo: Edusp, 1996. P. 250-251



Figura 7 - Cidade de Sobral, onde foi feita uma das observações do eclipse de 1919



Figuras 8 e 9 - Equipe de astrônomos que fizeram as observações no Brasil. Ao lado a foto de Sobral e a explicação (modelo) do que aconteceu com a luz.

Com relação a esses últimos, a influência da refração da luz na coroa solar e na atmosfera terrestre, o aquecimento do espelho dos telescópios pelo sol, que poderia provocar distorções graves nos resultados, a mudança de escala entre as chapas obtidas no dia do eclipse e aquelas tiradas para comparação, distorções da emulsão fotográfica durante o processo de secagem, e erros de medida das imagens nas placas, são dados muito relevantes que deveriam ter sido considerados na análise dos resultados obtidos¹⁶⁰. Das 16 chapas obtidas em Príncipe, somente duas foram consideradas utilizáveis e apenas as posições relativas de cinco estrelas puderam ser analisadas por Eddington. Em Sobral foram tiradas 26 chapas, das quais 7 boas e 19 vencidas. As chapas boas de Sobral deram um valor médio para a deflexão significativamente superior àquele previsto por Einstein (1,98" contra 1,74"), e as 19 vencidas favoreciam as previsões de Newton (0,86", de acordo com 0,87" previstos). Entretanto, Eddington preferiu os resultados das duas chapas que ele havia obtido em Príncipe (média de 1,62") e declarou que a teoria de Einstein estava confirmada. O astrônomo real, F. W. Dyson, concordou prontamente com as avaliações de Eddington.

Em 16 de novembro de 1919, J. J. Thomson, presidente da *Royal Society*, anunciou solenemente em uma reunião conjunta da *Royal Society* e da *Royal Astronomic Society*, que as previsões de Einstein tinham sido verificadas. Nos dias que se seguiram, os jornais *Times* e *New York Times* divulgaram amplamente a teoria de Einstein, transformando-o em uma celebridade. A relatividade foi promovida a uma teoria de fato, após as expedições à Príncipe e Sobral, com o apoio de jornais de grande repercussão e confiabilidade, além de cientistas de renome (Eddington foi o maior publicitário de Einstein). Um ano depois Eddington admitiu, sem sinais de constrangimento, de não ter sido “totalmente imparcial”.¹⁶¹

¹⁶⁰ RESQUETTI, S.O. *et al.* The Enigma of Sobral: the later annus mirabilis in Brazil. In: Anais do 10º Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia. Belo Horizonte, 2005.; Sanches, M.B. et al. Uma Discussão sobre o Mapeamento Conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea. Atas do V ENEPEC, Bauru, 2005

¹⁶¹ Idem

II.IV – OS MODELOS DE EXPANSÃO

Fagundes, em um trabalho onde comenta os modelos cosmológicos¹⁶² de aceleração universal apresenta alguns esquemas do que é chamado de universo observável, aos quais achamos por bem nos remeter para melhor esclarecer as posições teóricas adotadas adiante. A figura 1 (p.175) é um esquema da parte do universo que podemos observar da Terra: os círculos representam camadas esféricas, com um número indicando sua distância em anos-luz. Ela já pressupõe interpretações teóricas, ou ao menos algum processamento mental, pois nossos sentidos não percebem diretamente distâncias astronômicas. Nossa visão direta do céu não indica profundidade na direção da observação: o Sol, a Lua, as estrelas a e b do Cruzeiro do Sul (distantes respectivamente 260 e 490 anos-luz) aparentam estar todos à mesma distância de nós.

Consideremos o círculo marcado 5 bilhões (1 bilhão = 1000 milhões) na figura. Os objetos, como *galáxias e quasares*, situados nessa *camada*, são observados por nós na forma que tinham 5 bilhões de anos atrás. Ou seja, cada círculo representa uma região do cosmo em uma certa época (na escala de hoje, que leva em conta a expansão do espaço.). Não podemos ver como era em qualquer época uma dada região. O círculo externo é a parte mais distante, a cerca de 15 bilhões de anos-luz, e portanto mais antiga, que pode ser observada através de radiação eletromagnética. Os números da figura 1 são aproximados, mas todos se baseiam na teoria da expansão do universo. Outras observações que são explicadas pela teoria do *Big Bang* são as densidades relativas dos *elementos leves, hidrogênio, hélio e lítio*, no universo, e a chamada *radiação cósmica de fundo*, que se origina na esfera máxima da figura 1¹⁶³.

¹⁶² **Modelos Cosmológicos e a Aceleração do Universo** (Cosmological Models and the Acceleration of the Universe) Helio V. Fagundes *Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista.*

¹⁶³ Acontece que o *Big Bang* tem muitas variantes. A idéia básica do cosmo como algo semelhante ao resultado de uma grande explosão continua sendo a mais aceita pelos especialistas, mas quanto aos detalhes há muitas possibilidades e incertezas. Antes de abordar esses modelos, uma observação: não confundir a cosmologia relativística com a teoria da relatividade geral criada por A. Einstein em 1915. Esta última é uma teoria da força gravitacional, enquanto a cosmologia einsteiniana baseia-se na relatividade geral combinada com outras hipóteses, como a homogeneidade e a isotropia da distribuição de matéria em grandes escalas e a equação de estado dessa matéria. Estas hipóteses adicionais podem ser mais ou menos verdadeiras, daí a variedade de modelos todos baseados na relatividade geral.

a) Os modelos de Friedmann e de Einstein-de Sitter

Friedmann, usando as hipóteses de *homogeneidade e isotropia da matéria*, construiu dois modelos em que a *geometria do espaço cósmico* (tecnicamente, a *geometria das seções espaciais 3-dimensionais do espaço-tempo 4-dimensional*) tem *curvatura positiva* (fechado, 1922) ou *negativa* (aberto, 1924). A *curvatura* é uma quantidade geométrica que vem da *teoria das superfícies curvas*. Destas, a mais simples é a *esfera*, que tem *curvatura igual ao inverso do raio ao quadrado*. Veremos, a seguir, uma caracterização dessas geometrias em termos de triângulos retilíneos (páginas 175 e 176). No século XIX haviam sido descobertas as chamadas *geometrias hiperbólica e geometria esférica*, diferentes da geometria euclidiana comum. Um teorema bem conhecido da geometria euclidiana, que tem curvatura nula, diz que a soma dos ângulos internos de um triângulo retilíneo é igual a 180 graus. Na *geometria esférica* essa soma é maior que 180 graus, e na *geometria hiperbólica* ela é menor que 180 graus. A figura 2 (página 175) representa o triângulo euclidiano corretamente, dentro das limitações do desenho. Para os triângulos esférico e hiperbólico as ilustrações são distorcidas, por causa da curvatura: os lados representados por curvas são geodésicas - que são as "retas" nessas geometrias, por exemplo o equador e os meridianos num globo terrestre.

b) Modelo de Friedmann esférico ou fechado

Nesta versão a *densidade média de matéria* é maior que uma certa densidade crítica da teoria, que corresponde a cerca de cinco vezes a massa de um átomo de hidrogênio por metro cúbico. Usa-se a letra grega Ω (ômega) para a densidade de matéria em unidades da densidade crítica. Portanto, Ω é um número maior do que um no *modelo esférico*. A *seção espacial* ou *3-espaço* é representado por uma *hiperesfera*: assim como a *esfera* é uma *superfície finita*, de duas dimensões (latitude e longitude), imersa no espaço euclidiano comum, a *hiperesfera* é uma *hipersuperfície finita*, de três dimensões (distância, latitude e longitude), imersa em um espaço euclidiano *abstrato* de quatro dimensões, que não é *intuitivo*. Vamos nos limitar a considerar a esfera comum, que seria um "*plano*" na *hiperesfera*. A figura 3 (p.175)

representa grosseiramente a evolução deste modelo, por meio de um *balão esférico* cujo raio inicialmente (A) tem um diâmetro mínimo ("quase nulo"), expande-se até B e chega a um valor máximo em C, para depois se contrair até D, e se extinguir em E, novamente com raio mínimo. Em B, C, D as manchas sobre o balão representam *estruturas* como *galáxias* ou seus *aglomerados*. As distâncias entre esses objetos é proporcional ao raio do balão, isto é, primeiro aumentam e depois se contraem. Na *época atual*, estaríamos no estágio B, portanto em *estado de expansão*.

c) Modelo de Friedmann hiperbólico ou aberto

Neste caso, *densidade média é menor que a densidade crítica*, portanto Ω é uma fração da unidade¹⁶⁴. A expansão continua sempre, embora com velocidade cada vez menor, ou seja, a expansão é desacelerada ou freada. A seção espacial é o espaço hiperbólico infinito (figura 4).

d) Modelo de Einstein-de Sitter

Este modelo (1932) supõe que a *densidade de matéria é exatamente a densidade crítica*, portanto que $\Omega = 1$. Sua evolução é representada na figura 5 (p.176). O *espaço 3-dimensional (seção espacial)* é agora o espaço euclidiano infinito. Com relação às figuras 3 a 5 (p.175), costuma-se dizer que as *galáxias* permanecem fixas no espaço, enquanto este se *dilata* ou *contraí*; por isso as primeiras afastam-se ou aproximam-se umas das outras. O modelo de Einstein-de Sitter é, às vezes, chamado *modelo de Friedmann de curvatura nula*. Ou seja, a expressão *modelos de Friedmann* pode designar as três teorias que acabamos de descrever. É um mistério por que o próprio Friedmann não tratou do caso euclidiano, que é o mais simples dos três. Na figura 6 (p.176), vemos um gráfico da evolução do fator de escala ou de expansão nos três modelos de Friedmann. Esse fator mede o grau de expansão ou contração. Por exemplo, se em certa época o fator é o duplo de seu valor em outra época, então a distância entre duas galáxias na primeira é o duplo da distância entre elas na segunda. Note-se

¹⁶⁴ O que se tenta descrever nas figuras 3 e 4 (p. 175)

que as três linhas se curvam para baixo, o que matematicamente significa desaceleração que é produzida pela atração gravitacional das partes do universo entre si.

5. *A lei de Hubble*

O *afastamento das galáxias* previsto por Friedmann foi interpretado nas *observações* realizadas por Slipher, do *deslocamento para o vermelho* (ou *redshift*) da luz proveniente das *galáxias*, e pelas *distâncias de galáxias* medidas por Hubble, ambos resultados publicados na década de 1920. Em 1928, Robertson formulou a lei que ficou conhecida como *lei de Hubble: a velocidade de afastamento das galáxias é proporcional à sua distância*. Essa lei exprime a chamada *expansão do universo*, que os três modelos descritos prevêm, mas com diferenças nos valores numéricos.

Nas figuras 3 a 5 (p.175) esse *afastamento das galáxias* não é só com relação a nós na Terra, mas de todas as galáxias entre si. Em 1948, foi proposta por Bondi e Gold uma *teoria estacionária do cosmo*, que também previa a *expansão* mas não o *Big Bang*, mas que foi praticamente abandonada com a *hipótese*, em 1965, da *radiação de fundo (CBR)*, que foi associada aos modelos do *Big Bang*. Também contribuiu para isso a divulgação da previsão destes quanto à abundância do elemento químico *hélio* no universo, atribuída a Gamow.

Assis e Danhoni Neves em artigo publicado em *Astrophysics and Space Science*¹⁶⁵ mostram que na verdade as previsões mais acertadas sobre a CBR são dos teóricos rivais aos do modelo do Big Bang. Já em 1926 Eddington previa 3.2 K, Regener em 1933, previu 2,8 K e Nernst, em 1937, previu os mesmos 2.8 K, os três defendendo a teoria do universo estacionário. Somente em 1949, os defensores do Big Bang, Alpher e Hermann, arriscaram uma temperatura igual ou maior que 5 K e Gamow em 1953, previu 7 K para em 1961 prever uma marca de 50 K, ou seja, as previsões que seguem o modelo do Big Bang são maiores e mais distantes da CBR medida por Penzias e Wilson em 1965. É de se estranhar que ainda hoje se divulgue que haja acerto nas medições e que esta seja a prova do modelo do Big Bang.

¹⁶⁵ ASSIS, A.K.T. & DANHONI NEVES, M. C. *The redshift revisited*. *Astrophysics and Space Science* **227**: 13-24, 1995

Os três modelos, de Friedmann e Einstein-de Sitter, todos prevêm uma *expansão do universo* que está *desacelerando*¹⁶⁶. Ou seja, a *velocidade da expansão* está sempre diminuindo. Isso se deve a que a única força atuante é a *atração gravitacional*, que freia a grande velocidade inicial. Até há poucos anos, os teóricos achavam que esta previsão estava correta, e apenas se dividiam em duas preferências principais: uma corrente, ligada aos astrofísicos, acreditava numa *baixa densidade de matéria*, algo como 30% da *densidade crítica*, e que portanto o modelo apropriado era o de *Friedmann hiperbólico*; outra, principalmente dos físicos trabalhando na *teoria dos campos*, preferia a de *Einstein-de Sitter*.

No ano de 1922, foi concedido a Einstein o Prêmio Nobel referente ao ano de 1921, especialmente pela sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico, cujos estudos foram publicados em 1905. O comitê sueco encarregado do prêmio não estava totalmente convencido das previsões da *teoria da relatividade restrita* e dos resultados de Eddington acerca da teoria geral. Após alguns anos, todas as dúvidas que ainda pairavam sobre o episódio das observações em Sobral e Príncipe, foram levadas ao completo esquecimento. Um novo *paradigma* entrou em cena, definindo uma nova prática da ciência normal e mudando a visão de mundo.

Apresentamos a seguir os modelos que foram descritos acima para uma melhor visualização das equações:

¹⁶⁶ Então, há cerca de três anos, apareceu um novo resultado, da *observação* de estrelas supernovas distantes, dois grupos independentes, liderados por A. G. Riess e S. Perlmutter, e que chegaram à conclusão de que a expansão do universo não está freando, ela está acelerando. Iniciou-se, então, a atual fase de frenética pesquisa para adaptar o *Big Bang* a esse novo fato. Apresentamos a seguir os modelos que foram descritos acima para uma melhor visualização das equações.

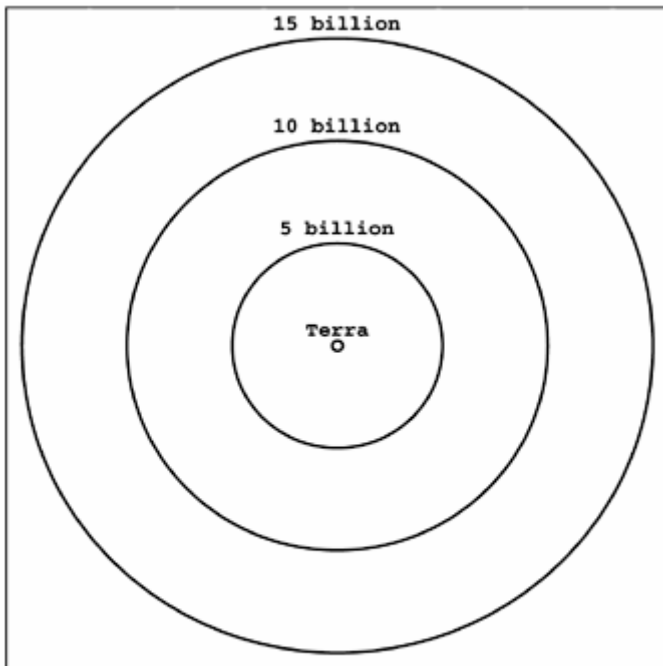


Figura 1. Esquema da parte do universo que podemos observar. Cada círculo representa uma camada esférica, com a distância indicada em anos-luz.

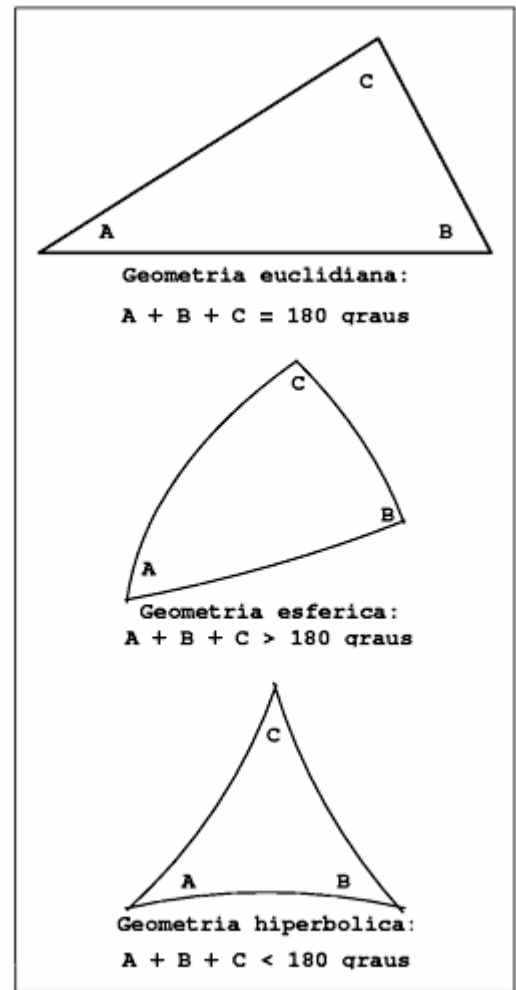


Figura 2. Triângulo "retilíneo" nas três geometrias de curvatura constante.

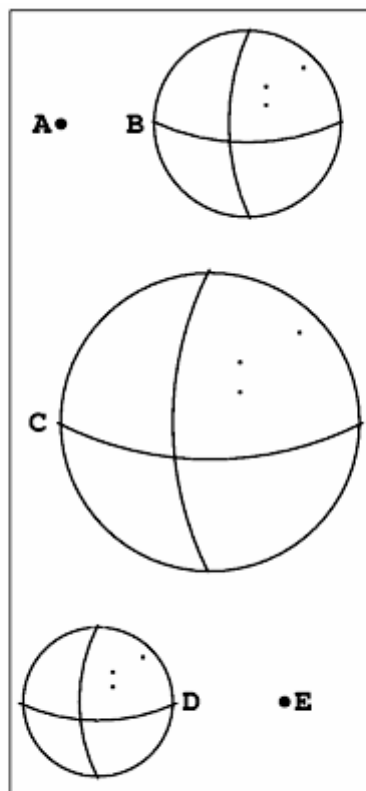


Figura 3. Expansão e contração no modelo de Friedmann esférico: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$. Em B, C, D os pequenos pontos representam galáxias.

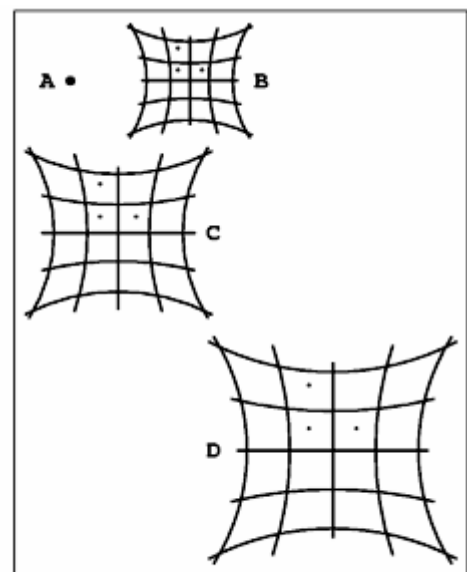


Figura 4. Expansão no modelo de Friedmann hiperbólico: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow \dots$

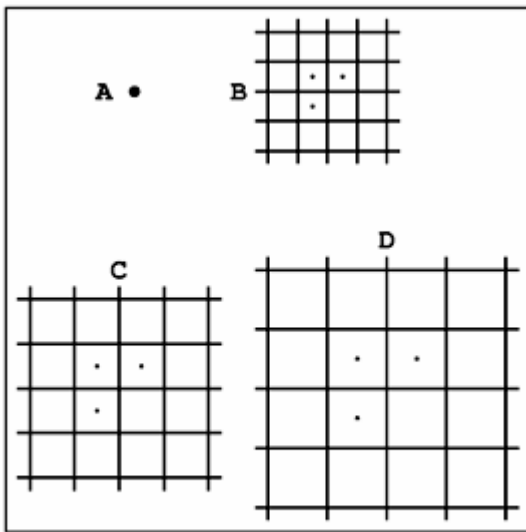


Figura 5. Expansão no modelo de Einstein-de Sitter: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow \dots$

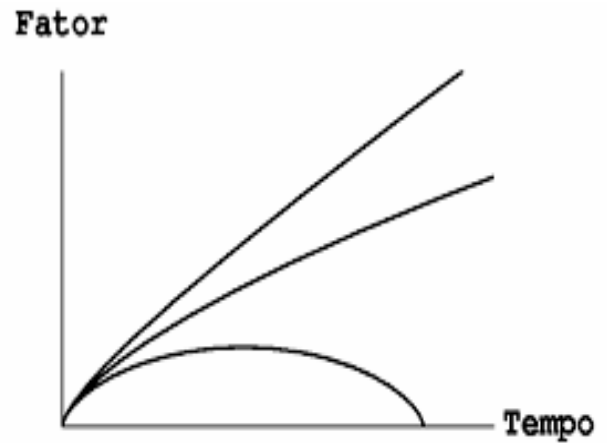


Figura 6. Fator de escala nos modelos de Einstein-de Sitter (a curva do meio), de Friedmann esférico (em baixo) e Friedmann hiperbólico (no topo).

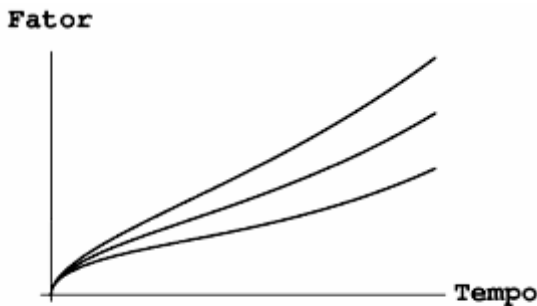


Figura 8. Expansão em modelos de Friedmann-Lemaître com constante cosmológica positiva, e, no caso esférico, maior que no modelo estático de Einstein. De baixo para cima, espaços esférico, euclidiano e hiperbólico.

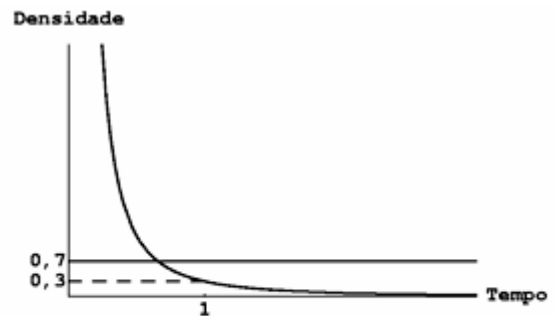


Figura 9. Densidades de matéria (curva) e energia escura (reta), em unidades da densidade crítica atual. O número 1 no eixo do tempo indica a época atual.

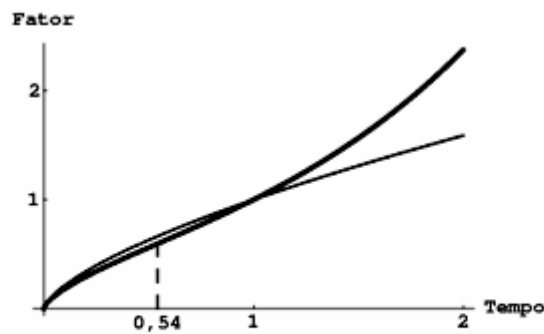


Figura 10. Fator de escala nos modelos de EdS (linha fina) e FL euclidiano (linha grossa), este com densidades atuais de 30% de matéria e 70% de energia escura.

Tabela de eventos previstos no modelo do Big Bang

Idade cósmica	Temperatura	Eventos marcantes
$< 10^{-44}$ segundos	$> 10^{32}$ K	Big Bang. Unificação das 4 forças. Era de Planck.
10^{-44} segundos	10^{32} K	Gravidade se separa das outras forças. Era das GUT's (teorias da grande unificação das forças nucleares forte e fraca e da força eletromagnética).
10^{-35} segundos	10^{28} K	Força nuclear forte se separa da força eletro-fraca.
10^{-32} segundos	10^{27} K	Fim da era da Inflação. Universo se expande rapidamente.
10^{-10} segundos	10^{15} K	Era da radiação. Forças eletromagnéticas e fracas se separam.
10^{-7} segundos	10^{14} K	Era das partículas pesadas (era hadrônica). Fótons colidem para construir prótons, antiprótons, quarks, e antiquarks.
10^{-1} segundos	10^{12} K	Era das partículas leves (era leptônica). Fótons retêm energia suficiente apenas para construir partículas leves como elétrons e pósitrons.
3 minutos	10^{10} K	Era da nucleossíntese. Prótons e elétrons interagem para formar nêutrons. Prótons e nêutrons formam núcleos de deutério, hélio, e pequena quantidade de lítio e berílio.
380 000 anos	10^3 K	Era da recombinação. Universo fica transparente. Radiação pode fluir livremente pelo espaço.
1×10^9 anos	20 K	Formação de protoaglomerados de galáxias e de galáxias.
10×10^9 anos	3 K	Era presente. Formação do sistema solar. Desenvolvimento da vida.

III – TEORIA DE UNIVERSO ESTACIONÁRIO

Muitos cientistas contemporâneos não aceitaram as idéias de expansão do universo a partir do nada, dentre eles estão os astrônomos britânicos Arthur Eddington e Fred Hoyle, este último, tentou inclusive ridicularizar o modelo de Friedmann-Lemaître, apelidando-o de universo da "*grande explosão*" (em inglês, *Big Bang*). O nome no entanto passou a pertencer ao *jargão científico*, sem as características de ridicularização que o motivaram. Várias tentativas foram feitas no sentido de se evitar a desconfortável - do ponto de vista científico - *singularidade*, predita no universo da *grande explosão*. O modelo de Eddington-Lemaître, foi proposto com o fim específico de se evitar a *singularidade* - metáfora para "fase desconhecida" - inicial. Neste modelo, a extrapolação temporal para o passado termina num estado inicial com características semelhantes ao universo estático de Einstein, mas em todas as outras fases ele é indistinguível do modelo com *singularidade*.

A segunda tentativa, de caráter mais amplo e revolucionário, foi proposta por Fred Hoyle e colaboradores que se ramifica em duas, separadas por quase 50 anos: a primeira, denominada "*cosmologia do estado estacionário*" foi proposta por Hoyle e pelos cientistas, também britânicos, Hermann Bondi e Thomas Gold, em 1948. A segunda surgiu em 1993, após o fracasso da primeira, e foi idealizada por Hoyle, por Geoffrey Burbidge e pelo físico teórico indiano Jayant Narlikar, e denomina-se "*cosmologia do estado quase estacionário*": no modelo do *Universo Estacionário*, o universo apresenta-se sem criação, infinito no espaço e no tempo, isto é, o universo sempre existiu, defendendo a idéia de que o *redshift* está associado ao *efeito Doppler* e, portanto, o *universo está em expansão*.

Com a reformulação da hipótese de *universo estacionário*, surge agora um *universo quase-estacionário*: o universo é *homogêneo, isotrópico e infinito espacialmente* e, além disso, ao contrário do universo da *grande explosão*, tem uma *idade infinita*. O *modelo expande-se*, como na *grande explosão*, mas matéria é *contínua e uniformemente criada*, de forma a garantir a *homogeneidade e isotropia*. A teoria não indica de que forma a matéria é criada e a violação da lei da conservação da matéria, lei esta implícita na TRG, foi contornada por Hoyle

através de um artifício matemático¹⁶⁷. A idéia de *criação contínua de matéria* foi fortemente questionada durante as décadas de 50 e 60, anos que se seguiram à sua proposição. Verificasse, no entanto, que após os desenvolvimentos das teorias inflacionárias, a partir de meados de 1980, esta idéia tornou-se, de certa forma, muito mais respeitável e foi mantida por Hoyle e colaboradores nos seus trabalhos posteriores em cosmologia.

Hoyle propôs uma pequena modificação na TRG para permitir a *criação de matéria* a partir de um "reservatório" de *energia negativa*. À medida que a matéria é criada, a conservação da energia resulta num reservatório de energia cada vez mais negativo. A *expansão do universo*, no entanto, mantém a *densidade de energia do reservatório* e a *densidade média da matéria* no universo *constant*. Daí vem o termo "estacionário" no nome da teoria. Na época em que foi proposta era uma teoria bastante atrativa pois atribuía uma idade infinita ao universo e isto era uma grande vantagem em relação ao modelo da *grande explosão*, a qual implicava numa idade do universo cerca de dez vezes menor que a idade geológica da Terra. Esta inconsistência básica foi o principal sustentáculo, durante muitos anos, do modelo do estado estacionário. A situação mudou entretanto na década de 60 com a *descoberta da radiação cósmica de fundo*, em 1965, pelos norte-americanos Arno Penzias e Robert Wilson, quando a revisão da estimativa da idade do universo, à luz de novos dados observacionais, a descoberta dos *quasares*, que de certa forma, implicava num quadro consistente de evolução de galáxias, e outros desenvolvimentos teóricos, experimentais e observacionais, levaram a um descrédito na *teoria do estado estacionário*, e o modelo da *grande explosão* ocupou de vez o cenário cosmológico, cuja principal prova ainda são as *raias espectrais desviadas* para o vermelho, interpretadas, inicialmente, por Hubble como o distanciamento das galáxias. Depois o próprio Hubble passou a duvidar do efeito Doppler e passa a considerar uma "velocidade aparente".

III.I – A QUESTÃO DO REDSHIFT

Mas de acordo com Freundlich, o *redshift* pode ser devido a uma *perda de energia* que o *fóton de luz* sofre ao atravessar *profundas camadas de radiação*, talvez devido a uma *interação*

¹⁶⁷ . Uma discussão introdutória destes aspectos está no capítulo 18 do livro **Cosmology, the science of the universe**, de autoria de Edward Harrison, e para uma introdução completa às teorias cosmológicas propostas por Hoyle e colaboradores ver *A different approach to cosmology*, de autoria de Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge e Jayant Narlikar, ambos editados pela Cambridge University Press, 2000.

foton-foton. Louis De Broglie sugere a hipótese de que o *redshift* é causado pelo “enfraquecimento” da luz em sua longa jornada através do espaço pois ao analisar sistemas binários de estrelas dos tipos O e B, pertencentes a nebulosa de Órion, encontrou *redshifts* de 10 a 20 vezes o predito pela relatividade geral (*redshift gravitacional*). Existem inúmeros outros artigos que apresentam *redshifts* anômalos: Reboul, por exemplo, apresenta lista de 772 *redshifts* não explicados pelo efeito *Doppler*. Halton Arp mostra dados empíricos sobre *redshifts* de quasares¹⁶⁸ (veja figura) que colocam em dúvida a questão de suas distâncias cosmológicas: de acordo com a teoria do *Big Bang*, os *quasares* são os objetos mais afastados de nós, encontrando-se nos confins do universo.

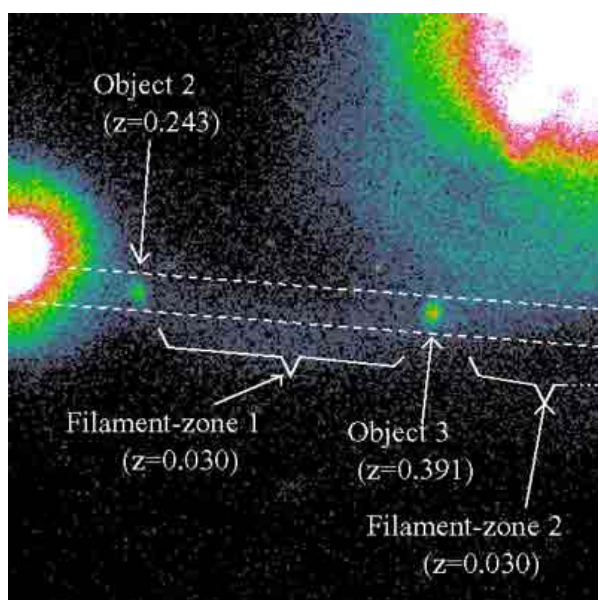


Figura: a ligação física entre o quasar e a galáxia

Para Arp, o *quasar* pode ser a *ejeção de matéria de um núcleo galáctico*, o que explicaria os elevados *redshifts* de *quasars* associados a galáxias (de *baixo redshifts*). Para os defensores do *Big Bang*, a fotografia mostra apenas uma coincidência ótica, devida à sobreposição de um objeto próximo, a galáxia, e outro muito distante, ao fundo, o *quasar*. Entretanto, os trabalhos

¹⁶⁸ A figura acima mostra fotografia da galáxia NGC 4319, a qual tem um baixo *redshift*. Na foto aparece um objeto menor de forma elíptica, supostamente um *quasar*, no canto inferior direito, o qual apresenta um *redshift* altíssimo. Arp, trabalhando o processo fotográfico, descobriu que existe uma ponte física (*‘luminous bridge’*) entre a galáxia e o *quasar*, tornando evidente que tal objeto jamais poderia estar à distância cosmológica, nos confins do Universo.

citados, de autores que defendem a idéia do Universo estacionário, *são desconhecidos dos livros textos e da bibliografia em geral da Cosmologia Moderna*. Apesar de apresentar “dados empíricos” discutíveis, a teoria do *Big Bang* suplantou todas as outras teorias, inclusive a do estado estacionário, embasado em ‘evidências experimentais’ e nas ‘confirmações experimentais’ de ‘previsões teóricas’. É Arp quem afirma:

Hoje, qualquer jornal, revista científica ou discussão de financiamento científico toma por certo que conhecemos todos os fatos básicos: vivemos num universo em expansão, tudo criado num instante do nada, no qual os corpos cósmicos começaram a se condensar a partir de um meio quente há uns 15 bilhões de anos atrás. As observações não são usadas para testar este modelo mas um drama considerável é desencadeado pela sugestão de que cada nova observação pode forçar uma importante (mas, na realidade, marginal) variação nos pressupostos do *Big Bang*. É embaraçoso e cansativo, ler sobre objetos com altos desvios para o vermelho cada vez mais distantes e luminosos, sobre buracos mais negros e porcentagens cada vez maiores de matéria não detectável (passando os 90% as observações começam a tornar irrelevantes). Contudo, para aqueles que examinaram a evidência sobre os desvios para o vermelho e decidiram que eles não são devidos primariamente a velocidades, a questão importante surge de como uma suposição refutada pode ter se tornado tão dominante.¹⁶⁹

Para explicar como o *redshift* pode ser relacionado à idade, Arp e Jayant Narlikar sugerem que em vez das partículas elementares que têm a massa constante, como a ciência ortodoxa supõe, elas vêm com massa zero, que aumenta então, nas etapas seguintes, porque envelhecem. Quando os elétrons em uns átomos mais novos saltam de uma órbita a outra, a luz que emitem é mais fraca, e conseqüentemente com o *redshifted* mais alto, do que a luz emissora por elétrons em uns átomos mais velhos. De outro modo: enquanto a massa da partícula cresce, os aumentos da freqüência (*taxa de pulso de disparo*) e conseqüentemente o *redshift* diminuem.

¹⁶⁹ ARP, Halton, O universo vermelho, páginas 379 e 380

III.II – A DISCRIMINAÇÃO NA CIÊNCIA

Um dos poucos lugares onde não se esperaria haver discriminação seria a Academia Científica. Entretanto, como a própria análise histórica mostra, tanto no passado quanto no presente, as teorias que rivalizam o universo paradigmático da chamada ciência normal, tendem a ser marginalizadas, colocadas ao descrédito, banidas das discussões e por fim, seus autores, discriminados em sua atividade de cientista. Para esta dissertação trouxemos o caso do astrônomo norteamericano Halton Arp, um cientista contemporâneo que questiona os fundamentos da *Teoria do Big Bang* e que, por conta disso, foi praticamente banido dos Estados Unidos, onde estudou e fez uma carreira de sucesso na observação de galáxias, reconhecido em todo o mundo, porém alijado dos grandes observatórios, das publicações acadêmicas.

O que queremos é mostrar como é possível, a partir de um eixo temático histórico, no caso a *Teoria do Big Bang*, demonstrar como a ciência é construída pelos homens em um terreno onde o debate muitas vezes é substituído pelo julgamento sumário de verdadeiros “sacerdotes-mor” de áreas da ciência onde o discurso só pode ser autorizado por alguns poucos tidos como “especialistas”. Da mesma forma que um modelo cosmológico como o de Grosseteste se impôs sobre o modelo Galileano, por exemplo (no famoso episódio onde a Igreja Católica fez Galileu retroceder em suas observações) hoje o modelo einsteniano se sobrepõe à prova observacional.

Assis¹⁷⁰ lembra que a discriminação realizada pela própria comunidade acadêmica contra muitos cientistas é uma coisa que em geral não se espera já que a visão que se tem da comunidade acadêmica é de pessoas abertas às idéias novas, questionadoras de dogmas estabelecidos e que colocam a palavra final na experiência e não na autoridade. Esta visão idealizadora do cientista e da comunidade acadêmica é facilmente desfeita quando se convive de perto com suas formalidades e rituais e a levar-se em conta as vestimentas paramentadas de reitores e formandos, cada vez mais se assemelha a academia a uma religião, do que a uma atividade racional e intelectual voltada ao debate.

¹⁷⁰ ASSIS, A K.T., *Discriminação na ciência*, in VIANA e RENAULT, *Discriminação*. LTR, São Paulo, p. 285-297

Barnes¹⁷¹ é outro a lembrar que à primeira vista, a ciência é o último lugar onde poderíamos encontrar o embuste. Contrastando a ciência com outras instituições sociais que resistem a despeito da mentira endêmica, Weinstein¹⁷² observa: “A única instituição que tem a busca da verdade como valor preponderante é a ciência”. A maioria dos filósofos e sociólogos da ciência poderia nos levar a crer que a pesquisa científica é diferenciada dos outros domínios sociais pela sua abertura e pelo exame contínuo das alegações dos colegas. No entanto, os historiadores da ciência contam uma história um tanto quanto diferente, pelo menos nas ciências naturais.

Arp obteve seu doutorado em 1953 no conceituado Caltech (California Institute of Technology) sendo contratado pelo Carnegie Institution de Washington em 1957. Os maiores telescópios do mundo tiveram recursos desta instituição para serem construídos, como os de 60 e de 100 polegadas que ficam no Mount Wilson e que foram operados por Edwin Hubble e o de 200 polegadas no Mount Palomar que começou a operar em 1948. Um comitê científico decide como o tempo de uso dos telescópios vai ser distribuído a partir das propostas dos astrônomos cadastrados. Segundo Assis, Arp trabalhou com estes três telescópios.

Os objetos que se tornariam o centro das discussões foram descobertos em 1963: os quasares (quase-stellar radio sources), ou seja, objetos que no céu eram pequenos como estrelas mas que emitiam luz principalmente na frequência de rádio e não na frequência visível. A partir de 1966 começou-se a medir os *redshift* dos quasares (*quase-stellar radio sources*), ou seja, objetos que no céu eram pequenos como estrelas mas que emitiam luz principalmente na frequência de rádio e não na frequência visível. Desde 1929 havia sido estabelecido, a partir das conclusões de Hubble, que “quão mais afastada estava uma galáxia, mais sua luz tendia para o lado vermelho do espectro (redshift)”. As medições deram como resultado os mais altos padrões de redshifts já conhecidos e que, portanto, os quasares deveriam estar – pelo alto desvio para o vermelho – nos confins do universo. Arp tornou-se, desde aquela época, um dos maiores observadores de quasares e um dos seus mais dedicados estudiosos. A primeira constatação que Arp fez foi a de que os quasares não estavam distribuídos ao acaso no céu, e estavam sempre associados a uma galáxia e que, se haviam dois ou mais quasares próximos das galáxias, ficavam em lados opostos. Até aqui as observações eram apenas uma coleção de dados sem um sentido maior, até que Arp passou a comparar o *redshift* dos quasares e das

¹⁷¹ BARNES, J. A Um monte de mentiras – para uma sociologia da mentira. Trad. Sônia M. M. Panadés. Campinas. Papyrus, 1996

¹⁷² WEINSTEIN, D. Fraud in science. Social Science Quarterly 59. 1979. págs. vii-xvi

galáxias próximas e percebeu que o desvio para o vermelho delas era bem menor do que o dos quasares. A academia interpretou estes dados como uma sobreposição de imagens e que, portanto, os quasares estavam mais ao fundo e a galáxia deveria estar antes, longe deles.

O número de observações de Arp, no entanto, acumulava-se e não poderia ser uma coincidência o fato de os quasares aparecerem sempre associados às galáxias, em suas proximidades e eram tantos que não poderia ser uma semelhança. Foi aí que Arp¹⁷³ passou a postular que se os quasares tivessem um *redshift intrínseco*, ou seja, o desvio para o vermelho não estaria associado à distância do objeto celeste da Terra. Os estudos de Arp colocavam por terra mais de 50 anos de uma paradigma que está associado aos maiores nomes da cosmologia do século XX: Einstein, Hubble, Lemaitre, Gamow, Fridmann, De – Sitter, para citar apenas alguns.

O que parecia ser apenas uma abertura de um debate saudável, se tornou um pesadelo para Arp. Primeiro teve seus trabalhos recusados para publicação nas principais revistas da área. Tornou-se ainda pior quando passou a colecionar evidências físicas da ligação entre quasares e as galáxias, especialmente as seyferts (em forma espiralada) e decidiu levar à público as evidências observacionais. O próprio Arp relatou o fato em seu livro que em 1982 recebeu uma carta do comitê de alocação de tempo do telescópio de 200 polegadas, onde ele trabalhava há 25 anos *“informando que minha pesquisa tinha sido julgada sem valor e que eles pretendiam recusar mais tempo de observação (para suas pesquisas). Com toda honestidade tenho de dizer que em minha vida o sol nunca iria brilhar tanto nem as manhãs teriam tanto frescor após este dia”*.¹⁷⁴ No ano seguinte, conta Assis, a decisão foi formalizada e em 1984 ele também foi proibido de fazer observações em outro telescópio, Las Campanas. Arp comenta: *São as pessoas que fazem as descobertas e iniciam novas direções. Se não é permitido às pessoas seguir seus programas de pesquisa as conseqüências podem ser muito destrutivas não apenas para a ciência mas também para a instituição que está tentando fazer ciência*”. Se alguém pensasse que as ciências são imunes ao irracionalismo filosófico, pensaria errado. A ciência acadêmica de hoje é como a da Idade Média, tem seus dogmas como a igreja no tempo de Galileu, e é igualmente disposta a ignorar a observação.

Por que o Big Bang é a teoria paradigmática atual da Cosmologia Moderna? Segundo Weinberg:

¹⁷³ ARP. H. *O Universo Vermelho – Desvios para o vermelho, cosmologia e ciência acadêmica*. Trad. André K. T. Assis e Domingos S. L. Soareas. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001. p. 18

¹⁷⁴ Idem, p. 17

Porque [...] ficamos com o ‘modelo padrão’ [Big Bang]? Como foi que ele suplantou as outras teorias, inclusive a do estado permanente? É um tributo à objetividade da astrofísica moderna a afirmação de que o consenso foi atingido pela pressão dos dados empíricos, e não por variações de preferência filosófica nem pela influência de mandarins da astrofísica.

É discutível a questão dos “dados empíricos”, de que nos fala Weinberg. Halton Arp, em duas referências (1973, 1989), apresenta dados empíricos sobre redshifts de quasars que colocam em dúvida a questão de suas distâncias cosmológicas (nos confins do Universo), ou seja, os quasars observados (de altos redshifts) parecem estar associados fisicamente a galáxias (de baixos redshifts) – ver tabela.

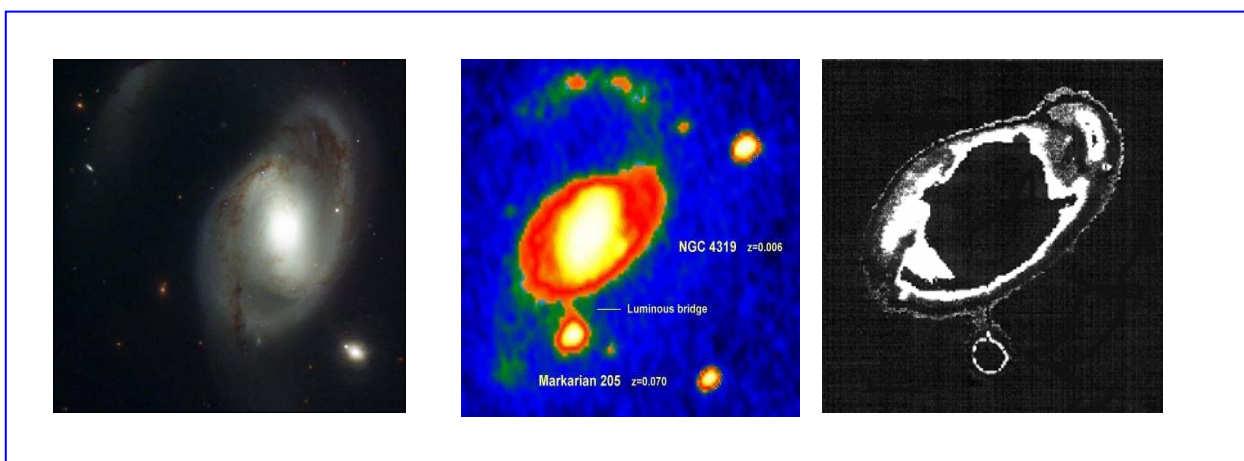


Figura 12 a, b, c – Fotografias da galáxia NGC 4319

A figura 12a mostra uma fotografia da galáxia NGC 4319. A galáxia tem um baixo redshift, mas o objeto menor (supostamente um quasar) de forma elíptica brilhante – canto inferior direito da foto – apresenta um redshift altíssimo. Os defensores do *Big Bang* afirmaram apressadamente que a foto era uma coincidência ótica, uma ilusão ótica, causada pela sobreposição na chapa fotográfica de um objeto próximo -a galáxia – e um quasar, ao fundo, muito distante.

No entanto, Halton Arp, trabalhando o processo fotográfico descobriu que entre os dois objetos existe uma ponte física (*'luminous bridge'*), como mostram as figuras 12b e 12c. Assim, o quasar jamais poderia estar à distância cosmológica, nos confins do Universo.

Para Arp, o quasar pode ser a ejeção de matéria de um núcleo galáctico, o que explicaria os levados redshifts de quasars associados a galáxias (de baixo redshifts).

Galáxia	Redshift	Quasar	Redshift
NGC 622	0,018	UB1 e BS01	0,91 e 1,46
NGC 470	0,009	68 e 68D	1,88 e 1,53
NGC 1073	0,004	BS01, BS02 e RS0	1,94 , 0,60 e 1,40
NGC 3842	0,020	QS01, QS02 e QS03	0,34 , 0,95 E 2,20

A questão que está em jogo é a concepção kuhniana da aceitação da comunidade científica de um paradigma, ou seja, a de que o esquecimento das fontes originais do conhecimento acaba por determinar uma escolha, numa atitude que define os problemas da ciência como resolvidos de fato. Por exemplo, Einstein, ao tomar conhecimento de trabalho de Freundlich, responde em carta à Max Born (1962): *Freundlich ... não me abala de maneira alguma. Ainda que a deflexão de luz, o movimento do periélio ou o desvio fossem desconhecidos, as equações da gravitação continuariam a ser convincentes, pois evitariam o sistema inercial (...)*.¹⁷⁵ É realmente estranho que os seres humanos se mostrem geralmente surdos aos mais fortes argumentos, enquanto se inclinam a superestimar precisões de medida (*grifos nossos*).

Essa carta de Einstein é flagrante ao mostrar que a ciência é, sobretudo, opção. Tanto Freundlich quanto Einstein poderiam estar surdos um com relação aos argumentos do outro e vice-versa. A questão é que o paradigma do Big Bang aí está porque, à medida que

¹⁷⁵ RESQUETTI, S.O. *et al.* The Enigma of Sobral: the later annus mirabilis in Brazil. In: *Anais do 10º Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia*. Belo Horizonte, 2005.

juntaram-se os “dados empíricos” posteriormente à teoria, a educação científica tratou de realizar o trabalho seletivo, expurgando teorias rivais.

A permanência da teoria do Big Bang demonstra a essência básica da ciência e de sua propagação pelo ensino: um constante e “quase natural” esquecimento das fontes originais do conhecimento. O uso da história da ciência, na pesquisa às fontes originais do conhecimento, na exploração das polêmicas e de suas anomalias, demonstraram para nós que, a partir das leituras críticas, mesmo que especializadas, pode-se dispor de uma ferramenta fundamental para compreender o contexto didático e epistemológico da construção da ciência de forma crítica em sala de aula.

CONCLUSÃO DA UNIDADE II

A idéia principal desta unidade foi inserir elementos históricos que foram tornados periféricos na posterior reconstrução história da ciência física e da cosmologia e que, hoje, encontram-se cristalizados em textos usados em diferentes níveis de ensino (que vão da pré-escola à pós-graduação). O que detectamos é que a história da ciência pode auxiliar no ensino da física principalmente para fazer o aluno compreender que os cientistas interagem com os seus pares e esta interação não está isenta das vicissitudes dos humanos e que a construção do conhecimento científico sempre tem a participação de várias pessoas, sendo portanto um empreendimento público. Esta participação passa necessariamente pelo escrutínio dos pares, como é atualmente no sistema do tipo “peer review” dos avaliadores dos artigos submetidos às revistas.

Os dados emersos dessas análises, especialmente sobre temas escolhidos (a luz como formadora do mundo, Grosseteste, interferometria e éter, deflexão de raio de luz, o evento de Sobral, redshifts gravitacionais, absorção de gravidade, redshifts anômalos, quasares, predição da temperatura da radiação cósmica de fundo antes de Penzias e Wilson, o enigma da velocidade radial dos braços espiralados de galáxias, Arp, discriminação) evidenciaram a necessidade do ensino de uma história da ciência que reconstrua a noção da “interpretação”, da sociologia da ciência e da característica intrínseca de sua não-neutralidade.

Outra constatação é a de que a interação da comunidade científica com a comunidade em geral é uma dimensão importante para a explicação e aceitação de certo conhecimento e para criar uma notoriedade pública que pode facilitar a aceitação das novas idéias, registrando, entretanto que, a construção do conhecimento científico tem uma dimensão hipotética e que depende da aceitação dos próprios pares cientistas para que seja considerado por possibilidade válida. E que, portanto, a questão da educação científica foi amplamente discutida dentro dos parâmetros de análise que iam desde a ausência de temas de física moderna e contemporânea no Ensino Médio até o ensino dogmático da ciência física e de sua história em cursos de física e astronomia.

Considerando a História da Ciência e sua função constituinte do conhecimento científico e, portanto, necessária à formação de uma cultura científica, preconizada como essencial na formação básica do cidadão, propomos uma estratégia didático-pedagógica baseada no uso de casos históricos, onde o ensino de ciências deve contemplar explicitamente, além de aspectos conceituais, aqueles referentes à natureza da ciência, rompendo dessa forma a perspectiva caricatural e, portanto, deformada, de um ensino de ciências baseado na mera transmissão do produto desse conhecimento. O estudo de casos históricos surge aqui como uma proposta de estratégia de articulação da dimensão cultural da ciência na sala de aula.

Palavras Finais

O que tentamos mostrar com o presente trabalho é que a Ciência, em geral, pode ser vista sob várias formas que facilitam a nossa compreensão da sua especificidade no que se refere tanto à sua natureza, enquanto conhecimento, como à sua construção, enquanto um conjunto de significados. Na primeira parte de nosso estudo, evidenciamos que as metáforas e analogias são intrínsecas ao próprio conhecimento científico, seja em sua especificidade, seja em sua construção simbólica (e, aqui, mais ainda). A Ciência tem, portanto, uma forma de “ver” (ou de construir) o mundo, de o descrever, interpretar e intervir sobre ele, distinguindo-se de outras formas de ver o mesmo mundo como a arte, a religião, a literatura, a tecnologia, a filosofia. E na transposição dessa forma de “ver” o mundo (papel do professor, como intermediador entre simbolismos), o conhecimento das metáforas e analogias e seu uso em sala de aula podem ajudar a compreender discursos de alunos, manuais didáticos e o próprio discurso científico como ferramenta imprescindível para o aprendizado. Para isso, entretanto, é necessário ampliar os estudos – em especial sobre os professores – e modificar o currículo estrutural do Ensino Médio com relação a inserção da Física Moderna e Contemporânea.

A pesquisa revelou, por um lado que, a tarefa da educação científica, não consiste apenas na formação dos estudantes no conhecimento, nas teorias, nas habilidades, nas metodologias e nas práticas apropriadas à pesquisa e à sua aplicação; nem consiste apenas em ensiná-los a ser competentes para avaliar quais teorias são corretamente aceitas em relação a determinados domínios de fenômenos e para apreender o que a ciência nos diz acerca do mundo em geral. A tarefa da educação científica é também desenvolver a autoconsciência crítica sobre o caráter da atividade científica e de suas aplicações e sobre as escolhas com as quais se defrontam seus participantes responsáveis. Para o desenvolvimento dessa autoconsciência é necessário: 1) estudar o lugar da ciência na sociedade humana e na vida contemporânea; 2) estudar os fatores que influenciam a atividade científica, suas escolhas e direções para a pesquisa e a forma e composição de suas comunidades e instituições; 3) estudar a relação da ciência enquanto um discurso de poder.

De outra parte procuramos mostrar através da História da Ciência que este discurso científico é sustentado por uma comunidade de homens que podem ou não aprovar estas metáforas e analogias como conceitos científicos e que, muitas vezes, as novas imagens do mundo que são suprimidas das novas gerações – em especial do ambiente escolar – e que dependem de um grande sacrifício (as vezes em vida, outras em abandono de pesquisas, outras de emprego) de verdadeiros combatentes teóricos, muitas vezes só reconhecidos nos séculos seqüentes. Tornar a ciência um campo do debate talvez tenha sido a lição aprendida com esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, P. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Campinas: Papirus, 1998.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. El Concepto de Modelo en la Enseñanza de la Física: consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. **19**, n. 1, p. 79-92, abril, 2002.

ARAGÓN, M. M. et al. *Las analogías como estrategia didáctica en la enseñanza de la física y la química*. Enseñanza de las Ciencias. **n. extra**, p. 235-236, 1997.

ARP, H. et al. *The Redshift Controversy*. W.A. Benjamin Publishers, 1973.

ARP, H. *La Contessa Sulle Distanze Cosmiche e le Quasar*. Milano: Jaca Book, 1989.

_____. *O universo vermelho*. São Paulo: Perspectiva, 2001.

ASSIS, A.K.T. *Discriminação na ciência*, In: VIANA e RENAULT, *Discriminação*. São Paulo: LTR, 1998. p. 285-297.

ASSIS, A.K.T. & DANHONI NEVES, M. C. The redshift revisited. *Astrophysics and Space Science* **227**: 13-24, 1995

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Visões de professores sobre as interações entre ciência-tecnologia-sociedade (CTS). In: MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. (Orgs.). *Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. São Paulo: SBF, 1999. (CD-Rom, arquivo: a08.pdf).

AUSUBEL, D. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARNES, J. A *Um monte de mentiras: para uma sociologia da mentira*. Trad. Sônia M. M. Panadés. Papirus: Campinas., 1996.

BAUR, L. *Die Philosophischen Werke des Robert Grosseteste, Bischofs von Lincoln. Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters, texte und Untersuchungen, 9.* Münster: Aschendorff, 1912. Disponível em: <<http://www.grosseteste.com/baurframe.htm>>. Acessado em: 12 de agosto de 2001.

Bíblia de Jerusalém. Paris: Les Editions Du Cerf, 1998.

BONJORNO, R *et al.* *Física completa.* São Paulo: FTD, 2001.

BORGES, A. T. Modelos Mentais. In: *XII Simpósio Nacional de Ensino de Física.* Sociedade Brasileira de Física, Belo Horizonte: Atas Belo Horizonte, 1997.

BRANDÃO, J.de S. *Mitologia Grega.* Petrópolis: Vozes, 7.^a edição, Vol. I, 1991.

BRANDÃO, J. de S. *Mitologia Grega.* Petrópolis: Vozes, Vol. III, 4.^a edição, 1992.

BYINGTON, C. A. B. *A construção amorosa do saber.* São Paulo: Religare, 2004. p. 124.

CACHAPUZ, A. F. Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 2, n. 3, p. 117-129, 1989.

CAMARGO, S. *Ensino de Física: marcas da apropriação do discurso do professor de Prática de Ensino através da análise de relatos de licenciandos sobre o estágio supervisionado.* 2003. 205p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru.

CARRON, O. & GUIMARÃES, W. *Física.* São Paulo: Moderna, v. único, 2006.

Coleção Os Pensadores, *Os Pré-socráticos*, Abril Cultural, São Paulo, 1.^a edição, vol.I, agosto 1973.

CROMBIE, A.C. *Grosseteste's Position in the History of Science e Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science.* London: Oxford Press, 1984.

DAGHER, Z. Analysis of Analogies Used by Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n. 3, p. 259-270, 1995.

DANHONI NEVES, M. C. A história da ciência no ensino da física. *Revista Ciência & Educação*, v. 5, n. 1, p. 73-81, 1998.

_____. *Lições da escuridão ou revisitando velhos fantasmas do fazer e do ensinar ciência*. Campinas: Mercado de Letras, 1992

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, New York, v. 75, p. 649-672, 1991.

ENS, W. e LAGO, S. R.. *A energia*. São Paulo: IBEP, s/d.

ETIENNE, G. *Historia filozofii chrześcijańskiej w Wiekach Średnich*. Warszawa, 1987, p. 239.

FABIAN, S. M. *Patterns in the sky: an introduction to ethnoastronomy*. NY: Waveland Press, 2003.

FALCÃO, D. et al *Mudanças em Modelos expressos de estudantes que visitaram uma exposição de astronomia*. In: MOREIRA, M. A.; ZYLBERSZTAJN, A; DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A. P. (Orgs.). *Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. São Paulo: SBF, 1997. (CD-Rom, arquivos: 201.jpg à 207.jpg).

FERRAZ, D.; TERRAZZAN, E. Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 213-228, 2003.

GLEISER, M. *A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang*. São Paulo: Schwarcz, 1997. p. 330.

GLYNN, S. M. et al. *Analogical reasoning and problem solving in science textbooks*. In: GLOVER, J. A.; RONNING, R. R.; REYNOLDS, C. R. (Eds.) *A handbook of creativity: assessment, research and theory*. New York: Plenum, 1989. p. 383-398.

GODOY, L. A. Sobre La Estructura de las Analogías en Ciencias. *Interciencia*, v. 27, n. 8, p. 422- 429, aug. 2002.

GORDILLO, M. M. Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 3, p. 1-21, 2003.

GRANT, R. Basic Electricity: a novel analogy. *The Physics Teacher*, v. 34, p. 188-189, 1996.

GROSSETESTE, R. *O światle, czyli o pochodzeniu form*, In: M. Boczar, *Grosseteste*, p. 132.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Science Analogies. *The Science Teacher*, v. 61, n. 4, p. 40-43, 1994.

_____. Teaching with Analogies: a case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.

HERRMANN, F.e SCHMID, B. Analogy between Mechanics and Electricity. *European Journal of Physics*, v. 6, p. 16-21, 1985.

HESIOD. *Hesiod, the Homeric Hymns, and Homeric*. Trad. H. G. Evelyn-White. London, New York: W. Heinemann, 1920.

HICKS, J. *Mistérios do Desconhecido*. Rio de Janeiro: Abril/Times/Life, 1997. p. 23.

JORGE, W. Analogia no Ensino da Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 7, n. 3, p.196-202, dez. 1990.

JOYCE, J. *Finnegans Wake/Finícius Revém*. Trad. Donaldo Schüler. São Paulo: Ateliê Editorial/Casa de Cultura Guimarães Rosa, 1999.

KUHN, T.S., *A função do dogma na investigação científica*. In: DEUS, J.D., *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 1974. p. 49.

LAKOFF, G. e JOHNSON, M. *Metáforas da vida cotidiana*. Coord. Trad. Mara Sophia Zanotto. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras; São Paulo: Educ, 2002

LERNER, E. *The big bang never happened: a startling refutation of the dominant theory of the origin of the universe*. New York: First Vintage Books Edition, 1992.

LOPES, J. B. *Aprender e ensinar física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

MACIEJ, G. Koncepcja kosmologiczna Roberta Grossetest, In *Przegląd Filozoficzny*, n. 3, 1996, p. 61.

MACIEL, W. J. *Astrofísica do meio interestelar*. São Paulo: Edusp, 2002. p. 24.

MARQUES, P. e PORTO, W. *Ciências: química e física*. São Paulo: Editora Scipione, 1994.

MARTINS, R. A Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 15, n. 3, p. 243-64, 1998.

MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. *Curso de física*. São Paulo: Scipione, 2000.

MEDEIROS, A., MONTEIRO, M. A. *Compreensões de estudantes de física de alguns conceitos fundamentais da astronomia*. In: MOREIRA, M.A.; GRECA, I.M.; COSTA, S.C. (Orgs.). *Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. São Paulo: SBF, 2001. (CD-Rom, arquivo: o39.htm).

MEDEIROS, C. F. de. Modelos mentais e metáforas na resolução de problemas matemáticos verbais. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 209-234, 2001;

MENESES, L.C., Uma Física para o Novo Ensino Médio. *Física na Escola*. v. 1, n.1, p.7, out. 2000.

MIECZYŚLAW, B. *Grosseteste*. Warszawa, 1994, p. 50.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 3, p. 1-39, 1997;

NAGEM, R. L. *Expressão e recepção do pensamento humano e sua relação como processo de ensino e de aprendizagem no campo da ciência e da tecnologia: imagens, metáforas e analogias*. Seminário de Metodologias de Ensino na Área da Educação em Ciência. Concurso Público para o Magistério Superior no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1997, 55 p.

NASCIMENTO, A. C. L. *Linguagem e Construção do Conhecimento Didático: Metáforas e Analogias no Ensino do Tema Equilíbrio Químico - 10º Ano de Escolaridade*. In: *Encontro de Educação em Ciências*, 2000, Universidade de Açores. Universidade de Açores 2000.

OLIVEIRA, J.H.L. de. *A Cosmologia de Robert Grosseteste*. In: III Semana de Filosofia de Guarapuava. Guarapuava: Unicentro, Departamento de Filosofia, 2003. p. 31-35.

OLIVEIRA, V. Natureza da Ciência e formação inicial dos professores de Física e Química. *Revista de Educação*, v. 3, nº 1, p. 67-76, 1993.

ORLANDI, E. P. *Análise de Discurso: princípios e procedimentos*. 5. ed. Campinas: Pontes Editores, 2003.

OTERO, M. R. ¿Cómo Usar Analogías En Clases de Física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 2, p. 170-178, agos. 1997.

ORTONY, A. Why metaphors are necessary and not just nice. *Education Theory*, v. 25, p. 45-53, 1975.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio. In *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1, mar. 2001.

PACCA, J. L. A.; UTGES, G. *Modelos de Onda no Senso Comum: as analogias como ferramentas de pensamento*. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Valinhos, 1999.

PÁDUA, I. C. A. *Analogias, Metáforas e a Construção do Conhecimento: por um processo ensino-aprendizagem mais significativo*. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/26/trabalhos/isabelcamposaraujopadua.rtf>>. Acesso em: 25 de fev. 2006.

PÊCHEUX, M. *Semântica e discurso: uma crítica à afirmação do óbvio*. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1995.

PONCZEK, R. I. L. et. al. *Origens e Evolução das Idéias da Física*. Salvador: EDUFBA, 2002.

POPPER, K. *A Lógica da pesquisa Científica*. São Paulo: Cultrix, 1997.

POZO, J. I. *A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos*. In: COLL, C.; et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

RAMALHO, N e TOLEDO, P. *Os fundamentos da física*. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

REES, M. *Before the Beginning: our Universe and others*. London: Simon & Schuster, 1997.

RESQUETTI, S.O. et al. *The Enigma of Sobral: the later annus mirabilis in Brazil*. In: *Anais do 10º Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia*. Belo Horizonte, 2005.

SAGAN, C. *Os planetas*. Rio de Janeiro: José Olympio., 1966. p.18, 20 e 24.

SAMPAIO; CALÇADA. *Física*. São Paulo: Atual, v. único 2003.

SANCHES, M.B. et al. *Uma Discussão sobre o Mapeamento Conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea*. In **Atas** do V ENPEC, Bauru, 2005

SANCHES, M. B. et al. *A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Currículo do Ensino Médio*. In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, **10**, Londrina. Caderno de Resumos. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 163.

SILVA JÚNIOR, C.; SASSON, S.; SANCHES, P. S.B. *A matéria e a energia*. São Paulo: Saraiva, 1993

SOUZA, I. V. P. *Representações Metafóricas do Conceito de Informação: Uma Investigação*. Trabalho apresentado para exposição em pôster no XXVI Encontro Nacional de Estudantes de Biblioteconomia, Documentação, Ciências e Gestão da Informação - **Anais**. Curitiba, 2003.

STANNARD, R. Modern physics for the young. *Physics Education*, Bristol, v. **25**, n. 3, p. 133, may 1990.

TERRAZZAN, E. *Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. 1994. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

TORRANO, J. *O mundo como função de musas*. In: *HESÍODO. Origem dos deuses teogonia*. São Paulo, Massao Ohno/ Roswitta Kempf, 1981. p.9-126

TREVISAN, R. H. *et al.* *O Aprendizado dos Conceitos de Astronomia no Ensino Fundamental*. In: Garcia, N.M.D. (Org.). **Atas** do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba: SBF, 2003. (CD-ROM, arquivo: co-3-014.pdf).

WEINSTEIN, D. *Fraud in science*. *Social Science Quarterly* **59**. 1979. págs. vii-xvi

ZABALA, A. *A prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

ANEXOS

ANEXO I

ENTREVISTA PROFESSOR CÉSAR LATTES¹⁷⁶

Professor Lattes, o físico inglês Stephen Hawking afirmou, em seu livro "Uma breve história do tempo" que os físicos têm gasto tempo demais na pesquisa da física de partículas. O senhor concorda com isso?

César Lattes - Aquele livro é uma droga, uma porcaria. Ele não tem representatividade nenhuma na física. Sua fama é fruto só da imprensa. Ele é um mau caráter. O resumo da biografia do Newton que ele fez mostrou que ele morre de inveja do Newton. Hawking chamou o maior físico de todos os tempos de mau caráter, que gostava de dinheiro... é um pobre coitado.

Mas ele é um físico muito conceituado...

César Lattes - Ele pode ser conceituado na imprensa, mas não é conceituado no meio científico.

O senhor é tido como um crítico de Einstein, não é mesmo?

César Lattes - Einstein é uma fraude, uma besta! Ele não sabia a diferença entre uma grandeza física e uma medida de grandeza, uma falha elementar.

E onde exatamente ele cometeu a falha a qual o senhor está falando?

César Lattes - Quando ele plagiou a Teoria da Relatividade do físico e matemático francês Henri Poincaré, em 1905. A Teoria da Relatividade não é invenção dele. Já existe há séculos. Vem da Renascença, de Leonardo Da Vinci, Galileu e Giordano Bruno. Ele não inventou a relatividade. Quem realizou os cálculos corretos para a relatividade foi Poincaré. A fama de Einstein é mais fruto do lobby dele na física do que de seus méritos como cientista. Ele plagiou a Teoria da Relatividade. Se você pegar o livro de história da física de Whittaker, você verá que a Teoria da Relatividade é atribuída a Henri Poincaré e Hawdrik Lawrence. Na primeira edição da Teoria da Relatividade de Einstein, que ele chamou de Teoria da Relatividade Restrita, Ele confundiu medida com grandeza. Na segunda edição, a Teoria da Relatividade Geral, ele confundiu o número com a medida. Uma grande bobagem. Einstein

¹⁷⁶ Entrevista concedida ao Jornal de Campinas em outubro de 1998

sempre foi uma pessoa dúbia. Ele foi o pacifista que influenciou Roosevelt a fazer a bomba atômica. Além disso, ele não gostava de tomar banho...

Então o senhor considera a Teoria da Relatividade errada? Aquela famosa equação "E=mc²" está errada?

César Lattes - *A equação está certa. É do Henri Poincaré. Já a teoria da relatividade do Einstein está errada. E há vários indícios que comprovam esse ponto de vista.*

Mas, professor, periodicamente lemos que mais uma teoria de Einstein foi comprovada...

César Lattes - *É coisa da galera dele, do lobby dele, que alimenta essa lenda. Ele não era tudo isso. Tem muita gente ganhando a vida ensinando as teorias do Einstein.*

Mas, e o Prêmio Nobel que ele ganhou por sua pesquisa sobre o efeito fotoelétrico em 1921?

César Lattes - *Foi uma teoria furada. A luz é principalmente onda. Ele disse que a luz viajava como partícula. Está errado, é somente na hora da emissão da luz que ela se apresenta como partícula. E essa constatação já tinha sido feita por Max Planck.*

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)