

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

CARLOS APARECIDO KANTOR

**Educação em Astronomia sob uma perspectiva
humanístico-científica:
a compreensão do céu como espelho da evolução cultural**

**SÃO PAULO
2012**

CARLOS APARECIDO KANTOR

Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica:
a compreensão do céu como espelho da evolução cultural

versão corrigida

A versão original encontra-se disponível na biblioteca da Faculdade de Educação - USP

Tese apresentada à Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Educação

Área de concentração:
Ensino de Ciências e Matemática

Orientador:
Prof. Dr. Luis Carlos de Menezes

SÃO PAULO
2012

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

-
- 375.23 Kantor, Carlos Aparecido
K16e Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural. Carlos Aparecido Kantor; orientação Luis Carlos de Menezes. São Paulo: s.n., 2012.
141 p.; tab.
- Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
1. Educação em Astronomia 2. Astronomia (Estudo e ensino)
3. Astronomia na Educação Básica 4. Cosmologia e Humanismo
5. Planetários I. Menezes, Luis Carlos, orient.
-

Nome: KANTOR, Carlos Aparecido

Título: Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural

Tese apresentada à Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Doutor em Educação

Área de concentração: Ensino de Ciências e
Matemática

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Para minha mãe, por tudo.

Para Gabriela, que antecipou
sua viagem para o céu.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luis Carlos de Menezes, pela dedicação e paciência durante o período de orientação, pelo muito que tem me ensinado e principalmente pela amizade.

Aos Profs. Drs. Nilson José Machado e Oscar Toshiaki Matsuura, pelas valiosas contribuições na qualificação.

Aos amigos professores Ana Maria de Oliveira, Áurea Bottecchia Cilurzo, Carlos Messias Righe Dias e Enio Borba Carli, pelo incentivo, pelas leituras críticas e por todos os auxílios prestados.

À aluna Maria Augusta, pelo auxílio na coleta de dados.

RESUMO

KANTOR, Carlos Aparecido. **Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica**: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural. 2012. 141 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

A pouca presença da Astronomia na Educação Básica tem a ver com um pragmatismo não estritamente brasileiro nem tão recente. Ela, que era um dos quatro componentes do *quadrivium* da educação medieval, foi gradualmente banida dos currículos oficiais e, por longo tempo, esteve ausente na educação básica brasileira, exceto pela apresentação de seus aspectos básicos em disciplinas como Geografia e Ciências no Ensino Fundamental. Recentemente, no entanto, as regulamentações oficiais, tanto na esfera federal quanto nas estaduais, indicam que temas de astronomia devem ser contemplados na Educação Básica nacional. Em oposição à falta de material pedagógico adequado para desenvolver esses temas na educação formal, a popularização da Astronomia encontra nos planetários um ambiente rico e promissor. Um olhar mais amplo sobre as relações que povos de todas as épocas tiveram com o céu revela que elas são indissociáveis dos valores e visões de mundo que cada civilização desenvolveu. Conhecer o céu era necessário não só por razões de sobrevivência, para determinar as épocas de chuvas e estiagem com objetivos agrícolas, mas também para identificar nas configurações dos astros respostas para o destino humano. Os mitos de criação do mundo e os astros vistos como deuses foram personagens centrais de muitas culturas e, de inúmeras maneiras, continuam presentes em nossos dias, mais frequentemente por conta de convicções religiosas, mas também pela percepção mítica dos modelos cosmológicos contemporâneos de base científica. A evolução da Astronomia como ciência se deu inicialmente em linha de continuidade com as percepções de regularidade do céu de práticas religiosas e protocientíficas. Quando a Astronomia se apresentou científica, já contava com milênios de observação e na sua evolução, muitas vezes, estiveram presentes aspectos não racionais do ponto de vista científico. No presente trabalho, por meio de pesquisa bibliográfica, buscamos indicar uma linha de ação que auxilie na superação do pragmatismo na educação, utilizando a Astronomia como fio condutor. Baseado nas ideias de Eliade, Cassirer, Jafelice, entre outros, que apontam a forte ligação que o ser humano manteve com o céu durante sua evolução e mantém até hoje, propomos o desenvolvimento de temas de Astronomia na Educação Básica de uma forma centrada nas relações simbólicas que podem ser evocadas quando alguém é exposto a contato mais direto com as coisas do céu, em vez de explorar apenas o conhecimento objetivo e racional. Essa proposta, aliás, tem sido ensaiada com algum sucesso em exemplos relativamente isolados, mas demandaria um desenvolvimento mais amplo, em livros-texto e práticas escolares. Para avançar na direção pretendida, sugerimos a integração entre os recursos dos sistemas formais e não formais de educação, por exemplo, a utilização das sessões dos planetários como estímulo do estudo das Ciências da Natureza em geral e da Astronomia em particular.

Palavras-chave: Educação em Astronomia. Astronomia (estudo e ensino). Astronomia na Educação Básica. Cosmologia e humanismo. Planetários.

ABSTRACT

KANTOR, Carlos Aparecido. **Astronomy education under a humanistic-scientific perspective:** the understanding of the sky as a mirror to cultural evolution. 2012. 141 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

The little presence of Astronomy in basic schooling is related to a pragmatic understanding, not so recent and not strictly Brazilian. The subject, one of the four of the *quadrivium* in medieval education, was gradually banished from official curriculums and, for a long time, has been absent in basic education in Brazil, except for its basic features presented in other subjects such as Geography and Sciences in primary school. Recently, however, the official laws indicate that astronomy themes should be present in national education. In spite of the lack of proper teaching skills and materials, the popularization of Astronomy finds in planetariums a rich and promising environment. A broader look on the relations which people of all ages had with the sky reveals that they cannot be separated of the values and visions of the world developed by every civilization. To understand the sky was necessary, not only for surviving purposes, to determine raining and drying seasons with agricultural purposes, but also to identify in the configuration of constellations answers to human destinies. The myths of world creation as well as constellations seen as gods were central in many cultures and, in many ways, are still present in our days, more frequently due to religious convictions, but even due to the mythical perception of the contemporary scientific cosmological models. The evolution of Astronomy as a science started initially in continuity to perceptions of the regularity of the skies in religious and proto-scientific practices. When Astronomy presented itself as scientific, it had already thousands of years of observation. Its evolution usually presented non rational features as far as science is concerned. In this work, through a bibliographic research, we seek to indicate a line of action using astronomy as a guideline that helps to overcome an extreme pragmatism in education. Based on authors such as Eliade, Cassirer, Jafelice, among others, who point out a strong connection from human being with the sky, during their evolution until today, we propose the development of astronomy themes in school centered in the symbolic relations that can be evoked when someone is exposed to a more direct contact with the skies, instead of exploring just the objective and rational knowledge. This proposal, by the way, has been rehearsed with some success in a sort of isolated examples, but it would demand a broader development, in textbooks and school practices. To reach its goal, we suggest connection of formal and not formal education, such as the access to planetarium sessions as stimulus to the study of the natural sciences in general and astronomy in particular.

Keywords: Astronomy in Education. Astronomy (study and teaching). Astronomy in the school. Cosmology and humanism. Planetariums.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	O ENSINO DA ASTRONOMIA NO BRASIL	15
2.1	O ensino da Astronomia no passado	15
2.2	Regulamentações federais atuais	16
2.3	Propostas curriculares estaduais	19
2.4	Exame Nacional do Ensino Médio	22
2.5	Pesquisas sobre ensino de astronomia	27
3	POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA E DA ASTRONOMIA	34
3.1	Popularização da Ciência	35
3.2	Museus de ciências	37
3.3	Os museus de ciências no Brasil	40
3.4	Museu ou centro de ciências?	41
3.5	Planetários	43
3.6	Ambientes de imersão	48
3.7	Planetários no Brasil	50
3.8	Educação formal e não formal	52
3.9	Aprendizagem nos espaços não ou menos formais de educação	53
4	DIFERENTES SIGNIFICADOS DO CÉU	57
4.1	Os céus e a terra como entidades distintas	58
4.2	A morada dos deuses	61
4.3	O tempo, os ritos e as festas	65
4.4	O céu e a terra - imagens no espelho	70
4.5	O céu das previsões	73
5	O CÉU DA RACIONALIDADE	77
5.1	O despertar para o cosmo	77
5.2	A descoberta das trajetórias e regularidades	79
5.3	Os primeiros registros	82
5.4	A Grécia e os primeiros modelos	83
5.5	Os céus de outras civilizações	86
5.6	Um milênio de sombras	90
5.7	O homem retirado do centro do universo	93

5.8	Rompendo a esfera das estrelas	96
5.9	O céu e a Terra sob as mesmas leis	100
5.10	Um ou muitos sistemas estelares?	103
5.11	O universo em expansão	106
5.12	O início posto em dúvida	110
6	ASTRONOMIA NÃO SERVE PARA NADA!	112
6.1	Limitações no ensino de ciências da natureza	114
6.2	O “viver do quê” e o “viver para quê”	118
6.3	A Astronomia como roteiro da viagem	121
6.4	Uma outra prática para a educação em Astronomia	123
6.5	Falar de astros sem falar de signos?	125
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
	REFERÊNCIAS	131

1 INTRODUÇÃO

No modo de vida atual, as pessoas passam muito tempo em ambientes cuja iluminação é provida artificialmente e, assim, trabalham, descansam e se transportam, sem depender do brilho do Sol ou da Lua. Os relógios com que determinam o ritmo das suas atividades diárias nem de longe sugerem a lembrança de como os intervalos de tempo foram originalmente definidos em termos dos fenômenos celestes. A localização de alguém na superfície terrestre pode ser obtida com exatidão por sistemas que utilizam satélites em órbita ao redor da Terra, de forma que nem navegadores nem condutores de veículos têm hoje necessidade de observar o Sol ou as estrelas para se orientar.

A Ciência e a Tecnologia modernas alteraram de tal modo nosso estilo de vida e a compreensão do mundo que, hoje, é difícil até mesmo imaginar a relação que os povos antigos mantinham com o firmamento, que representou importante papel na cultura de muitos povos, em diversas regiões do planeta e em diversas épocas. Ainda que agora vivamos de forma tão diferente daquela de nossos antepassados, pois não precisamos de atenção ao céu sequer para cadenciar nossas atividades diárias ou nos orientarmos, a atual falta de contato com o céu corresponde a uma lacuna cultural, como uma perda da herança civilizatória.

Faltam informações detalhadas sobre a relação com o céu mantida nos primórdios da espécie humana, época que não deixou registros escritos. Talvez, o que tenha chamado a atenção e aguçado a curiosidade do ser humano, diante do céu estrelado, foi a regularidade das mudanças, pois, no eterno movimento do leste para o oeste, as estrelas mantêm sempre as mesmas posições relativas entre si, estabelecendo um desenho permanente. O estudo das práticas astronômicas das civilizações antigas – a Arqueoastronomia – ocorre por meio dos registros de fenômenos astronômicos identificados em pinturas rupestres, nas construções e nas tradições orais de diversas civilizações. A partir dessas pesquisas, é possível mostrar que em muitas culturas já era extenso o conhecimento do céu, ou seja, da região além da atmosfera.

Todavia, dados mais concretos são de um período muito recente, aproximadamente 15 mil anos atrás, um intervalo de tempo curto, quando comparado com os estimados 200 mil anos de existência do *homo sapiens*. Esses dados mostram um significativo conhecimento dos fenômenos celestes por parte de muitas civilizações, nas mais diversas regiões do planeta, e mostram também que o céu representava muito mais do que referência para as utilidades do cotidiano.

O céu teve um papel místico no imaginário de muitas civilizações e, até hoje, interpretações associadas aos astros influem nas ações diárias de muitas pessoas. Antigas civilizações mostraram reverência para com o céu, associando-o a muitos aspectos e eventos de suas vidas ou responsabilizando-o por eles. O imaginário, assim criado, construiu, desde os primórdios, padrões de religião e de cultura relacionados com mitos e crenças, como a astrologia, a ponto de muitos povos poderem ser caracterizados justamente por tais convicções. Isso não é algo que tenha simplesmente ficado no passado, pois deixou marcas e tem presença indiscutível na própria civilização contemporânea.

Assim, a compreensão sobre nosso lugar no universo, no decorrer da história humana, não esteve vinculada somente a conceitos e percepções objetivas do mundo material, mas também a valores mais gerais, a convicções filosóficas e religiosas. Tanto aspectos da cultura e da fé, quanto da Ciência, foram historicamente construídos com variáveis étnicas e regionais, de modo que a compreensão de como o ser humano se relacionou com o céu através dos tempos é um importante componente para o entendimento das sociedades humanas.

Enfim, durante toda a trajetória da nossa espécie sobre esse diminuto planeta a vagar em um universo incomensurável, projetaram-se muitas histórias e lendas sobre o firmamento estrelado, ou seja, a relação com o céu não foi apenas racional e prática. Ao contrário, por muitas vezes foi predominantemente simbólica e irracional. De qualquer forma, muito importante para o desenvolvimento da cultura dos povos. Se hoje olhamos para cima e “vemos” estrelas, planetas, galáxias, aglomerados estelares e outros objetos, os antigos viam deuses, heróis, animais e objetos do cotidiano. Esse simbolismo foi importante no desenvolvimento do que chamamos de “nossa cultura” e não deve ser desprezado, quando se fala de astronomia, seja nas aulas regulares da escola básica, seja nas apresentações de popularização dessa Ciência.

Se, por um lado, o desenvolvimento tecnológico e a vida urbana nos afastaram da contemplação direta do céu, por outro, propiciaram novas descobertas que forneceram aos cientistas elementos para melhor compreender a estrutura e a evolução do Sistema Solar, da galáxia e do universo, conhecimentos que transformaram profundamente o entendimento da posição do ser humano e do planeta Terra no universo.

Qual seria nosso lugar no universo? Muitas pessoas, independentemente do nível cultural, já refletiram a respeito disso. A resposta, que já não é simples de uma perspectiva meramente espacial e física, torna-se ainda mais complexa ao envolver, também e conjuntamente, aspectos filosóficos ou mesmo religiosos, pois essa questão quase

naturalmente vem acompanhada de outra, que é sobre o sentido da vida, sobre nossa razão de ser. Também por isso, a Astronomia não é somente investigação científica, colaborando decisivamente com o desenvolvimento interior do ser humano, o que sugere, curiosamente, outra questão complementar àquela: qual seria o lugar do universo em nós?

A Educação Básica tem contribuído pouco para a resposta a esta questão, pois, quando de todo existe, o ensino de astronomia tem se limitado predominantemente a denominações, informações numéricas e técnicas sobre dimensões, distâncias, composições e, mais raramente, sobre como se investiga a evolução dos astros ou do universo, o que confina a visão do céu a uma descrição técnica nesta Ciência, como atividade de astrônomos ou cosmólogos, coisa dos outros, por assim dizer. Em lugar disso, seria possível desenvolver o ensino desta disciplina, privilegiando a forte ligação que a Astronomia tem com as inquietações básicas do ser humano acerca de sua origem e situação no cosmo, trazendo aspectos históricos, de caráter simbólico e mitológico, essenciais à construção da nossa cultura, situando posteriormente uma visão contemporânea de base científica.

Essa abordagem corresponderia a uma educação mais humanística, de certa forma em complemento, senão em oposição, ao modelo de educação como processo predominantemente de formação de recursos humanos para o trabalho, voltado especialmente a um maior desenvolvimento econômico. Uma alternativa para esse modelo, com uma educação que privilegiasse também aspectos afetivos e simbólicos e não unicamente racionais, seria de grande importância para a formação geral do homem contemporâneo. Nele se proporia o desenvolvimento, na Educação Básica, de temas de astronomia, que também envolvam, com fundamento histórico, relações simbólicas que foram e são evocadas, quando do contato do ser humano com as coisas do céu, ao invés de explorar apenas o conhecimento objetivo e racional. A utilização de sessões de planetários, por exemplo, assim como possibilidades de observação direta, constituiria, é claro, importante motivação para o estudo das Ciências da Natureza em geral e da Astronomia em particular, mas também propiciariam uma reflexão sobre a perspectiva filosófica do homem diante do universo que o envolve.

Este trabalho inicia-se com um breve histórico da presença de tópicos de astronomia nos currículos da Educação Básica no Brasil, seguida de uma apresentação das indicações atuais de introdução nos dispositivos legais de tópicos de astronomia na Educação Básica, tanto na esfera federal, por meios dos Parâmetros Curriculares Nacionais e seus complementos, quanto nas esferas estaduais, por meio dos referenciais curriculares. Esse capítulo se encerra com comentários sobre estudos já realizados sobre a introdução de tópicos de astronomia na Educação Básica e das dificuldades de sua implantação.

Na sequência, trata-se da evolução dos processos de popularização da Ciência em centros e museus de ciências, descrevendo as principais mudanças ocorridas nesses espaços no decorrer do tempo, com relação à interação com o público. Segue a descrição das tentativas do ser humano de reproduzir a configuração e os movimentos do céu até lograr construir o planetário de projeção. Apresenta-se, a seguir, o conceito de ambientes de imersão, que está relacionado com o sentimento de integração ao ambiente, de estar no seu interior, que é uma situação característica dos planetários.

Mostra-se, então, por meio de exemplos, relações que a espécie humana manteve com o firmamento em diferentes épocas, e o modo como as interpretações se associaram com outras manifestações culturais, revelando que muitas civilizações, senão todas, desenvolveram uma ideia de céu geralmente mais ligado à vida terrena do que a que temos hoje, de modo que não existiu apenas um céu, mas vários, vistos de acordo com os hábitos, crenças e localização de cada cultura que o imaginou. Mostra-se também a permanência de simbolismos do céu, com raízes históricas, que se manifestam ainda hoje em festas, na religiosidade e na Astrologia.

Apresenta-se, na sequência, a evolução de caráter mais efetivamente científico dos conhecimentos astronômicos. Isso se faz principalmente, mas não apenas, de acordo com a visão ocidental, desde as primeiras idéias da Grécia Clássica até a concepção científica atual da estrutura e evolução do universo, lembrando que a elaboração de todo esse arcabouço teórico e dos modelos hoje predominantes ocorreu acompanhada por convicções de outra natureza, ou seja, não científicas, pois durante sua construção participaram fantasia, emoção e misticismo.

Conclui-se o trabalho com uma breve análise da finalidade do ensino das Ciências da Natureza e em particular da Astronomia, e apresenta-se uma visão de como esses temas podem ser tratados na Educação Básica. Propõe-se o ensino de astronomia como um fator de humanização do ensino de ciências, alicerçado no fato de que a Astronomia vem integrando a cultura desde sempre. Possivelmente, desde quando o mundo se resumia ao entorno da uma caverna e ao território de caça e pesca, o céu já deixara de ser apenas uma cúpula de pontos brilhantes. E quando o universo passou a ter dois mundos separados, o celeste e o terrestre, ou quando o ser humano foi retirado do centro do universo, foi com a Astronomia que tal evolução pôde ser vivida. Rompidas as esferas de cristal que envolviam o mundo, céu e terra continuaram ligados. A concepção de universo se ampliou, admitindo dimensões incríveis. Descobriram-se estruturas nunca antes imaginadas, como buracos negros e quasares, possivelmente mais quiméricas do que a imaginação de outras épocas foi capaz de conceber.

Isso tudo recomenda uma concepção de ensino e de popularização da Astronomia que explicita o quanto a contemplação do céu e as tentativas de compreendê-lo vêm acompanhando nossa espécie, desde há muito, como elemento filosófico para se situar no cosmo, envolvendo assim valores e emoções, além de conhecimento técnico-científico. Por certo, não se trata de colocar misticismo e ciência em pé de igualdade, nem de relativizar a importância do sentido objetivo e experimental do conhecimento, mas sim de ampliar o significado da educação geral. Talvez, isso leve alguém a concluir que, em parte, se pretende reeditar algum traço medieval da educação, que em seu *quadriivium* já tinha Astronomia e Música. E será verdade, pois talvez tenham ficado em um passado distante alguns aspectos da cultura que valham a pena ser recuperados.

2 O ENSINO DA ASTRONOMIA NO BRASIL

A despeito dos enormes avanços nos conhecimentos astronômicos e cosmológicos alcançados ao longo dos últimos quatro séculos, desde Copérnico, Kepler e Newton, passando por Kant e Herschel, até Einstein, Gamow e Guth, o peso da Astronomia na formação educacional é menor hoje do que foi há séculos. Na Idade Média, a Astronomia, assim como a Aritmética, a Geometria e a Música compunham o *quadrivium* da educação clássica e, juntamente com o *trivium*, eram preparatórios para os cursos superiores. Hoje, conteúdos de astronomia são menos presentes nos currículos da Educação Básica, não somente no Brasil, mas principalmente aqui.

O sentido pragmático da educação da sociedade industrial, dominante durante toda a modernidade, pode responder, em parte, por tal redução ou, em alguns casos, até mesmo pela exclusão desse conhecimento dos currículos, pois estabeleceu um sistema educacional estratificado, no qual se privilegiou o conhecimento técnico elementar, para trabalhadores em postos menos qualificados, e a excessiva especialização, para trabalhadores mais qualificados, considerando que, para ambos os segmentos, elementos da cultura geral seriam desprovidos de valor, incluindo a compreensão do cosmo. Por um longo período, acreditou-se não serem necessários conhecimentos literários para um físico ou conhecimentos de física para um advogado e, talvez, a identificação da crise contemporânea, de aspectos econômicos, sociais e de valores, possa justificar o esforço na reversão de tal orientação. Nessa nova concepção, a visão mais ampla de todo universo e a aventura da busca humana pelo conhecimento seriam conteúdos relevantes da formação necessária para o nosso tempo.

2.1 O ensino da Astronomia no passado

Conforme Bretones (1999), desde o período imperial, o estudo da Astronomia esteve presente na Educação Secundária brasileira, na forma de Cosmografia, situação que se manteve até o início dos anos 1940. Com a reforma do Ensino Secundário em 1942, este passou a ser composto por dois ciclos – um primeiro com duração de quatro anos e outro de três anos. A disciplina Cosmografia deixou de existir e os conteúdos da Astronomia passaram a fazer parte, em menor proporção, principalmente dos programas de Física, Geografia e Ciências. Com as posteriores reformas do ensino, em 1961 e 1971, os conteúdos de

astronomia passaram a integrar os programas das disciplinas Ciências e Geografia, no Primeiro Grau, e da Física no Segundo Grau.

Posteriormente, até o final dos anos 1980, de acordo com Trevisan (1999), o conteúdo de astronomia, presente na Educação Básica, limitava-se a alguns conceitos fundamentais que eram apresentados nas aulas de Geografia. No início dos anos 1990, seguindo uma tendência mundial, temas de astronomia voltaram a ser inseridos em maior quantidade, em iniciativas pontuais, nos currículos da Educação Básica de alguns estados brasileiros.

Nos anos de 1995 e 1996, a Comissão de Ensino da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) fez um levantamento da presença de conteúdos de astronomia nos currículos da Educação Secundária, obtendo dados sobre a situação em 15 estados e no Distrito Federal. Esses dados mostraram que, em grande parte, os temas de astronomia eram abordados apenas na oitava série do, então, Primeiro Grau, nas aulas de Ciências Naturais. Apenas em alguns poucos estados, esses conteúdos apareciam em todas as séries. No Segundo Grau, além de ausente da maioria dos currículos estaduais, apenas conteúdos gravitação e concepções cosmológicas de Ptolomeu e de Copérnico eram sugeridas em alguns estados (TREVISAN, 1999).

Porém, a partir de 1996, as regulamentações nacionais para a Educação Básica passaram a recomendar o desenvolvimento de temas de astronomia nesse nível de ensino.

2.2 Regulamentações federais atuais

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996) deu nova identidade ao Ensino Médio, caracterizando-o como etapa final da Educação Básica, de modo que, ao concluir esse nível de ensino, o aluno deve estar preparado para dar prosseguimento aos seus estudos de maneira a crescer intelectualmente, desenvolvendo senso crítico, para concretizar seu direito à cidadania plena diante da nossa sociedade, decidir sobre seu futuro e realizar seus projetos de vida.

Nela se propõe a formação ampla do estudante e não que ele tenha apenas o conhecimento dos conteúdos curriculares de forma isolada, sem relação entre eles ou com sua vida. Em seu artigo 26, § 1º, a LDB estabelece que os currículos do Ensino Fundamental e Médio devem abranger, entre outros, o conhecimento do mundo físico e natural. Para isso, é necessário desenvolver no educando a capacidade de análise e interpretação dos fenômenos naturais, de reconhecimento de igualdades, diferenças e transformações que existem e ocorrem na natureza e, também, de compreender que as ciências interpretam tais

acontecimentos, a partir da visão dos próprios cientistas, portanto impregnadas de crenças e emoções.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1998b), que expressam os princípios gerais e os pressupostos pedagógicos e filosóficos da LDB, estabelecem que, na organização do currículo e em situações de ensino e aprendizagem, deve-se estimular a curiosidade, a investigação e a criatividade do aluno, evitando a simples transmissão dos conteúdos curriculares. A razão dessa iniciativa é que os conteúdos não se encerram em si mesmos, mas devem ser instrumentos para o desenvolvimento de competências, de modo a proporcionar meios para o desenvolvimento intelectual, afetivo e social do educando, objetivo central do Ensino Médio.

Essa prática deve passar pela valorização do conhecimento dos alunos, incorporando sua cultura ao cotidiano da escola, mediante o apoio a práticas coletivas de trabalhos e estudos e participações em projetos, contribuindo assim para sua autonomia como cidadãos e para o desenvolvimento de um maior sentido de pertencimento a seu grupo social e compartilhamento de responsabilidades.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1998c) constituem-se em referências para essa renovação e elaboração de propostas curriculares em conjunto com a comunidade, atuando no sentido de formar a consciência crítica dos alunos e com isso prepará-los para o exercício da cidadania. Os PCN permitem que se internalizem no processo ensino-aprendizagem as diversidades regionais, culturais e políticas existentes no país.

Particularmente no que se refere aos conteúdos de astronomia, os PCN os inserem nos dois níveis da Educação Básica. No terceiro ciclo do Ensino Fundamental, o eixo temático “Terra e Universo” tem entre seus objetivos ampliar a orientação espacial e temporal do aluno e levá-lo a reconhecer os ritmos da natureza e sua influência sobre a vida no planeta. Para isso, propõem a coleta de informações por meio de observações diretas do nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas em diferentes períodos do ano, procurando reconhecer a periodicidade desses eventos e sua relação com os ciclos da natureza. Com a finalidade de que o aluno elabore uma concepção de universo, ainda que restrito devido às suas limitações de compreensão de tempo e de espaço, este mesmo eixo temático propõe a busca de informações sobre os diversos astros que compõem o Sistema Solar, com a caracterização da Terra como integrante desse sistema. Durante o desenvolvimento dessas concepções, devem-se traçar paralelos com explicações já elaboradas por povos antigos, as quais precisam ser valorizadas, pois foram fundamentais para a evolução das ideias do ser humano sobre o universo.

Para o quarto ciclo, os PCN sugerem que o objetivo seja ampliar, tanto no espaço quanto no tempo, o modelo de universo construído pelos alunos no ciclo anterior, entendendo o quanto a estrutura da galáxia e do próprio universo é regida pela força gravitacional. Essa visão mais ampla contempla, também, um aperfeiçoamento do modelo de Sistema Solar já construído, com o estabelecimento de comparações entre as distâncias de cada planeta do Sol por meio da construção de maquetes com escalas apropriadas. Esse modelo mais aperfeiçoado permite a discussão acerca das teorias geocêntrica e heliocêntrica e do contexto histórico em que ocorreram as discussões sobre a validade de cada uma delas nos séculos XVI e XVII.

Também é proposto o estudo das estações do ano, relacionando-as com a diferença de iluminação a que estão submetidos os dois hemisférios terrestres no decorrer do ano. Em todo esse estudo, deve-se novamente considerar os conhecimentos que a humanidade apresentava em cada época, valorizando as explicações de outrora e lembrando que elas foram construídas dentro de circunstâncias históricas, sociais e tecnológicas que não permitiam as explicações atuais, destacando que o avanço da tecnologia ligada às observações e coleta de dados teve enorme influência no desenvolvimento da Astronomia.

Para o nível seguinte da educação, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999) fazem referência à inclusão, no interior dos conhecimentos da disciplina Física, de tópicos de astronomia e cosmologia, pois indicam que se deve “Apresentar uma física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu [...]. Uma física que discuta a origem do universo e sua evolução.” (BRASIL, 1999, p. 230) e, mais adiante, que “A possibilidade de um efetivo aprendizado de Cosmologia depende do desenvolvimento da teoria da gravitação, assim como de noções sobre a constituição elementar da matéria e de energética estelar” (BRASIL, 1999, p. 234).

Os PCN+ Ensino Médio (BRASIL, 2002) são complementares aos PCNEM e apresentam sugestões de práticas educativas e de organização curricular na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, sem ditar normas. Neles, a inclusão do estudo de temas astronômicos no Ensino Médio é mais explícita, uma vez que propõem o tema “Universo, Terra e vida” como um dos eixos estruturadores dos estudos. Nesse eixo, além de retomar e aprofundar os conteúdos já desenvolvidos no Ensino Fundamental, pretende-se uma abordagem mais ampla, enfocando não só as questões científicas, mas também as implicações filosóficas e culturais dos e nos modelos criados pelo ser humano para explicar o universo e sua origem, assim como as influências das descobertas da Astronomia no pensamento e na própria vida humana ao longo de sua história.

Essa abordagem é indicada para proporcionar aos educandos a visão cosmológica da ciência atual para que eles se situem temporal e espacialmente no universo e compreendam as condições necessárias para o surgimento e evolução da vida na Terra. Mas seria, de acordo com tal texto, necessário que essa apresentação não se resumisse apenas às condições ambientais necessárias para a existência de vida e, em especial, à vida humana, sendo também importante discutir as implicações filosóficas decorrentes da existência da vida, colocando em evidência as relações que se estabeleceram entre Ciência e Filosofia no decorrer da história humana.

É importante, a nosso ver, considerar que as propostas dos PCN e PCN+ orientam o tratamento desses conteúdos como parte das disciplinas já existentes: das Ciências Naturais no Ensino Fundamental e da Física no Ensino Médio, e não como uma nova disciplina da grade curricular. Essa direção apontada pelos PCN indica que a Astronomia não deve ser “mais um conteúdo” ensinado de forma isolada dos demais conteúdos da Educação Básica. Sua presença deve auxiliar o desenvolvimento de competências; portanto, é necessário questionar qual o papel do ensino da Astronomia nesse contexto e no próprio ensino de ciências e, hoje, há pesquisadores que se ocupam desse assunto (FERNANDES, 2010; JAFELICE, 2002; MEDEIROS, 2010).

2.3 Propostas curriculares estaduais

Para verificar a presença ou não de conteúdos de astronomia nos referenciais curriculares dos estados brasileiros, buscamos obtê-los via rede mundial de computadores. Quando isso não foi possível, solicitamo-los diretamente às Secretarias Estaduais de Educação. Conseguimos treze referenciais do Ensino Médio: Acre (2010), Alagoas (2010), Bahia (2006), Ceará (2008), Distrito Federal (2008), Espírito Santo (2009), Minas Gerais (2007), Pernambuco (2011), Rio de Janeiro (2010), Rio Grande do Sul (2009), Santa Catarina (sem data), São Paulo (2008) e Sergipe (2011). Também para o Ensino Fundamental conseguimos treze referenciais: Acre (2010), Alagoas (2010), Ceará (sem data), Distrito Federal (2008), Espírito Santo (2009), Minas Gerais (2007), Maranhão (2010), Paraná (2008), Pernambuco (2008), Rio de Janeiro (2010), Santa Catarina (sem data), São Paulo (2008) e Sergipe (2011).

Consultando os referenciais correspondentes à disciplina Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental, verificamos que em apenas um deles não há conteúdos de astronomia, mas que, nesse caso, temas referentes à orientação geográfica, dia e noite e estações do ano

aparecem nos conteúdos referentes à disciplina Geografia. Assim, podemos dizer que os conteúdos de astronomia, em maior ou menor grau, estão contemplados em todos os referenciais consultados.

Diferentemente do que ocorria nas décadas finais do século XX, quando os tópicos de astronomia estavam concentrados apenas na quinta série, hoje observa-se que, em 56% dos casos, eles se encontram distribuídos em três ou mais séries e, em apenas três dos referenciais consultados, encontram-se confinados em uma única série.

Os temas que aparecem em praticamente todos os referenciais consultados são os movimentos de rotação e translação da Terra, dia e noite e estações do ano, fases da Lua e eclipses, Sistema Solar, estrelas, galáxias e universo, ou seja, os conceitos mais básicos da Astronomia.

Também constatamos que, em vários casos, houve ampliação nos conteúdos desenvolvidos e mudança no enfoque quando comparados com o relatado por Trevisan (1999). Há referenciais em que, assim como nos PCN, o estudo da Terra e do universo é tomado como um tema estruturador dos conteúdos. Em um dos referenciais, o tema estruturador é a própria Astronomia, justificado por possibilitar estudos e discussões sobre a origem e a evolução do universo.

Verificamos que, em grande parte dos referenciais curriculares consultados, o estudo da Astronomia é considerado importante nesse nível de ensino, pois permite abordagem histórica e discussões acerca de conceitos, métodos e instrumentos científicos que auxiliaram na elaboração de diferentes modelos de universo, os quais foram questionados e modificados no decorrer da história. Outra justificativa dessa importância é que os fenômenos celestes fazem parte da realidade do aluno, que pode observar e comprovar por si mesmo a regularidade do movimento aparente do Sol e das estrelas, das fases da Lua e das estações do ano.

Há casos em que se explicita nos referenciais que o que se busca com o estudo do universo não é apenas ampliação do conhecimento sobre o tema, mas principalmente um conhecimento cultural da Astronomia, aliado com o desenvolvimento da capacidade de observação e de interpretação, instigando a criatividade e imaginação dos alunos, para que possam se situar na Terra, no Sistema Solar e no universo.

Percebe-se que há uma propensão, no Ensino Fundamental, de se superar o antigo enfoque em que o estudo de temas astronômicos consistia em memorizar nomes e características dos planetas do Sistema Solar e em decorar as causas dos fenômenos celestes.

Se nesse nível de ensino se percebe uma tendência de ampliação e consolidação do ensino de astronomia em bases que consideramos adequadas, quando se trata do Ensino Médio, o quadro é diferente.

Em dois referenciais curriculares consultados não encontramos menção sobre temas de astronomia e em 53% deles encontramos indicação para o desenvolvimento apenas da lei da gravitação universal, das leis de Kepler e das concepções cosmológicas de Ptolomeu e de Copérnico, situação muito semelhante à que foi detectada pelo levantamento realizado pela SAB há mais de quinze anos.

Consideramos estranha essa situação, pois no Ensino Médio há um espaço privilegiado para a discussão de temas astronômicos, principalmente pela possibilidade de associá-lo a vários tópicos da Física, como, por exemplo, a questão atual de produção de energia.

Além disso, desperta preocupação a contradição encontrada em alguns referenciais, que manifestam a intenção de um ensino de física vinculado ao mundo do aluno e que lhe propicie os instrumentos necessários para compreender a realidade, intervir nela e dela participar, mas que apresentam uma relação de conteúdos espantosamente semelhante aos sumários dos livros didáticos de Física dos anos de 1980. Por exemplo, um referencial traz como um dos temas estruturadores “Universo, Terra e vida”, que apresenta propostas muito parecidas com as dos PCN+, ou seja, focar, além das questões científicas, as filosóficas e culturais relacionadas com os modelos de universo elaborados pelo ser humano e as relações entre descobertas da Astronomia e o pensamento humano. Porém, associa a esse tema os seguintes conteúdos: leis de Kepler, história e modelos explicativos da origem e evolução do universo, geocentrismo e heliocentrismo e lei da Gravitação Universal.

Por outro lado, há estados em que se percebe uma considerável mudança em relação à inserção de conteúdos de astronomia no Ensino Médio. Nesses casos, os referenciais indicam a necessidade de se discutir temas relacionados à Cosmologia, uma vez que a preocupação com a origem e evolução do universo e a presença e o papel do homem nele são indagações constantes do ser humano. Sugere-se a apresentação e discussão de modelos de universo elaborados por diferentes culturas, destacando as semelhanças e diferenças em suas formulações e os ambientes socioculturais vigentes à época de suas elaborações.

Nessa breve análise, percebe-se que, se nos referenciais curriculares estaduais referentes ao Ensino Fundamental houve nos últimos anos uma tendência de consolidação do ensino de temas de astronomia, nos referenciais do Ensino Médio ainda predominam propostas semelhantes as que existiam no último quarto do século passado.

2.4 Exame Nacional do Ensino Médio

Por iniciativa do governo federal, foi implantado, sob a coordenação do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), em 1998, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), uma forma de verificação do rendimento escolar, cuja ênfase não era o conteúdo das disciplinas e, sim, o domínio das competências e habilidades conquistadas ao longo do Ensino Fundamental e Médio. Partindo desse princípio, as questões propostas nos exames, denominadas de situações-problema, procuravam levar o participante a utilizar e relacionar conhecimentos de várias áreas para resolver um problema (BRASIL, 1998a).

Segundo a portaria que o criou, um dos objetivos do ENEM era estabelecer um padrão de referência para os estudantes que concluíssem o Ensino Médio no país, procurando influenciar as escolas desse nível de ensino a alterarem suas estruturas curriculares (BRASIL, 1998a).

Durante uma década, o exame seguiu esses preceitos. Em 2009, houve uma reestruturação nos propósitos do ENEM, que passou também a servir como prova unificada para o ingresso em várias Instituições Federais de Ensino Superior. Além disso, tornou ainda mais explícita a intenção de influir na reelaboração da estrutura curricular do Ensino Médio, conforme descrito na proposição do Ministério da Educação (MEC) à Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (ANDIFES) (BRASIL, 2009).

Segundo as ideias que nortearam a implantação do ENEM, as situações-problema propostas aos participantes não objetivavam, em princípio, avaliar o conhecimento de conteúdos e sim competências e habilidades. No entanto, estas só podem se explicitar a partir de situações-problemas que envolvam conhecimentos pertinentes às diversas disciplinas presentes na Educação Básica.

E, se existia a intenção de direcionar os conteúdos curriculares das escolas de Ensino Médio, esperava-se que as provas do ENEM apresentassem situações-problema cujos conhecimentos exigidos para a resolução fossem um indicador dos assuntos que deveriam ser tratados nessa etapa escolar e que houvesse compatibilidade entre os temas abordados nas situações-problema e os indicados nos PCNEM e PCN+, uma vez que ambos são resultados de iniciativas do MEC. Especificamente quanto aos temas de astronomia, isso não tem acontecido.

Em levantamento realizado por nós, nas 15 provas do ENEM elaboradas de 1998 a 2011, incluindo a prova desviada na impressão e, por isso, não aplicada em 2009, encontramos 13 situações-problema que necessitaram de conhecimento de algum conceito de

astronomia por parte do participante para a sua resolução, o que representa 0,96% do total de 1353 situações-problema existentes nas provas¹.

Em estudo semelhante, Gomide e Longhini (2011) encontraram 32 situações-problema que apresentavam relação com temas astronômicos, dentre as 693 situações-problema presentes nas provas realizadas entre 1998 e 2008, período analisado por eles, o que equivale a 4,6%.

A diferença de números se justifica pelos critérios de seleção utilizados. Os citados autores contabilizaram toda e qualquer situação-problema que se referisse a temas astronômicos, seja no texto de apresentação ou nas alternativas, mesmo que a resolução não necessitasse de conhecimentos de astronomia para ser realizada. Também foram contabilizadas situações-problema que, embora não trouxessem a temática astronômica nem no texto, nem nas alternativas, exigiam do participante conhecimentos na área para resolvê-la. De forma diferente, consideramos apenas as situações-problema que traziam claramente a temática astronômica em seu texto e cuja resolução exigia do participante o domínio desses conhecimentos. Portanto, não contabilizamos as situações-problema que utilizaram temas astronômicos para contextualização, mas cuja resolução independia de conhecimentos de astronomia.

A distribuição das situações-problema ano a ano, mostrada na tabela 1, indica a inexistência de uniformidade, o que sugere não haver um parâmetro pré-estabelecido para a incidência dos temas das situações-problema nos exames.

Nota-se que a presença de situações-problema que exigiram conhecimentos de astronomia para sua resolução foi mais acentuada nas primeiras edições do ENEM, entre 1999 e 2002, período que concentra 61,5% delas. Tornou-se rara entre 2003 e 2006 e praticamente desapareceu a partir de 2007, exceção feita à prova efetivamente aplicada no ano de 2009. Vale citar que os temas abordados nesta prova foram gravitação e modelos de Ptolomeu e Copérnico, exatamente os poucos temas que são tradicionalmente abordados nos vestibulares. Uma possível explicação para tal desaparecimento pode ser atribuída ao fato de o desempenho dos participantes do ENEM ter passado a servir como critério de seleção do Programa Universidade para Todos (ProUni), cuja finalidade é conceder bolsas de estudo em cursos de graduação de instituições privadas de Educação Superior. Além disso, o exame passou a ser requisito para o ingresso em grande parte das universidades públicas, que substituíram, totalmente ou em parte, seus vestibulares pela nota do ENEM. Esses fatores parecem ter

¹ De 1998 a 2008, as provas do ENEM eram compostas de 63 situações-problema. A partir de 2009 passaram a ter 180 situações-problema em cada edição.

influenciado o exame, fazendo prevalecer na prova um caráter propedêutico/seletivo, levando-a a adquirir forma e conteúdos mais tradicionais.

Tabela 1 – Distribuição da quantidade de situações-problema que exigiram conhecimentos de astronomia para a resolução nas provas do ENEM (1998-2011)

Ano	Quantidade de situações problema
1998	0
1999	2
2000	3
2001	1
2002	2
2003	0
2004	1
2005	1
2006	1
2007	0
2008	0
2009*	0
2009	2
2010	0
2011	0

* Prova não aplicada

Talvez, nesse sentido, se esteja abrindo mão da expressa intenção de sinalizar mudanças na Educação Básica, uma vez que se escolheu reforçar o que já está sendo feito, ao menos no que concerne aos aspectos aqui considerados.

A tabela 2 sintetiza os conceitos de astronomia que foram exigidos dos participantes para a resolução das situações-problema. A quantidade total da coluna “Número de vezes” é maior do que o número de situações-problema (tabela 1), porque algumas delas exigiram mais de um dos conceitos listados para a sua resolução.

Movimentos do Sol, fases da Lua, modelo geocêntrico de Ptolomeu e heliocêntrico de Copérnico, que são temas indicados nos documentos oficiais para serem desenvolvidos tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio, estiveram presentes em 60% das situações-problema selecionadas.

Tabela 2 – Conceitos de astronomia exigidos para a resolução das situações-problema no ENEM (1998-2011)

Conceito exigido	Número de vezes
Movimento diurno aparente do Sol	3
Movimento anual aparente do Sol	2
Fases da Lua	2
Modelos de Ptolomeu e de Copérnico	2
Leis de Kepler	2
Eclipses	1
Dinâmica do Sistema Solar	1
Gravitação	1
Calendários	1

Eclipses, leis de Kepler, dinâmica do Sistema Solar e gravitação são temas indicados para o Ensino Médio e estiveram presentes em apenas 33% das questões. No caso dos eclipses, cujo estudo é sugerido tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio, enquadramos a situação-problema apresentada como pertencente ao Ensino Médio, pois a forma de abordagem exigiu do participante um conhecimento mais compatível com esse nível de ensino.

O outro tema solicitado tratava dos calendários lunares e solares e, para a resolução da situação-problema, o participante necessitava saber que o calendário muçulmano é lunar, no qual os meses se iniciam no dia seguinte ao da lua nova. Essas informações não constavam do texto da situação-problema, seu conhecimento não é comum entre os concluintes do ensino médio e tampouco é sugerido nos PCN+.

Observa-se, então, que das três unidades temáticas sugeridas pelos PCN+ – “Terra e Sistema Solar”, “O universo e sua origem” e “Compreensão humana do universo” – apenas a primeira delas foi contemplada, ainda assim de forma parcial, nas situações-problema do ENEM.

Considerando que os conhecimentos exigidos para a resolução das situações-problema das provas do ENEM se proponham a indicar os assuntos a serem tratados no Ensino Médio, uma vez que um dos objetivos do ENEM é ser um sinalizador para esse nível de ensino, e que os conteúdos presentes nas provas deveriam apresentar paralelo com os apontados nos PCN+, observa-se que, no que se refere a temas de astronomia, há um desencontro entre ambas as propostas.

A aparente tendência observada nos exames recentes – a retirada de conteúdos de astronomia ou o enfoque nos poucos temas que têm presença nos atuais livros didáticos – reforça o entendimento de que o exame se distancia de um dos seus objetivos: o de induzir a reestruturação dos currículos do Ensino Médio e, no caso específico de conteúdos de astronomia, contemplar a introdução de seus estudos nesse nível de ensino.

Além desse descompasso, foram propostas nas provas situações-problema com erros conceituais, já apontados por Andrade (2005).

Em uma delas, da prova de 2000, o texto fez referência às primeiras observações dos satélites de Júpiter por Galileu. Além de, segundo Andrade (2005), os dados fornecidos no texto da situação-problema não estarem de acordo com os registros de Galileu, há nele um erro conceitual.

A resolução apresentada pelos responsáveis pela elaboração da prova pressupõe, de forma implícita e incorreta, que as órbitas dos satélites de Júpiter estão em um plano perpendicular ao da eclíptica (INEP, 2001a). Na verdade, os planos das órbitas dos satélites observados por Galileu em torno de Júpiter, o plano da órbita de Júpiter em torno do Sol e o plano da própria eclíptica apresentam pouca inclinação entre si, quase coincidindo.

Vistos a partir da Terra, como foram feitas as observações de Galileu, os satélites apresentam uma distância aparente do planeta que varia no decorrer do tempo, conforme eles se deslocam em suas órbitas, de modo que não há como determinar, a partir de uma única observação, qual é a ordem de afastamento dos satélites ao planeta, que era o questionamento da situação-problema.

A prova de 2001 trouxe outra situação-problema com erro. Nela é apresentado um texto extraído da peça *Tróilo e Créssida*, de Shakespeare, e se solicita ao participante que identifique qual é teoria nele descrita. Segundo os examinadores, o texto se refere à teoria heliocêntrica de Copérnico (INEP, 2001b), mas o texto na verdade se refere à teoria geocêntrica de Ptolomeu, como mostrou Andrade (2005).

Aqui o equívoco dos examinadores não é tão evidente quanto na situação-problema anteriormente citada, pois o texto dá margem a dúvidas. No entanto, uma análise mais detalhada mostra que a resposta apresentada como correta não corresponde à realidade.

Outra falha apareceu no texto de uma das situações-problema da prova não aplicada em 2009. Nela se afirma que a distância da Terra até determinada constelação é de 63 anos-luz. Certamente o examinador não se ateu ao fato de que constelações são regiões da imaginária esfera celeste e que, portanto, não há como determinar distâncias entre a Terra e uma constelação.

A existência de situações-problema nas provas do ENEM que trazem textos com erros conceituais de astronomia indica que, aparentemente, o conhecimento desses temas não está totalmente disseminado sequer no meio acadêmico.

2.5 Pesquisas sobre ensino de astronomia

De acordo com Leite (2006), as pesquisas sobre ensino de astronomia são recentes no Brasil e, talvez, por isso, seja relativamente pequeno o número de artigos publicados anualmente em revistas especializadas que buscam desenvolver uma didática para o ensino desse conteúdo. Também é pequena a quantidade de trabalhos com esta temática apresentados em congressos de pesquisa em ensino, seja de física ou de astronomia. Barrio (2002) afirma que o mesmo ocorre internacionalmente e que os trabalhos apresentados em congressos de ensino de ciências e publicados em periódicos da área, quase sempre expressam aspectos muito particulares do trabalho de investigação-observação astronômica ou experiências didáticas.

No entanto, de acordo com Langhi e Nardi (2009), as pesquisas sobre ensino e popularização da Astronomia têm crescido nas últimas décadas, com aumento do número de teses e dissertações sobre o tema e também de trabalhos publicados em periódicos e apresentados em eventos da área de ensino de ciências.

Levantamento realizado por Castro, Pavani e Alves (2009) mostrou que houve um crescimento de 61% na quantidade de trabalhos sobre ensino de astronomia apresentados no conjunto das oito reuniões anuais da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), realizadas entre os anos de 2001 e 2008 e nos quatro Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEF) realizados entre 2001 e 2007. O tema mais abordado nesses trabalhos foi referente a concepções alternativas de professores e alunos sobre temas astronômicos, totalizando 21% das publicações, seguido de trabalhos que procuram fornecer subsídios teóricos de astronomia para professores e alunos, com 13%. A quantidade de trabalhos apresentados tratando de história da Astronomia correspondeu a 8% do total e o número de trabalhos com essa temática, a cada ano, oscilou muito pouco no decorrer do período analisado, indicando a contínua preocupação dos pesquisadores com o tema.

Marrone Júnior e Trevisan (2009) analisaram a incidência de artigos sobre ensino de astronomia, publicados em revistas de ensino de ciências. Inicialmente, escorados na representatividade da Associação Brasileira em Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) na comunidade acadêmica, analisaram os artigos publicados em oito revistas

sugeridas por aquela associação. Devido ao grande número de artigos encontrados, decidiram restringir a pesquisa a apenas um periódico – o Caderno Brasileiro de Ensino de Física – justificando a escolha por ser a revista que trazia o maior número de artigos e também pelo seu longo período de publicação – mais de 20 anos. Desde o primeiro número, em 1984, até o ano de 2004, encontraram 38 artigos que tratavam de assuntos referentes à Astronomia de um total de 552 artigos publicados no período considerado.

Quando os agruparam em períodos de cinco anos, verificaram que a quantidade de artigos referentes à Astronomia decaiu continuamente, de doze no período 1985-1989 para sete no período 2000-2004, o que se contrapõe ao aumento de trabalhos apresentados em congressos. Seria necessária uma investigação mais apurada para detectar as causas desse descompasso. Com relação às temáticas mais frequentes, observaram que 32% se relacionam com história da Astronomia e que essa porcentagem se manteve regular durante o período analisado, o que reforça a constatação de Castro, Pavani e Alves (2009) sobre a preocupação constante dos pesquisadores com esse tema. Constataram ainda que os artigos mais recentes apresentam formatação mais adequada a trabalhos científicos, o que aponta um amadurecimento dos pesquisadores que atuam nessa área, mesmo porque, como já citado, as pesquisas em ensino de astronomia são recentes.

De acordo com Barrio (2002), os resultados das primeiras pesquisas sobre ensino de astronomia foram publicados no final dos anos 1970, com trabalhos acerca das concepções alternativas que as crianças apresentavam sobre a Terra, quando vista como um objeto cósmico. Essas pesquisas apontaram a importância de se considerar essas concepções na elaboração de estratégias de aprendizagem que buscassem a mudança conceitual dos alunos, com a substituição das concepções alternativas pelas concepções científicas. Propostas com essa finalidade surgiram ao longo da década seguinte, geralmente baseadas na ideia de conflitos cognitivos, mas os resultados pouco significativos levaram os pesquisadores a compreender que o processo de mudança conceitual não ocorre de forma imediata, mas, progressivamente, como resultado de sucessivos rearranjos nos modelos mentais que o aluno tem sobre o mundo físico, por meio de enriquecimento e revisão (CAMPOS; ARAUJO, 2003). Essas primeiras pesquisas também apontaram que alguns problemas de aprendizagem dessa ciência eram decorrentes de dificuldades cognitivas dos alunos com relação aos conhecimentos de física e de geometria espacial.

Nos anos 1980 e 1990, as pesquisas em ensino de astronomia focalizaram com maior ênfase os erros conceituais apresentados pelos alunos acerca do sistema Sol, Terra e Lua e dos movimentos planetários e apontaram que as maiores dificuldades de compreensão, por parte

dos alunos, estavam relacionadas com as enormes distâncias envolvidas nesses fenômenos, algo muito além da sua vivência, e, principalmente, com a relatividade da descrição dos movimentos planetários em distintos referenciais, a Terra, no modelo geocêntrico e o Sol, no modelo heliocêntrico (BARRIO, 2002).

Tal dificuldade também foi constatada por Leite (2006), que afirma ser necessária a percepção tridimensional do espaço para a construção de conceitos de astronomia, mesmo os mais simples, e que, embora estejamos acostumados a essa percepção em nosso cotidiano, ela torna-se complexa quando associada às grandes dimensões envolvidas no estudo da Astronomia. Conclui então ser necessário desenvolver essa noção de espacialidade quando do estudo de temas astronômicos.

Nessa mesma linha, Barrio (2002) afirma que a explicação de fenômenos astronômicos requer que se lance mão de representações, idealizadas e simplificadas, afastadas do observado em nossa realidade diária. Desse modo, a suposta visualização e compreensão dos fenômenos nem sempre é a ideal e os estudantes acabam por não entender os fenômenos astronômicos como se dão na realidade, permanecendo com concepções incorretas.

Sem se dar conta dessa realidade, muitos dos trabalhos sobre ensino de astronomia, que foram desenvolvidos no Brasil nos anos 1990, propuseram atividades que procuravam ilustrar e explicar algum fenômeno astronômico, principalmente fases da Lua, estações do ano e eclipses, sem considerar as concepções alternativas dos alunos ou sem se preocupar em fazer com que os estudantes participassem ativamente da construção de seu conhecimento, levando-os a raciocinar sobre o que estava sendo proposto, a confrontar suas concepções alternativas com o que estavam observando, com o propósito de proporcionar o surgimento de conflitos cognitivos. Consistiam de proposições ou sugestões de como apresentar um conteúdo específico ou ilustrar um fenômeno em particular, sem relacioná-los com outras situações ou implicações. Não houve preocupação em mostrar a Astronomia de uma forma mais ampla, como uma ciência que tem forte ligação com a evolução do conhecimento humano e que influenciou nossa cultura e foi por esta influenciada.

Somente no final dessa década, começaram a surgir trabalhos que apresentavam preocupações com pontos considerados importantes para um efetivo aprendizado, tais como a contextualização do problema, a formulação de hipóteses e a participação dos alunos em debates sobre elas.

Em nossa opinião, o ensino de astronomia, assim como o ensino de ciências em geral, deve ter uma perspectiva ampla. Não se deve apenas mostrar, por exemplo, as explicações

científicas das estações do ano, mas também relacionar o movimento anual do Sol com as festas do solstício de inverno que diversos povos celebravam, e que alguns celebram ainda hoje, mostrando que a cultura desses povos está marcada por eventos celestes, o que proporcionará um aprendizado mais contextualizado e significativo.

Um ensino de astronomia centrado em informações técnicas e numéricas sobre dimensões, distâncias, composições, origens e evolução dos astros e do universo limita muito a visão desta Ciência. A Astronomia tem uma ligação extremamente forte com as inquietações básicas do ser humano acerca de suas origens. Existe algo em comum entre a origem do estudo de temas astronômicos e a da consciência do ser humano. Também por isso, o ensino de astronomia deve ser mais amplo, para abarcar aspectos simbólicos e mitológicos que são essencialmente humanos. No capítulo 4, trataremos de temáticas de caráter menos racional (ou menos científico) envolvendo as percepções dos astros, incluindo a Astrologia que, até hoje, está presente na maior parte dos jornais diários.

Mas, ainda hoje, há quem apresente os conhecimentos desenvolvidos por antigas civilizações em tom de deboche, como se tais conhecimentos fossem desprezíveis ou inúteis. É necessário entender que eles foram construídos com as informações disponíveis na época de suas elaborações e sob circunstâncias totalmente diferentes das atuais. Tal desrespeito mostra o despreparo para lidar com uma educação verdadeiramente formadora, especialmente com relação ao ensino de astronomia, pois foi a partir dessas ideias, supostamente ingênuas, que se puderam construir as teorias atuais, as quais poderão parecer ingênuas no futuro distante. Muitos educadores se preocupam apenas em mostrar a porção técnica da Astronomia, comentar as mais recentes descobertas sobre a origem do universo, obtidas a partir de dados colhidos por telescópios de última geração, esquecendo as relações do ser humano com o céu. O ensino dessa parte técnica não é descartável; ao contrário, reconhecemos sua importância, mas é fundamental que não seja a única, pois fica muito distante da imaginação de alguém que observa o céu sem instrumentos e cogita livremente suas explicações.

Jafelice (2002) destaca três fatores que, entre outros, contribuem para que ocorram esses problemas no ensino e na popularização da Astronomia: a formação convencional dos professores/divulgadores, que não contempla elementos de humanidades e artes; as limitações decorrentes da especialização e do pensamento positivista imbricadas na formação dos professores/divulgadores e o aumento do número de pesquisadores em astronomia e áreas afins que têm aderido ao ensino de astronomia, mas que não têm a formação adequada para isso.

Mesmo sem endossar a ênfase dada pelo autor aos fatores apontados, que pressupõem que o professor/divulgador deva ter amplo conhecimento técnico na área de astronomia, vale ressaltar que os professores que atuam na Educação Básica, muitas vezes, sequer tiveram oportunidade de estudar conteúdos de astronomia durante sua formação acadêmica.

O terceiro fator apontado por Jafelice (2002) talvez explique a existência de certa ingenuidade no trato do ensino de astronomia, uma vez que detectamos em alguns trabalhos a crença, algumas vezes manifestada em afirmações textuais, de que a Astronomia fascina a todos que entram em contato com ela ou que tem o poder de despertar o interesse dos estudantes, motivando-os para o estudo das ciências exatas. Ou ainda que a apresentação de imagens de objetos celestes, algumas certamente muito belas, seja suficiente para prender a atenção dos alunos e que se possam sustentar propostas pedagógicas apoiadas apenas nessas imagens. Não faltam os que consideram que, ao trazer a Astronomia para as aulas, estariam resolvidos os males do ensino de Ciências!

Há grande dose de exagero nesses pensamentos, pois certamente nem todas as pessoas têm fascínio pela Astronomia. Há quem não tenha o menor entusiasmo pelas coisas do céu e alegue não ter o menor interesse em aprender algo sobre astronomia, pois isso não lhe fará a menor falta na vida. Vale citar aqui a passagem do conto “Um estudo em vermelho”, na qual os personagens Dr. Watson e Sherlock Holmes dialogam acerca da importância de se conhecer os mecanismos do Sistema Solar:

[...] minha perplexidade atingiu o auge quando incidentalmente, descobri que ele [Sherlock Holmes] ignorava a Teoria de Copérnico e a composição do sistema solar. A meu ver, qualquer ser humano civilizado do século dezanove ignorando que a terra girava em torno do sol era algo tão extraordinário, que quase me recusava a acreditar.

- Você parece admirado – disse ele, sorrindo de minha expressão de surpresa. – Pois agora, já que aprendi isso, farei o possível para esquecê-lo.

- Esquecê-lo? [...]

- Que importância tem isso para mim? – interrompeu-me ele, impaciente. – Você me disse que giramos em torno do sol. Se girássemos em torno da lua, tal fato não faria a mínima diferença para mim ou para meu trabalho. (DOYLE, 1983, p. 11-12).

Mesmo sendo este um diálogo fictício, pode ser tomado como expressão de um quadro real, uma vez que provavelmente muitas pessoas admitem que os conhecimentos astronômicos, e muitos outros, não lhes trazem benefícios, principalmente na atual conjuntura, em que existe uma exagerada valorização do retorno prático que um conhecimento pode proporcionar. Na sociedade industrial, quando a educação foi estendida às massas populares, o caráter de preparação para o trabalho se tornou dominante e, em certas circunstâncias,

exclusiva. A atitude de Sherlock, na criação de Conan Doyle, é uma explicitação quase caricata desse “pragmatismo cultural”.

A ninguém deveria surpreender que no *quadrivium* da educação medieval, por certo não voltada às massas, a Música constava ao lado da Astronomia, ambas hoje literalmente expurgadas da exigência formativa real. Talvez, mais do que pretender impregnar a Cosmologia contemporânea de qualquer sentido prático, devêssemos compreender que, se adequadamente exposta, ela poderá ser tão apreciada pelos jovens como a música continua sendo. O prazeroso sentido estético de práticas sociais como a música, a dança, os esportes, deveria ser reforçado na escola, não meramente consentido. Nada há de artificial em se situar boa parte das ciências entre tais práticas sociais, apresentando-as sem o pragmatismo de praxe.

Nesse sentido, o surgimento de trabalhos que procuram difundir o ensino de astronomia na Educação Básica de uma forma mais abrangente é um grande alento e pode propiciar uma mudança no quadro atual do ensino de astronomia.

Matsuura (1998) propõe que os conteúdos a serem inseridos no ensino de astronomia não devam contemplar apenas o conhecimento técnico-científico, mas também proporcionar uma visão de como a Ciência os aborda e das imperfeições humanas dos cientistas, para que não se crie uma mitificação da Ciência. Trevisan et al. (2003) afirmam que se deve discutir o processo histórico de construção do conhecimento e as inter-relações dos conceitos. Consideram que, ao destacar a origem histórica dos conceitos, é preciso analisar as características da sociedade na época, as implicações desta sobre os cientistas e as influências das descobertas científicas sobre a sociedade. Carvalho (2003) desenvolveu tópicos de astronomia de forma integrada, da quinta até a oitava séries do Ensino Fundamental, inserindo discussões acerca do trabalho científico, tais como a falibilidade e transitoriedade da Ciência, a visão do cientista como homem e a finalidade da produção científica.

Há uma série de trabalhos (FARES et al., 2004; FERNANDES, 2010; JAFELICE, 2002; MEDEIROS, 2010; QUEIROZ et al., 2003) que propõem o desenvolvimento de uma abordagem para o ensino de astronomia na Educação Básica que contemple os aspectos nos quais a Astronomia proporcionou ao ser humano a compreensão da sua inserção na natureza e que influenciaram e influenciam a sociedade, que ultrapasse os conteúdos em si, para estabelecer uma ponte entre a Astronomia e a sociedade, atendendo também as disposições legais de desenvolver competências e habilidades por meio de conteúdos associados à Astronomia. Os autores consideram que a Astronomia ocupa uma posição especial entre as Ciências, devido à riqueza simbólica intrínseca aos assuntos tratados por ela. Nessa visão, a

essa riqueza deve ser dada especial atenção nos momentos em que os alunos pela primeira vez têm contato mais sistemático e formal com a Astronomia, já que essa poderá, muitas vezes, ser também a última, nos cursos da Educação Básica.

Consideramos que a “posição especial” da Astronomia citada pelos autores também deve-se ao fato de ela tratar de assuntos ligados a questões básicas do ser humano, como a origem e o futuro da Terra e do próprio universo, o que relaciona com a origem e destino do próprio ser humano e de nos colocar sempre frente a interrogações sobre nosso lugar e nosso papel no cosmo.

3 POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA E DA ASTRONOMIA

A comunicação do conhecimento científico de fronteira é realizada em ambientes restritos, como congressos e revistas científicas, em linguagem especializada e direcionados a um público específico, os pesquisadores, e é compreensivelmente superficial a forma com que se levam esses conteúdos para um público mais amplo.

O acesso ao conhecimento científico é um direito da população leiga e, em alguns casos, como o uso de alimentos transgênicos, da energia nuclear, das células tronco, da busca de vida em outros planetas, a sociedade acompanha o assunto com interesse e procura se informar, geralmente por intermédio dos meios de comunicação de massa, como emissoras de rádio e televisão, jornais, revistas e a rede mundial de computadores.

Esses meios de comunicação de massa se interessam por temas relacionados à Ciência e à Tecnologia, porém nem sempre têm o cuidado de propiciar informações que levem corretamente os conceitos, sem distorções. Algumas vezes, de forma intencional, buscam um apelo sensacionalista; outras optam pela ficção científica, como os casos de novelas que já trataram de clones e mutantes, evidentemente com formato adequado à linguagem dos folhetins.

Entre os meios de comunicação de massa, a rede mundial de computadores consolidou-se como um agente importantíssimo de propagação de informações em geral e da Ciência em particular. Por exemplo, é grande na rede a quantidade de informações referentes a temas astronômicos. Lá se pode encontrar praticamente tudo o que se queira saber sobre o universo, desde dados sobre os planetas do Sistema Solar até as mais avançadas teorias cosmológicas, passando por aplicativos que reproduzem na tela do monitor o céu visto de qualquer ponto da superfície da Terra e em qualquer instante, passado ou futuro. É preciso considerar ainda que essas tecnologias estão se transformando contínua e rapidamente, sendo até difícil prever o que será possível se realizar daqui a poucos anos.

Se, por um lado, a liberdade de expressão que caracteriza a rede mundial de computadores permite que qualquer pessoa possa divulgar qualquer conhecimento ou opinião, o que é fundamental para que todos os pontos de vista possam ser de amplo conhecimento, por outro, permite que se lance na rede, de maneira intencional ou não, informações incorretas ou tendenciosas. Cabe então à comunidade científica levar ao público leigo as informações corretas e os museus de ciências e os planetários podem contribuir nesse processo.

Esses espaços foram criados com a intenção de levar o conhecimento científico, de forma supostamente adequada, para um público diversificado. Em princípio, por meio das exposições realizadas nesses espaços, a sociedade poderia se apropriar não só dos conceitos e teorias científicas, mas também da sua influência na sociedade, aprimorando a consciência sobre as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico.

3.1 Popularização da Ciência

Segundo Mascarenhas (1998), a Ciência não faz parte da cultura geral dos brasileiros, como o faz a música e até o futebol. Em geral, a Ciência é mitificada e os cientistas são tomados como seres raros e enigmáticos, o que torna mais importante a popularização do conhecimento científico.

Germano e Kulesza (2007) afirmam que nos últimos anos tem ocorrido um crescimento de discursos e práticas sobre a pretensa necessidade de se proporcionar um maior conhecimento da Ciência e da Tecnologia para o público leigo e que no Brasil diversos termos são usualmente utilizados para caracterizar a comunicação da ciência para o público, citando “vulgarização”, “divulgação”, “alfabetização” e “popularização da Ciência”. Para eles, o termo mais adequado é “popularização da Ciência”, desde que entendido como um processo dialógico que possibilite ao público compreender os conceitos e métodos da Ciência, juntamente com seus desdobramentos tecnológicos e consequências para a sociedade, sem repudiar suas crenças, valores e visões de mundo.

Marandino (2001) considera que a popularização da ciência deve ser entendida como um processo intencional de transformação das informações científicas em uma linguagem que possa ser entendida pelo público leigo, o que envolve as mais diversas formas de comunicação, seja de texto escrito, de reprodução de experimentos científicos, de demonstração de fenômenos, de projeção de vídeo ou outro meio qualquer.

Para Leitão e Albagli (1997), o termo “popularização científica”, ou “da Ciência”, tem abrangência limitada, com o enfoque restrito ao público leigo. Consideram que os objetivos da popularização científica podem ser separados em três vertentes. Uma é a informativa, que procura disseminar na opinião pública uma visão crítica dos impactos, sejam positivos ou negativos, que o desenvolvimento científico e tecnológico traz para a sociedade. Outra se preocupa com a mobilização popular, a fim de ampliar a possibilidade de participação das populações marginalizadas na formulação de políticas públicas e na escolha de opções tecnológicas. Finalmente, a educacional, que busca ampliar o conhecimento e a compreensão

do público leigo não só dos conceitos científicos, mas também dos processos e dos métodos envolvidos na sua construção. Essa última engloba também três categorias: a informação científica prática, que ajuda a resolver problemas práticos imediatos; a informação científica cívica, que trata de aumentar a consciência dos cidadãos sobre questões associadas ao desenvolvimento científico e tecnológico para melhorar a participação pública em decisões relativas àqueles assuntos, e a cultural, que estimula a aquisição de um maior conhecimento científico, visto como um atributo humano, fruição prazerosa e construção de um pertencimento à espécie, como um ser de cultura.

Conscientes dessa falta de consenso sobre o uso desses termos, usaremos neste trabalho o conceito de popularização científica, ou da Ciência, como a intenção de tornar os conhecimentos científicos acessíveis à população leiga, mesmo que culta, usando linguagem que lhe seja inteligível, respeitando suas concepções, crenças e valores e utilizando-se de qualquer meio.

A preocupação com a popularização científica é antiga, e, de acordo com Fayard (1999), a partir da década de 1970, houve uma alteração significativa no modo de encará-la. Essa mudança é caracterizada principalmente por um redirecionamento no foco: se inicialmente a popularização da Ciência era focada no objeto a ser comunicado, posteriormente passou a ser no próprio público. Segundo esse pesquisador, essa mudança foi favorecida pela generalização das práticas de comunicação e pelo surgimento de novos locais e ocasiões de intercâmbio, o que rompeu o distanciamento que havia entre a prática científica e o público e diminuiu consideravelmente o desconhecimento deste com relação àquela.

Esse movimento de renovação ocorreu quando surgiram críticas severas sobre o poder e o papel da Ciência na sociedade. A partir da Ciência em si, a crítica se voltou também para a própria popularização da Ciência, considerada viciada e distorcida, uma vez que não conseguia compartilhar amplamente com o público o saber construído pelos cientistas. A partir daí, ocorreram tentativas de ruptura com as práticas existentes até então, que se preocupavam com temas distantes e sem aplicação imediata para o público. As práticas concentraram-se, então, em temas que procuravam vincular o saber científico com a vida cotidiana (FAYARD, 1999).

Como parte importante desse interesse pela popularização da Ciência, os museus de ciências se consolidaram como instituições fundamentais na constituição de uma infraestrutura que ajude a popularizar a Ciência. Se por um lado esses museus são extensão da escola, no sentido propriamente formativo, por outro são espaços de lazer cultural, como parques, cinemas e praças de esportes.

3.2 Museus de ciências

O surgimento e a evolução histórica dos museus de ciências já foram amplamente discutidos na literatura, entre outros por Bragança Gil (1997), Cazelli (1992), Gaspar (1993) e Leitão e Albagli (1997). Nas trajetórias históricas percorridas por essas instituições, há momentos em que houve alterações marcantes nas características de suas relações com o público e serão esses os pontos destacados a seguir.

A origem dos museus se dá com o hábito humano de colecionar objetos, aos quais se atribui valor, seja econômico ou afetivo. Os museus com características semelhantes às do que conhecemos hoje surgiram no século XVII. O primeiro museu público foi inaugurado em 1683, o *Ashmolean Museum*, ligado à Universidade de Oxford. Seu acervo contava com coleções de espécimes animais e vegetais, rochas, minerais, fósseis e animais empalhados, entre outros, cuja finalidade principal era a pesquisa, com preferência para os alunos da Universidade (CAZELLI, 1992).

Inicialmente os museus não eram abertos à visitação pública e tiveram por objetivos catalogar e conservar coleções de artigos do passado, como documentos, objetos ou imagens, obras de arte, espécimes animais e vegetais, minerais, ou ainda qualquer outro tipo de coleção de algum interesse, para servir como material de estudo e pesquisas (JACOBUCCI, 2008). Segundo Goldenberg (1998), apenas no final do século XVIII é que os museus abriram suas coleções ao público.

Nas décadas seguintes à fundação do *Ashmolean Museum*, muitos outros museus foram inaugurados. No entanto, a dificuldade do público em apreciar o que lhes era oferecido, devido a seu despreparo, aliada à falta de critérios para apresentar as coleções fizeram com que os museus não se tornassem atrativos (GASPAR, 1993).

Em 1891, foi criado o *Museum für Naturkunde Berlin*, orientado por uma nova concepção para a manipulação do acervo. Passou-se a ter uma coleção científica, a mais completa possível, para fins de pesquisa, e outra para exibição pública, baseada na primeira, mas apenas com os exemplares mais representativos. Esses exemplares eram criteriosamente selecionados e organizados a fim de tornar os propósitos da exposição acessível ao público leigo. Essa nova forma de exibição pública rapidamente se espalhou para outros museus em todo o mundo, que passaram a utilizar a criatividade para expor os resultados de suas pesquisas, com informações cientificamente corretas, mas de forma mais acessível e atraente. O objetivo era consolidarem-se como instituições de educação e difusão das ciências naturais (BRAGANÇA GIL, 1997).

Mas, anteriormente, esse papel educacional dos museus já estava presente nas origens dos museus de ciência e tecnologia. Um dos mais antigos, o *Conservatoire National des Arts et Métiers* de Paris (1794) foi criado, segundo Leitão e Albagli (1997), devido à necessidade de propiciar formação profissional aos trabalhadores, e, como afirma Cazelli (1992), apresentava dupla função, pois funcionava como um local em que se expunham as invenções e como instituição de ensino de artes aplicadas.

Foi o *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik*, mais conhecido como *Deutsches Museum*, de Munique, na Alemanha, que, em 1906, estabeleceu um novo conceito de museu de ciência e tecnologia eminentemente educacional e que passou a orientar o funcionamento deste tipo de museus nos demais países. No *Deutsches Museum* existiam modelos que funcionavam de forma simplificada e que podiam ser acionados pelos visitantes, além de réplicas e equipamentos em tamanho natural. O objetivo era ilustrar os princípios de funcionamento das máquinas e dos fenômenos das ciências, de forma a serem compreendidos por pessoas de diferentes classes (GASPAR, 1993).

O *Museum of Science and Industry* de Chicago (1933), o *Palais de la Découverte*, em Paris (1937), concebido com o objetivo expresso de popularizar os fundamentos básicos das ciências, e o *Museu Nazionale della Scienza e della Tecnica Leonardo da Vinci*, de Milão (1949), cujas atividades educativas tinham o propósito de complementar a educação científica propiciada pelas escolas, foram sementes dos hoje denominados museus interativos. Neles os equipamentos não eram apenas mostrados, pois os visitantes necessitavam interagir com eles, acionando botões ou movendo manivelas, para fazê-los funcionar (CAZELLI, 1992; LEITÃO; ALBAGLI, 1997).

No final da década de 1960, o físico Frank Oppenheimer (1912-1985) criticou a interação utilizada nesses museus, que privilegiava o acionamento de botões. Segundo ele, esse processo não garantia o envolvimento intelectual do usuário, que podia se tornar apenas um observador do resultado de sua ação. Para Oppenheimer era necessária uma interação física entre usuário e objeto que estimulasse a percepção e promovesse forte ligação da manipulação com o raciocínio. Seguindo esses princípios, em 1969, foi fundado o *Exploratorium*, em São Francisco, um espaço inter e multidisciplinar, onde a Arte, a Ciência e a Tecnologia estavam integradas (CAZELLI, 1992).

A proposta de interatividade do *Exploratorium*, que ficou conhecida como *hands-on*, tornou-se referência para os museus de ciências e tecnologia do mundo todo, nos quais o visitante é convidado não só a tocar, mas manipular e interagir com os módulos em exposição.

Segundo Wagensberg (2000), a interatividade *hands-on* procura estimular o visitante à experimentação, à iniciativa e à curiosidade. Nela, a interação se dá principalmente pelo toque e pela manipulação. O visitante manuseia modelos, objetos ou montagens que lhe devem provocar uma questão, uma dúvida e que o levem a compreender o funcionamento de equipamentos ou as explicações dos fenômenos naturais, sempre por meio de experimentos interativos.

Na década de 1980 ocorreu um crescimento acentuado na quantidade de museus interativos de ciência. Neles, multiplicaram-se inovações em matéria de popularização e consolidou-se o movimento que considerava o público como o centro das exposições. Esses novos polos, com suas iniciativas de popularização científica, apontaram soluções de comunicação para os problemas surgidos da relação, ou da ausência de relação, entre Ciência e sociedade.

Em alguns casos, a má utilização da interatividade *hands-on* levou ao surgimento de experimentos e de dispositivos que não proporcionavam uma verdadeira interatividade. Em situações do tipo: “acione tal dispositivo, vai ocorrer tal coisa e isso se explica dessa forma” o visitante é apenas informado de como o processo acontece e qual é a explicação, sem que haja uma provocação que resulte em uma dúvida, num confronto de ideias e uma conseqüente reflexão sobre o assunto (PAVÃO; LEITÃO, 2007).

Desenvolveu-se então a proposta de interatividade *minds-on*, algo que na verdade já se encontrava implícito na concepção do *Exploratorium*.

A interatividade *minds-on*, afirma Wagensberg (2000), propõe que a interatividade mental se sobreponha à manual, para que se possa levar o visitante a assumir uma postura investigadora, diferenciar o essencial do acessório, perceber o que há de semelhante entre elementos aparentemente distintos, estabelecer comparações, relacionar o que vê no museu como seu cotidiano. As situações vivenciadas devem proporcionar ao visitante a formulação de questões e a busca de respostas que o levem a modificar suas ideias e pensamentos, aproximando-se do conhecimento científico, a fim de proporcionar a compreensão do universo natural em que vive.

Além das propostas *hands-on* e *minds-on*, posteriormente desenvolveu-se uma nova proposta de interatividade, a *hearts-on*, que considera importante estimular emocionalmente o visitante, provocando seus sentimentos, despertando, por exemplo, surpresa, medo, assombro, repugnância, entre outras sensações, as quais também contribuem para a construção do conhecimento. Os sentimentos despertados podem remeter a valores pessoais e culturais,

podendo ser capazes de marcar o indivíduo e tornar aquela visita inesquecível (WAGENSBERG, 2000).

O primeiro museu a buscar a conjunção desses três tipos de interatividade em suas exposições foi o *Museo de la Ciencia* de Barcelona, fundado em 1981, que foi posteriormente remodelado, renomeado como *CosmoCaixa Barcelona* e inaugurado em 2004.

Como nem sempre é possível colocar simultaneamente esses três níveis de interatividade em uma mesma exposição, Wagensberg (2000) estabelece uma escala de prioridade, ressaltando que a melhor situação é a presença conjunta dos três níveis. Caso isso não seja possível, considera que a interatividade *hands-on* é conveniente, a *hearts-on* altamente recomendável e a *minds-on* imprescindível.

Porém, em muitos casos, novamente ocorreu um desvirtuamento dessas propostas, e algumas atividades de popularização científica foram transformadas apenas em um espetáculo, distanciando-se das premissas originais de levar ao público leigo os conhecimentos científicos. Mesmo que um pouco de fantasia seja necessário, não se pode relegar o rigor dos conceitos científicos em função do espetáculo. Se, por um lado, o espetáculo é necessário para prender o espectador, provocando emoções, por outro, a popularização científica deve ter um compromisso com a Ciência, mostrar seus aspectos humanos e contraditórios, seu processo de construção, suas incertezas, as relações que mantém com a tecnologia e a sociedade e que as descobertas e invenções surgem como respostas à necessidade e curiosidade do ser humano.

O que se afirmou aqui sobre os museus vale para qualquer aula, em que a dimensão “espetáculo”, *hearts-on*, pode dar lugar ao envolvimento conceitual, *minds-on*, e daí ao protagonismo discente, *hands-on*.

3.3 Os museus de ciências no Brasil

No Brasil, o primeiro museu instalado foi o Museu Real, fundado por Dom João VI, em 1818, e posteriormente transformado em Museu Nacional. Inicialmente sua finalidade era identificar e classificar as riquezas minerais e vegetais, tanto para fins científicos como comerciais, funcionando como uma espécie de consultoria para o governo imperial. Somente a partir da segunda metade do século XIX foram inaugurados outros museus no Brasil, como o Museu Paraense, hoje Museu Paraense Emilio Goeldi, em 1866, e o Museu Paulista em 1894. A função primordial desses museus era desenvolver pesquisas científicas juntamente

com a formação de cientistas brasileiros, sob a orientação de especialistas estrangeiros, que foram contratados para dirigir aqueles museus (GASPAR, 1993).

Com relação aos museus interativos de ciências, Cazelli (1992) afirma que no Brasil surgiram somente na década de 1980, e foram criados com a perspectiva de desenvolver atividades educativas, sendo que a primeira instituição desse tipo foi o Centro de Divulgação Científica e Cultural de São Carlos, da Universidade de São Paulo, fundado em 1980, sob a liderança de Dietrich Schiel (1940-). Lá, de acordo com Gaspar (1993), o ensino escolar era o foco principal e o museu funcionava como um atrativo.

Outras instituições com características mais assemelhadas a museus interativos surgiram naquela década em várias localidades: o Espaço Ciência Viva, e o Museu de Astronomia e Ciências Afins, na cidade do Rio de Janeiro, a Estação Ciência na cidade de São Paulo, o Museu Dinâmico de Ciências em Campinas, o Museu de Ciências da Bahia em Salvador. Posteriormente muitos outros foram inaugurados e hoje é grande a quantidade deles espalhada pelo país (CAZELLI, 1992).

Diferentemente dos museus interativos de ciências do exterior, que se propõem a popularizar a ciência para o público em geral, os brasileiros estão fortemente direcionados ao público escolar. Suas atuações muitas vezes são no sentido de auxiliar o ensino de ciências propiciado pelas escolas, disponibilizando material didático, laboratórios e roteiros de visitas que complementam o estudo da sala de aula. Também atuam no sentido de contribuir para a formação continuada dos professores de ciências, promovendo palestras e cursos (CAZELLI, 1992).

A proposta dos museus interativos de ciências em mostrar que a Ciência é capaz de explicar tanto o funcionamento dos equipamentos tecnológicos que se encontram ao nosso redor quanto os fenômenos da natureza, utilizando-se de exposições interativas que propiciam aos visitantes se apropriarem desse conhecimento, tem levado a um crescente aumento da frequência a essas instituições por parte do público não escolar nas três últimas décadas (PAVÃO; LEITÃO, 2007).

3.4 Museu ou centro de ciências?

As mudanças no modo como os museus de ciências interagem com o público criaram uma diferenciação entre eles.

Há os museus que se dedicam prioritariamente à conservação e exibição pública de coleções, sejam de espécies vegetais, animais, minerais ou equipamentos científicos antigos,

por exemplo. Nesses museus, os itens da exposição são destinados apenas à observação do público, que na maior parte das vezes não pode tocá-los. Esses museus, embora desatualizados com relação às atuais concepções museológicas, têm sua importância na manutenção de coleções históricas e para pesquisas científicas.

Existem os museus que evoluíram a partir do modelo anterior e hoje apresentam exposições que estimulam a interação direta do público com os equipamentos e experimentos expostos, com intenções didáticas. Ao mesmo tempo, conservam em seu acervo as antigas coleções de que dispunham. Em geral, esses museus mantêm alas distintas para cada uma das exposições, uma interativa e outra histórica.

Por último, surgiram as instituições em que se destacam as exposições interativas, com propostas únicas de popularização da Ciência e nos quais os aspectos históricos foram totalmente desprezados ou mantidos em um nível bem inferior ao da interatividade. Nos Estados Unidos, essas instituições foram denominadas *science centers*, expressão que foi traduzida no Brasil como centros de ciências. Como já foi citado anteriormente, há uma diferença entre as atuações dessas instituições no Brasil, onde são mais direcionadas às escolas, e no exterior, onde se dedicam à popularização da Ciência para a população em geral.

Embora reconheça as diferenças acima citadas, Cazelli (1992) faz distinção apenas entre dois grupos: um, no qual enquadra os museus que apresentam suas exposições de forma estática, sem interatividade, e outro, que engloba os museus que tratam de forma interativa suas exposições, incluindo os centros de ciências.

Para Jacobucci (2008), os museus de ciências diferenciam-se de centros de ciências por meio de suas estruturas e atividades. Para ela, os museus de ciências, embora possam se dedicar à popularização da Ciência, possuem coleções que servem principalmente como objetos de pesquisa para cientistas, pertencentes ou não ao quadro de pessoal do museu. Por outro lado, os centros de ciências utilizam seu acervo principalmente com finalidade educativa, concentrando suas atividades na popularização da Ciência.

No entanto, Contier (2009) afirma que, embora haja quem considere que os centros de ciências não deveriam sequer ser enquadrados como museus, por não trabalharem com coleções de importância histórica e cultural, todas as instituições que se dedicam à popularização da Ciência podem ser consideradas como museus de ciências, incluindo, entre outras, as reservas naturais, os aquários, os planetários, os centros de ciências e, evidentemente, os museus de ciências.

Leitão e Albagli (1997) fazem diferenciação entre centros e museus de ciências, pois consideram que os centros de ciências se desenvolveram com características diferentes dos

museus, principalmente a partir da década de 1980. Segundo os mesmos pesquisadores, ainda que tenham diferentes propósitos, funções, conteúdos e audiências, a maioria dos centros de ciências parece funcionar de acordo com certos princípios, a saber: a) privilegiar os aspectos contemporâneos da Ciência, ao invés de uma visão histórica; b) animar seus visitantes a participar, estimulando-os a manipular os objetos em exibição; c) privilegiar a exposição de projetos educacionais; d) promover atividades e eventos educacionais paralelos às exposições.

Complementando essa gama de visões, vejamos a definição de museu presente no sítio do Conselho Internacional de Museus (ICOM) na rede mundial de computadores:

[...] um museu é uma instituição permanente, aberta ao público, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e de seu desenvolvimento, que adquire, conserva, pesquisa, divulga e expõe testemunhos materiais e imateriais dos povos e do seu ambiente, para fins de estudo, educação e lazer. (INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS, 2007, tradução nossa).

Nota-se que a definição de museu adotada pelo ICOM é aberta o suficiente para abarcar uma ampla variedade de instituições, de modo que os centros de ciências podem ser enquadrados como museus. Porém, sendo considerados museus ou não, há que diferenciá-los dos museus de ciências, uma vez que os centros de ciências têm suas particularidades. O aspecto que consideramos mais importante para caracterizá-los como instituições diferenciadas em relação aos museus de ciências é o propósito principal de suas atividades, sempre direcionadas à popularização da Ciência, sem compromisso de construir uma coleção de caráter histórico para a conservação da memória da Ciência.

3.5 Planetários

Se os museus interativos de ciências e centros de ciências são espaços para a popularização da Ciência em geral, os planetários, com sua capacidade de projetar uma imagem artificial do céu, são locais dedicados particularmente à popularização da Astronomia.

Não são recentes as tentativas de reproduzir o firmamento aqui na Terra, tampouco os movimentos que os astros nele executam. As primeiras remetem ao grego Arato (c.310-240 a.C.). Essas primitivas representações eram mapas do céu desenhados sobre esferas, portanto estáticas, que reproduziam a configuração celeste com as principais estrelas e constelações, omitindo os planetas. Como as estrelas parecem não se mover umas em relação às outras, mantendo a configuração estável do céu, é possível representá-las em um mapa. Por outro lado, as posições dos planetas entre as estrelas variam com o passar do tempo, sendo

perceptíveis em dias ou meses, dependendo do planeta. Assim, não é possível representá-los em um desenho permanente. Pelo mesmo motivo, não eram representados o Sol e a Lua. O termo “planetário” originalmente se referia a um dispositivo mecânico capaz de demonstrar os movimentos dos planetas. Como esses globos não são capazes de fazê-lo, são tratados pelo neologismo “estelário” (ASTRONOMIA [...], 1985).

Provavelmente o primeiro instrumento capaz de simular os movimentos dos astros celestes foi construído por Arquimedes (287-212 a.C.). Esse aparelho se perdeu, mas, segundo relatos de Cícero (106-43 a.C.), constava de uma esfera oca que reproduzia o céu estrelado contendo no seu interior outras esferas que representavam os cinco planetas, o Sol e a Lua. Com esse equipamento era possível simular os movimentos dos astros na abóbada celeste, eclipses solares e lunares e as fases da Lua (BARRIO, 2002).

Com o tempo, as dimensões desses globos ficaram cada vez maiores. O estelário construído por Tycho Brahe (1546-1601), astrônomo dinamarquês, era de madeira com diâmetro de 1,80 m. Entre 1654 e 1664, a pedido do Frederico III (1597-1659), duque de Holstein-Gottorp, construiu-se um globo oco de cobre com 4,0 m de diâmetro, que permitia às pessoas adentrarem no seu interior. Na superfície externa da esfera estavam representados os continentes e oceanos e na superfície interna as estrelas e as figuras das constelações. Um mecanismo girava o globo que dava uma volta a cada 24 horas e cujo eixo de rotação apresentava inclinação em relação à vertical de $54,5^\circ$, a latitude do local onde foi instalado. O último grande modelo deste tipo tinha diâmetro de quase cinco metros, foi construído em 1913 e instalado no *Museum of the Chicago Academy of Sciences*. Nele se representava cerca de 700 estrelas, as fases da Lua, as posições dos planetas no decorrer do ano e o deslocamento do Sol pelo céu. Um motor elétrico provia os movimentos necessários (BARRIO, 2002).

O planetário de projeção foi criado na década de 1920, produzido pela empresa alemã Carl Zeiss Jena, ainda hoje uma das principais fabricantes mundiais de planetários, para o *Deutsches Museum München*. Ainda que a designação de planetário se aplique especificamente ao equipamento projetor capaz de reproduzir artificialmente o aspecto do céu, hoje se usa indiscriminadamente o termo tanto para o projetor em si quanto para todo o complexo que abriga este equipamento. Esse primeiro planetário era constituído basicamente por uma sala com teto em forma de cúpula, no centro da qual um dispositivo óptico-eleto-mecânico, o planetário propriamente dito, projetava no teto, com absoluta perfeição, uma reprodução do céu estrelado e simulava com grande realismo os seus movimentos, mas era capaz de simular apenas o céu visto a partir daquela cidade (ASTRONOMIA [...], 1985).

Naquele projetor, havia uma fonte de luz intensa localizada no interior de uma esfera opaca, que continha pequenos orifícios circulares por onde saíam delgados feixes de luz, que, após serem focalizados por um sistema de lentes, incidiam na cúpula de projeção e formavam as imagens da maior parte das estrelas visíveis no firmamento. Utilizando pequenas lâmpadas, dezenas de projetores auxiliares criavam as imagens das estrelas mais luminosas com suas cores próprias. O Sol, a Lua e os planetas resultavam de pequenos projetores independentes, um para cada astro, e era possível ajustá-los de modo a colocar cada astro na posição real que ocupava no céu na data em que ocorriam as apresentações. Todos esses projetores auxiliares estavam conectados ao restante do instrumento de tal modo que giravam com ele e mostravam o deslocamento dos astros com o decorrer do tempo (ASTRONOMIA [...], 1985).

Segundo Barrio (2002), o grande impacto causado pelas apresentações do planetário de projeção resultou em uma grande quantidade de encomendas, de várias regiões. Isso obrigou os técnicos da Zeiss a adaptá-los à latitude de cada local de instalação. Logo em seguida, foram criados os projetores com duas esferas, uma para cada hemisfério terrestre, que podiam reproduzir o céu visto de qualquer lugar da superfície do planeta.

Com o tempo, esse modelo de projetor planetário foi sendo aperfeiçoado. O uso de mais motores elétricos permitiu girar com velocidade controlada o projetor planetário em torno de diferentes eixos de modo a simular o movimento diário da esfera celeste e o movimento anual do Sol pelas constelações no intervalo de tempo que se desejasse. Foram incluídos projetores especiais para reproduzir fenômenos como meteoros, estrelas variáveis e eclipses e tornou-se possível projetar as figuras das constelações e simular o entardecer e a alvorada, entre outros efeitos.

Com o auxílio de aparelhos desvinculados do projetor principal, fotos de planetas, satélites e nebulosas puderam ser projetadas na cúpula. Posteriormente, em meados da década de 1970, os projetores de vídeo passaram a ser utilizados no interior dos planetários, possibilitando a exibição de vídeos que mostram algum fenômeno celeste.

A evolução da tecnologia levou à construção de projetores que possibilitam simular o céu visto de qualquer ponto do Sistema Solar, ao contrário dos anteriores que permitiam apenas a simulação da visão a partir da superfície da Terra. A utilização de fibras ópticas permitiu a reprodução mais fiel do brilho e da cor de cada estrela, tornando o céu simulado ainda mais fiel ao céu real.

Mesmo com todos esses acessórios que deram mais dinamismo às apresentações, a característica mais interessante desses planetários permaneceu inalterada: a capacidade de reproduzir fielmente o céu estrelado visto de vários locais. Assim, o espectador pode ver

como é e como se movimenta o céu em outros locais do planeta sem sair do local onde mora. Além disso, o planetário pode fazer o tempo fluir de maneira arbitrária, para frente ou para trás, lenta ou rapidamente, fazendo uma noite ou mesmo anos transcorrerem em poucos minutos. Isso permite ao espectador visualizar os movimentos da abóbada celeste, as mudanças que nela ocorrem com a passagem dos dias e meses, as fases da Lua, tudo isso em alguns minutos.

Todas essas mudanças, embora tenham agregado muita qualidade às apresentações, foram periféricas e não alteraram o modo de funcionamento do coração do planetário, que seguiu sendo um projetor óptico-eleto-mecânico. Embora tenha sido produzida grande variedade de modelos de planetários dessa geração, de diferentes fabricantes, todos têm características semelhantes àquele primeiro, produzido pela Zeiss, e permitem apresentações em recintos de diferentes tamanhos. As dimensões das cúpulas onde são realizadas as projeções nos planetários variam tipicamente entre 6 e 25 metros de diâmetros e a impressão que se tem de estar realmente sob um céu estrelado é sensivelmente mais realista num planetário de cúpula grande.

Em meados da década de 1980 a interatividade chegou aos planetários quando foram realizadas as primeiras experiências com um sistema que, por meio de botões nos braços dos assentos, permitia ao público dirigir a apresentação, que simulava um passeio pelo sistema solar. O apresentador desempenhava o papel de condutor da astronave, mas quem determinava o roteiro da viagem era o público (RATCLIFF, 2001).

Diferentemente dos museus de ciências que, na busca de melhorar seu desempenho educacional, tornaram-se interativos no relacionamento com visitantes, nos planetários, a interatividade proposta se deu apenas no sentido de apertar botões para decidir qual o destino da apresentação e não com o intuito de se obter uma maior participação cognitiva do espectador.

A geração seguinte de planetários trouxe grandes alterações no processo de geração de imagens. Não há mais partes mecânicas, o processo é todo eletrônico. A reprodução do céu, dos movimentos e fenômenos que nele ocorrem são gerados por meio de computação gráfica e as imagens assim produzidas são projetadas na cúpula por equipamentos especialmente construídos para projeções em uma superfície esférica. Apoiando-se em sofisticados equipamentos computadorizados e de tecnologia avançada, esses planetários permitem apresentações mais empolgantes, com efeitos sonoros e visuais.

Os planetários digitais também possibilitam a projeção de filmes na cúpula, fazendo com que o espectador sinta-se no interior da paisagem. Essa tecnologia é chamada de vídeo de

cúpula plena, em que imagens cósmicas, geradas digitalmente por grandes sistemas computacionais, são projetadas por meio de uma série de projetores de vídeo de alta resolução, abrangendo toda a cúpula. Imagens digitais de até doze projetores separados são alinhavadas numa única paisagem hemisférica de 360°, sem qualquer emenda. Esse sistema leva o público para as profundezas do espaço, como se fosse uma viagem de verdade, com a vantagem de utilizar imagens reais, obtidas por telescópios e sondas espaciais, ao invés de ilustrações artísticas (RATCLIFF, 2001).

Os vídeos podem ser gerados de dois modos, pré-gravados ou em tempo real. O modo pré-gravado oferece alta resolução, mas nenhuma interatividade. Produções que utilizam esta técnica geram imagens bastante vivas e detalhadas. No modo em tempo real, as imagens são geradas pelos computadores à medida que o público as vê. Com trinta quadros por segundo, e tipicamente seis milhões de pixels por segundo, o processo requer um imenso gerador de imagens, equivalente a cerca de setenta microcomputadores pessoais funcionando em paralelo. A vantagem de tal sistema é a possibilidade de interação com as cenas da cúpula, transformando o planetário num simulador espacial onde a exploração está nas mãos do público, que utiliza um teclado com alguns botões, localizado no braço da poltrona, para escolher as ações que deseja executar.

Devido a essa evolução tecnológica, os espaços dos planetários estão deixando de ser um local apenas de popularização da Astronomia e transformando-se em um teatro, no qual podem ser criados os mais diversos tipos de situações. O espectador pode ser levado para uma viagem espacial pelo Sistema Solar, para o fundo do oceano, ou para o antigo Egito, ultimamente inclusive com visão tridimensional.

Porém, nem todos os planetários com projetores digitais dispõem de equipamentos para executar todas as situações descritas acima. Alguns podem apenas realizar as mesmas funções dos projetores óptico-eleto-mecânicos, outros podem projetar vídeos sem permitir a interação com o público; apenas os mais sofisticados executam tudo o que foi descrito.

Além dos equipamentos para as projeções das sessões na cúpula, muitos planetários possuem outros instrumentos externos, tais como relógios solares e telescópios utilizados em programas regulares de observação do céu, tanto noturnos, nos quais podem ser observados diversos astros, como planetas, nebulosas e a Lua, quanto diurnos, nos quais a observação se concentra no Sol. Espaços destinados a exposições, projeções de vídeo e acesso a telescópios remotos, entre outros, também podem compor o conjunto do planetário.

Existem também planetários portáteis, ou móveis, que apresentam a vantagem de poderem ser instalados nos mais diversos locais, como centros culturais ou comerciais, clubes,

praças públicas e instituições de ensino, podendo até serem adquiridos por estas últimas, uma vez que o custo de um planetário desse tipo é muitíssimo inferior ao de instalação de um planetário fixo.

Os projetores utilizados nos planetários portáteis podem ser óptico-eleto-mecânicos ou digitais com características semelhantes aos dos planetários fixos, porém com menos recursos, o que proporciona apresentações mais pobres. Há um terceiro tipo, em que o sistema de projeção é composto por uma lâmpada no interior de um cilindro feito com um material semelhante a um filme fotográfico, na superfície do qual estão impressas as imagens a serem projetadas, como um *slide*. Acoplados ao cilindro, existem pequenos projetores para cada planeta e também para o Sol e a Lua, que podem ser ajustados manualmente para reproduzir as posições de cada um desses astros no dia que se desejar. O cilindro gira em torno de um único eixo de modo a simular apenas o movimento diurno do céu. A mudança da latitude do observador pode ser feita por meio de um ajuste manual da inclinação do eixo de rotação do cilindro.

As imagens gravadas nos cilindros são de temas variados, de modo que a projeção não precisa ser necessariamente uma reprodução do céu e seus movimentos, mas também figuras das constelações ou imagens mitológicas, o que permite apresentações diferenciadas.

3.6 Ambientes de imersão

O avanço tecnológico não proporcionou apenas o desenvolvimento das técnicas de projeção que revolucionaram os planetários, mas também alterou de forma significativa o comportamento da sociedade no que se refere a entretenimento e comunicação, sobretudo nas regiões urbanas, mas não só nestas. De acordo com Oliveira (2004) todo novo modo de comunicação que se cria traz como consequência um processo de encurtamento de distâncias e gera uma nova forma de armazenamento e disseminação do conhecimento, interferindo na maneira de cada indivíduo vivenciar e experimentar o espaço. O autor cita como exemplo a invenção da escrita que permitiu a transmissão da mensagem de forma precisa e perene sem que o emissor se encontrasse fisicamente presente, ampliando seu espaço de comunicação.

Atualmente, 5.000 anos após a invenção da escrita, o desenvolvimento da tecnologia computacional e da robótica permite experiências pessoais que vão muito além do simples contato com um texto. O aproveitamento de novas tecnologias em prol do ensino e da popularização do conhecimento, em especial das Ciências da Natureza, tem sido proposto de várias formas, entre eles a utilização de ambientes de imersão (MEES, 2004).

O conceito de imersão está relacionado com o sentimento de se estar integrado ao ambiente, no interior dele. Uma imersão pode ocorrer, entre outras situações, a partir da leitura de um texto, que é pouco real, da participação de um jogo, na tela de um monitor ou com o uso de capacetes, e atinge sua máxima expressão na realidade virtual, em que a imersão é múltipla, como ocorre, por exemplo, nos simuladores de voo. Vê-se, então, que o envolvimento não é exclusivo do ambiente de imersão, mas é essencial a ele, de modo que um ambiente de imersão deve acionar fatores emocionais em quem nele imerge. Além do fator visual, os outros sentidos humanos também são importantes para a sensação de imersão, a qual deve proporcionar o envolvimento com a situação vivida (BURDEA; COIFFET, 2003).

No entanto, o grau de imersão depende da habilidade do usuário em integrar-se ao ambiente e a imaginação tem importância fundamental nesse processo. Levada por sua imaginação, uma pessoa pode atingir alto grau de imersão, mesmo com a simples leitura de um texto. Porém, se não deixar a imaginação fluir, pode não se integrar ao ambiente de imersão, mesmo com o uso de equipamentos de tecnologia avançada.

Nos equipamentos de realidade virtual, espaços abstratos são constituídos por computadores que permitem a conexão e a interação entre os usuários e também com a máquina. As interfaces entre a máquina e os sistemas sensoriais humanos permitem romper a fronteira entre o espaço real e o espaço construído, abrindo um enorme leque de possibilidades de novas vivências a serem exploradas. O espaço real ou imaginário criado pelo computador e vivenciado visualmente em três dimensões pode até propiciar sensações táteis, sonoras ou olfativas, aproximando cada vez mais a experiência virtual da realidade concreta, de modo a levar o indivíduo, por exemplo, a um passeio pelo interior do corpo humano, uma visita à Roma antiga ou uma viagem à época em que a Terra era habitada pelos dinossauros (OLIVEIRA, 2004).

Souza (2003) afirma que a utilização de ambientes de realidade virtual nas escolas está fora de cogitação no momento, devido ao alto custo dos equipamentos, mas que talvez no futuro², com a produção em larga escala, o custo desses equipamentos se torne compatível com os orçamentos das escolas. Entretanto, se o custo ainda é elevado para a maior parte das escolas, não o é para os centros de ciências, de modo que logo haverá equipamentos deste tipo disponibilizado para o público nesses locais.

Embora de uma maneira não tão sofisticada como a realidade virtual, o espaço da cúpula do planetário é um local em que o indivíduo é colocado numa situação de imersão em

² Entre essa afirmação e a data de conclusão deste trabalho, o custo tem caído acentuadamente e o “no futuro” começa a ser presente.

um ambiente tridimensional simulado. Esta condição intrínseca de imersão apresentada pelos planetários é uma vantagem que pode ser explorada de modo intenso em toda e qualquer atividade que se desenvolva com projeções na cúpula.

3.7 Planetários no Brasil

As sessões de planetários no Brasil³ tiveram início no ano de 1957, com a inauguração do Planetário Municipal do Ibirapuera, hoje Planetário Professor Aristóteles Orsini, ligado à Prefeitura de São Paulo. A previsão inicial era inaugurá-lo como parte das comemorações do IV centenário da cidade, em 1954, mas atrasos nas obras impediram que isso acontecesse. Impediram também que fosse o primeiro planetário sul-americano, pois em 1955 foi inaugurado o *Planetario Municipal de Montevideo*, Uruguai.

O segundo planetário implantado no Brasil foi o da Escola Naval do Rio de Janeiro, em 1961. Ligado ao Departamento de Geociências daquela escola, sua finalidade principal era o ensino de fundamentos de astronomia para os alunos e não era destinado ao público mais amplo, como foi o caso do pioneiro, em São Paulo.

Passaram-se quase dez anos até que surgisse um novo planetário no Brasil, mas no período entre 1970 e 1978 foram instalados sete. Quatro deles eram ligados às Universidades Federais de Goiás, de Santa Catarina, de Santa Maria e do Rio Grande do Sul, dois aos poderes executivos da cidade do Rio de Janeiro e do Distrito Federal e um ao Colégio Estadual do Paraná. Note-se que dos sete planetários, cinco estavam ligados a instituições de ensino e seis deles foram adquiridos com recursos do então Ministério da Educação e Cultura, por meio de um acordo comercial existente na época entre os governos do Brasil e da República Democrática Alemã. Esses fatos apontam para certo viés educacional na intenção da implantação desses planetários. Não que eles se mantivessem fechados ao público em geral, mas o direcionamento preferencial das atividades desses planetários era para o público escolar.

A partir da década de 1980, embora continuassem a ser instalados planetários ligados a instituições de ensino, começam a aparecer os integrados a estruturas de espaços culturais, como o da Fundação Espaço Cultural da Paraíba, em 1982, e o do Museu Dinâmico de Ciências de Campinas, em 1987. Tem-se, então, uma guinada para a popularização da

³ Grande parte das informações contidas neste item foi obtida nos seguintes sítios da rede mundial de computadores: <<http://planetarios.org.br>>, da Associação Brasileira de Planetários, e <<http://www.uranometrianova.pro.br>> .

Astronomia também para fora do ambiente escolar, mas os planetários ainda continuaram tendo uma forte tendência de relacionar-se com as escolas.

Praticamente em todos os planetários brasileiros existem sessões de projeção na cúpula destinadas exclusivamente ao público escolar, as quais devem ser previamente agendadas, em geral com antecedência considerável, dada à intensa procura. Essas sessões ocorrem preferencialmente entre as segundas e as sextas feiras, tanto no período matutino quanto no vespertino, sendo poucos os planetários que recebem visitas de escolas também no período noturno. As projeções destinadas ao público em geral concentram-se nos finais de semanas e feriados.

Até a data do término deste trabalho, existiam no Brasil 34 planetários fixos instalados em distintos ambientes. Desse total, dois não estavam operando no momento. Entre os planetários brasileiros, há os que estão alojados no interior de escola ou campus universitário, os que se localizam em parques públicos, funcionando de forma isolada, e os que fazem parte de um espaço cultural mais amplo, sendo um de seus componentes, ao lado de museus, teatros, bibliotecas, salas de exposições, entre outros. Há ainda uma quantidade difícil de determinar de planetários móveis, ou portáteis, adquiridos por escolas, clubes, associações de astronomia, entre outras instituições, e que não estão cadastrados na Associação Brasileira de Planetários.

Tabela 3 – Capacidade de público dos planetários brasileiros

Característica	Capacidade	Quantidade
Mini-planetário	Até 50 lugares	7
Planetário de pequeno porte	De 51 até 100 lugares	15
Planetário de médio porte	De 101 até 180 lugares	8
Planetário de grande porte	Acima de 180 lugares	4
Total		34

Fonte: Sítios da rede mundial de computadores: <<http://planetarios.org.br>> e <<http://www.uranomestrianova.pro.br>>

Em termos de capacidade de público, os planetários brasileiros fixos podem ser considerados pequenos, pois, como pode ser observado na tabela 1, cerca de 2/3 deles não comportam mais do que 100 pessoas por sessão e apenas 4 acomodam mais de 180 pessoas.

Além da cúpula para projeção, muitos planetários brasileiros têm outras instalações integradas ao seu espaço físico, como bibliotecas, recintos para exposições, auditórios, salas

de aula, relógios de sol e telescópios. Isso permite que proporcionem ao público outras atividades de popularização da Astronomia além da sessão de cúpula, como palestras, oficinas, cursos e sessões de observação do céu a olho nu ou ao telescópio, entre outras.

Ao investir em outras atividades culturais, alguns planetários brasileiros têm proporcionado ao público eventos diversificados em suas instalações. Têm ocorrido lançamentos de livros, encenações de peças teatrais, apresentações de espetáculos musicais isolados ou acompanhados de projeção na cúpula.

A articulação de conhecimentos astronômicos com manifestações artísticas possibilita ao público estabelecer novas reflexões acerca do universo e transforma os planetários em algo maior do que um espaço de popularização da Astronomia. São espaços onde se vive cultura, em seu sentido mais amplo.

3.8 Educação formal e não formal

Marandino et al. (2004), após analisarem extensa bibliografia, mostraram que não há consenso a respeito de um significado preciso para os conceitos de educação formal, educação não formal e educação informal e afirmam ser necessário aprofundar o estudo do tema e estabelecer parâmetros objetivos para diferenciá-los, o que não ocorreu até o término deste trabalho.

Reconhecendo a falta de exatidão na utilização desses termos, assumiremos, mesmo correndo o risco de sermos imprecisos, que a educação formal é aquela que ocorre em instituições educacionais institucionalizadas, as escolas, incluindo as de ensino profissionalizante e de treinamento. Por consequência, é hierarquicamente estruturada e cronologicamente distribuída, desde a educação básica até a superior. A educação não formal é aquela que ocorre por meio de alguma atividade educacional intencional, organizada e sistemática, que normalmente ocorre em instituições alheias ao sistema formal – quer operando separadamente ou em conjunto com ele – e que se destina a um público específico e com objetivos determinados.

Assim, consideramos que os museus, os centros de ciências, os zoológicos e os planetários, entre outros, ao buscarem a popularização científica, atuam como espaços onde pode ocorrer a educação não formal, quando suas intervenções forem propositalmente educativas e houver o envolvimento esperado por parte do visitante.

3.9 Aprendizagem nos espaços não ou menos formais de educação

Nas últimas décadas, os museus e os centros de ciências têm procurado se estabelecer como importantes componentes na cadeia de educação dos cidadãos, e pesquisas têm mostrado que, de um ponto de vista pedagógico, suas potencialidades para atingir esse objetivo são enormes (MARANDINO, 2001).

A visita a esses espaços, quando de forma voluntária, é caracterizada pela liberdade, pois é o visitante que escolhe o roteiro a ser seguido, movido por seu desejo e curiosidade. Quando a visita se dá por instituições do sistema formal de educação, geralmente os estudantes são reunidos em grupos, e a liberdade fica restringida. De um modo ou de outro, a aprendizagem nesses espaços se dá de forma ativa e individualizada, pois as pessoas que os frequentam trazem diferentes conhecimentos anteriores, experiências, atitudes e interesses. Outra característica é que a aprendizagem se dá de forma espontânea, uma vez que não há avaliações nem competição (SAAD, 1998).

Hoje, cada vez mais, tem-se buscado a integração desses espaços de educação não formal com a educação formal, pois, de acordo com Vieira, Bianconi e Dias (2005), essa integração permite que se atenuem algumas das carências materiais das escolas, como ausência de laboratórios e de recursos áudio-visuais, importantes instrumentos para estimular o aprendizado. Se essa integração for bem estruturada, os espaços não formais de ensino podem auxiliar de forma significativa a educação formal.

Concordando com essa afirmação, Barrio (2002) comenta que os planetários em particular têm grande valor educativo e que, para potencializá-los, é necessário existir conexão entre os objetivos propostos e os conteúdos estudados nas escolas e os das sessões dos planetários, o que pode ser conseguido por meio de uma comunicação constante entre os professores e os profissionais dos planetários.

Para Saad (1998), a colaboração das instituições de educação não formal para com o ensino formal pode ocorrer de diversas formas, como por meio da proposição de situações e/ou experimentos interativos, desafiadores e atraentes para os alunos, apresentando exposições periódicas sobre temas científicos, sejam os mais avançados no momento ou fazendo o histórico da sua evolução, organizando um conjunto de experimentos que possam ser acessados pelas escolas, oferecendo apresentações dinâmicas e interativas de experimentos científicos capazes de atingir o emocional dos espectadores, oferecendo cursos de atualização para professores, entre outras atividades.

Também podem auxiliar em situações especiais, impossíveis de serem realizadas na escola. Por exemplo, a possibilidade proporcionada pelos planetários de colocar o estudante

numa situação de imersão total no ambiente é algo irrealizável por outros meios, desde livros até computadores. E o estudo da Astronomia, uma ciência muito ligada à observação, empobrecido quando limitado aos livros, ganha dimensões muito mais amplas, quando se simulam fenômenos celestes nos planetários.

Mas a tarefa das instituições não formais de educação é popularizar a ciência e não podem assumir um papel que é da escola. Não se pode justificar a ausência de laboratórios, de material didático de apoio ou de acervos nas bibliotecas, contando com a atuação das instituições de educação não formal. A função dessas instituições não é competir com as escolas nem substituir o ensino formal. Não se aprende ciências apenas frequentando museus e centros de ciências. Seus equipamentos entusiasma o público, tornam o aprendizado mais dinâmico, mas não possibilitam a dedicação e o exercício necessários à estruturação do pensamento científico. Seu papel é complementar ao ensino formal, pode ser tanto um instrumento motivador quanto pedagógico, mas seu principal objetivo deve ser estimular a curiosidade das crianças e revivê-la nos adultos (ROW, 1998). Talvez seja justo complementar essas assertivas lembrando que, igualmente, não se aprende ciências apenas frequentando aulas...

Na tentativa de atrair grande quantidade de visitantes, as instituições não formais de educação não podem, entretanto, optar demasiadamente pelo espetáculo, não podem se transformar apenas em locais de diversão científica. É fundamental explicar os conceitos, mostrar como as teorias foram elaboradas, que são construções humanas e, por isso, desenvolvidas sob crenças e condições sociais de uma determinada época. Mostrar que a ciência e a tecnologia podem contribuir ou até desencadear transformações sociais, podem melhorar a qualidade de vida da população, desde que todos os segmentos sociais sejam beneficiados por seus resultados.

Nessa linha, Barrio (2002) discorre sobre o conhecimento astronômico que é apresentado ao público nos planetários. Afirmo que há uma opção dominante pelo quê, sendo o como muito pouco explorado e o porquê quase totalmente ausente. Comenta que para conciliar esses três aspectos é necessário articular as visitas ao planetário com os momentos de educação formal, destacando que as primeiras não devem ser esporádicas, sem continuidade.

Isso seria factível se as visitas aos planetários fossem algo rotineiro durante a vida escolar dos alunos, o que não é o caso no nosso país. Além de serem pouquíssimos, os planetários brasileiros, em grande parte, são de pequeno porte e localizam-se nas capitais ou em cidades com grande concentração populacional, o que dificulta a visita por alunos

residentes em regiões distantes destes grandes centros. Mesmo as escolas mais próximas encontram dificuldades, uma vez que o número de escolas é muito grande, congestionando a agenda de visitas e tornando inviáveis vários retornos aos planetários.

Dadas essas dificuldades, o mais comum é os alunos assistirem a uma única sessão no planetário por ano, ou ainda uma única durante toda a Educação Básica e quiçá uma única vez na vida, de modo que não há atualmente como manter o relacionamento entre os planetários e o ensino formal sugerido por Barrio (2002). Assim, torna-se necessário aproveitar ao máximo as pouquíssimas, quando não única, visitas aos planetários realizadas pelos estudantes.

Para isso, deve-se considerar as dimensões dos planetários, que podem ser separados em dois grupos com relação à sua capacidade de acomodação do público: os pequenos, quando abrigam dezenas de pessoas, e os grandes, com capacidade para centenas de assistentes. Matsuura (2007) os compara, respectivamente, a capelas e catedrais, e considera que nos primeiros deva ocorrer uma apresentação mais pessoal e intimista, uma vez que o apresentador mantém um contato mais próximo com o público e, muitas vezes, tem oportunidade de operar manualmente o equipamento de projeção, o que permite maior flexibilidade na apresentação, adaptando-a ao comportamento do público.

Quanto aos grandes planetários, o autor considera que neles as sessões devam ocorrer de forma mais solene e impessoal, tendendo mais para o espetáculo do que para a aula, privilegiando mais o lado emocional e menos o conhecimento racional. A amplidão do ambiente favorece esta posição, uma vez que coloca o espectador em uma situação de imersão que reproduz de forma bastante eficaz o meio real.

Qualquer que seja o tamanho do planetário, as apresentações deveriam procurar seguir a escala de prioridade para o tipo de interatividade desejável proposta por Wagensberg (2000). A interatividade *hands-on*, considerada conveniente, não se aplica nas sessões de cúpula dos planetários, uma vez que não há como o visitante tocar e manipular algo durante as apresentações. A interatividade *minds-on* deve então ser a mais importante, que poderá ser atingida se existir a *hearts-on* como suporte.

As apresentações precisam então buscar imagens e sons que causem impactos no público. Os textos deveriam abranger uma gama restrita de temas, evitando o excesso de informações e procurando cativar e envolver o público, explorando o fascínio natural que a visão de um céu estrelado proporciona à maioria das pessoas.

Nessa linha, Santos Junior, Klafke e Falcão (1999) afirmam que nas atividades em que as pessoas estão em lazer, o que é a situação mais comum nos grandes planetários, não se deve ter por objetivo que as pessoas compreendam de forma clara, imediata e direta os

conceitos a elas apresentados, mas tentar proporcionar-lhes um lazer cultural que seja capaz de provocar reflexões e inquietações sobre os problemas apresentados de modo a despertar-lhes a curiosidade sobre o assunto e induzi-la a buscar esses conhecimentos por sua própria vontade.

Embora as propostas se refiram especificamente às apresentações para o público em geral e nos grandes planetários, consideramos que também devam ser seguidas nas apresentações para grupos de alunos e nos pequenos planetários, já que, por muitas vezes, será a única visita a esses espaços.

4 DIFERENTES SIGNIFICADOS DO CÉU

Os fenômenos celestes ocorrem sem alterações significativas desde muito antes do surgimento da espécie humana sobre a Terra. Durante o dia é o Sol que domina a paisagem celeste. No alvorecer, surge avermelhado no horizonte leste; à medida que vai se elevando no céu, torna-se amarelado e atravessa o firmamento, até se pôr, novamente avermelhado, no horizonte oeste. Com a diminuição da claridade, as primeiras estrelas, e um ou outro planeta, aparecem na luz crepuscular. O avançar da noite propicia um maior escurecimento do céu e mais e mais estrelas se tornam visíveis. Uma faixa esbranquiçada corta o firmamento de leste a oeste, composta de muitas estrelas de brilho intenso, mas principalmente de milhares de estrelas de fraco brilho, tantas que nem mesmo é possível percebê-las isoladamente, mais parecendo um tapete contínuo e lúcido. Com o transcorrer do tempo, novas estrelas se levantam no horizonte leste enquanto outras vão se pondo no oeste. A Lua surge apenas com a metade de seu disco visível e vai se elevando no firmamento. Às vezes, um risco brilhante corta o céu. O tempo avança e uma luminosidade começa a surgir no leste, a princípio tênue, posteriormente vai colorindo o firmamento de tons alaranjados. Mais um pouco e surge Sol, as estrelas já não são mais visíveis, mas é possível ver a Lua em seu quarto minguante no alto do céu.

Dia após dia esse espetáculo se repete. A cada novo amanhecer, o Sol vai lentamente mudando o ponto em que nasce no horizonte e também a altura que atinge no céu ao meio-dia, num movimento de ir e vir na direção norte-sul que se completa em um ano. À noite, os desenhos formados pelas estrelas não se alteram, mas nascem um pouquinho mais cedo a cada dia. Entre elas, os planetas vagueiam deslocando-se em uma estreita faixa do céu. A Lua vai mudando seu aspecto, minguando até desaparecer do firmamento para retornar dias depois e crescer até se transformar em um disco brilhante, num minguar e crescer interminável. Ocasionalmente, um cometa com sua longa cauda desponta entre as estrelas, tumultua a ordem e introduz um elemento estranho ao eterno repetir dos acontecimentos celestes.

Eventualmente a lua cheia principia a desaparecer pouco a pouco no decorrer da noite, torna-se um disco avermelhado para depois, aos poucos, retomar sua intensa luminosidade. Mais raro é o desaparecimento do Sol durante o dia que, quando ocorre, rompe drasticamente a ordenação natural de períodos de claridade e escuridão.

Ao observar estes fenômenos e na tentativa de descrevê-los e entendê-los, os seres humanos projetaram seus sentimentos, anseios e inseguranças no céu, criaram deuses,

imagens e símbolos que se entrelaçaram no imaginário coletivo. As lendas e mitos de muitas civilizações, que tiveram como pano de fundo o céu e os astros, contribuem para revelar a história cultural do ser humano. Elas foram associadas ora a convicções religiosas, ora à determinação do destino humano, a exemplo de oráculos e horóscopos e, ainda hoje, essas visões permanecem no ideário e no folclore de muitos povos.

As diversas relações que nossa espécie estabeleceu com o céu mostram como cada povo viu sua conexão com o mundo e sua imersão nele, refletindo a diversidade de significados, crenças, anseios e valores que caracterizaram cada cultura, revelando o sentido que cada uma atribuía à existência humana.

Pertencentes a povos espalhados por todo o planeta, nas mais variadas épocas, são incontáveis os relatos sobre os céus e dos seres neles imaginados. Significativos, originais e criativos, são tantos que é virtualmente impossível reuni-los em poucas, ou mesmo muitas, páginas. Explicitaremos poucos exemplos para mostrar algumas interpretações que o ser humano construiu ao longo da história a respeito do céu e dos fenômenos que nele ocorrem.

4.1 Os céus e a terra como entidades distintas

A frase “no princípio...” geralmente invoca a presunção humana de explicar a origem do mundo e de tudo o que nele existe, materializar o instante e o processo da criação. O alicerce das coisas está em sua origem e é a partir dela que se desenvolve a sua existência. No modo científico de agir, para tentar descrever o que há agora e o que houve no passado baseamo-nos no que sabemos hoje e retroagimos, procurando o processo inicial da criação, obtendo resultados que são indiretos. Mas a busca do que ocorreu além do início da existência parece encontrar uma placa indicando “passagem proibida”, que só pode ser atravessada infringindo as leis vigentes, ou seja, recorrendo ao mito, o que nos leva para um campo um tanto mágico, de incertezas e especulações.

Os mitos sobre a origem do mundo não tratam apenas do surgimento da terra e dos céus, mas também de tudo mais como as plantas, os animais, as doenças, o bem, o mal e até os deuses. Os mitos e seus relatos incorporam-se aos rituais religiosos, uma vez que ambos se relacionam com os acontecimentos fundamentais da vida, seja social, econômica ou familiar, como o plantio e colheita das lavouras, por sua vez ligados às estações do ano, a união conjugal, as relações familiares, o nascimento de uma criança, ou a morte de um idoso. Tão importantes são os mitos da criação do mundo que, para alguns povos, seu relato solene tem o

poder de curar doenças ou imperfeições, pois como são lembranças das origens, levam consigo a esperança de renascimento ou revitalização.

Inúmeros relatos descrevem a criação do universo, a exemplo do *Big Bang*, que hoje nos intriga e também espanta. Foram elaborados por povos de todo o mundo e trazem consigo uma grande riqueza de pensamentos. Os que propõem a existência de um único momento para a criação são os mais numerosos. Nesses relatos, a criação pode ocorrer a partir da ação de um ou mais seres superiores, ou partir do nada, sem a intervenção de qualquer entidade, ou ainda por meio da ruptura entre a ordem e o caos. Outros supõem um universo eterno, que pode ser linear ou cíclico, mas sem um momento de criação (GLEISER, 1997).

Talvez a narração da criação do mundo mais conhecida no Brasil, devido às religiões aqui predominantes, seja a constante no Gênesis, da Bíblia Sagrada. De acordo com este relato, o mundo é criado por um ser superior.

No começo Deus criou o céu e a terra. Não havia ordem nem vida na terra, que era toda coberta por um mar profundo. A escuridão cobria o mar, e o Espírito de Deus se movia por cima da água.

Então Deus disse:

- Que haja luz!

E a luz começou a existir. Deus viu que a luz era boa e separou a luz da escuridão. Deus pôs na luz o nome de “dia” e na escuridão pôs o nome de “noite”. A noite passou, e veio a manhã. Esse foi o fim do primeiro dia.

Então Deus disse:

- Que haja no meio da água uma divisão para separá-la em duas partes: uma parte ficou do lado de baixo da divisão, e a outra parte ficou do lado de cima. Nessa divisão Deus pôs o nome de “céu”. A noite passou, e veio a manhã. Esse foi o segundo dia.

[...] Então Deus disse:

- Que haja luzes no céu para separarem o dia da noite e para marcarem os dias, os anos e as estações. Essas luzes brilharão no céu para iluminarem a terra. E assim aconteceu. Deus fez as duas grandes luzes: o maior para governar o dia e a menor para governar a noite. E fez também as estrelas. Deus pôs essas luzes no céu para iluminarem a terra, para governarem o dia e a noite e para separar a luz da escuridão. E Deus viu que o que havia feito era bom. A noite passou, e veio a manhã. Esse foi o quarto dia.

[...] Assim terminou a criação do céu e da terra e de tudo o que há neles. No sétimo dia Deus acabou de fazer todas as coisas e descansou de todo o trabalho que havia feito. Então abençoou o sétimo dia e o separou como um dia sagrado, pois nesse dia ele acabou de fazer todas as coisas e descansou. E foi assim que o céu e a terra foram criados. (A BÍBLIA [...], 1988, p. 2-3).

Deus age, cria o mundo, é o próprio processo criador, é onipotente, está além do universo e o contém. Em outros dias, não explicitados aqui, criou os seres vivos e os colocou na terra e no ar, e no céu foram colocados os astros que devem iluminar a terra e reger o tempo. Percebe-se a clara separação entre o céu e a terra e a dotação do céu de instrumentos

para controlar o andamento das coisas na terra, indicando que aquele deveria pertencer a uma categoria superior a esta.

Em um mito polinésio da criação, relatado por Martins (1994), também um ser supremo, *Io*, cria o mundo e estabelece a separação entre céu e terra. Segundo esse mito, no início havia apenas água e trevas. Utilizando apenas o poder de suas palavras, seu pensamento e sua vontade, *Io* separou as águas e criou a terra e o céu. Ele disse: “Que as águas se separem, que os céus sejam criados e que a terra exista!” Acreditando no poder sagrado das palavras utilizadas por *Io* para criar o mundo, os polinésios as recitam em ocasiões especiais para garantir o sucesso de determinadas ações. Se as palavras de *Io* tiveram o poder de dar energia a todo o universo, então elas também têm o poder de propiciar forças a uma pessoa doente ou velha ou trazer fertilidade a uma mulher estéril.

De modo semelhante ao Genesis, esse mito polinésio conta a criação do mundo por meio da ação de um ser supremo e faz a separação do céu e da terra. Aqui o mito mantém o poder do ser criador, uma vez que pode ser utilizado para revitalizar uma situação de decadência ou reparar uma deformação, para retornar à constituição original perfeita, como agente renovador. Supõe que a “energia” da criação do universo podia ser utilizada para auxiliar o ser humano que se encontre frente a uma adversidade.

Para os índios Guaranis, a figura central da criação do mundo é *Nhanandu*. *Nhanandu* desceu à terra, que era deserta e árida, e criou os mares, as floresta, os animais e tudo o mais que existe sobre a terra, assim como as estrelas no céu. Posteriormente criou os seres humanos a partir da argila e, com um sopro, lhes deu vida. Concluída sua tarefa, retornou ao céu, deixando os homens com os espíritos do bem, *Angatupyry*, e do mal, *Tau*, os quais indicariam ao ser humano os possíveis caminhos que poderia ao seu destino (AFONSO, 2000).

Nesse mito, antes da ação do ser criador, já existiam separadamente céu e terra, mas é necessário que o criador desça do céu para concretizar a vida sobre a terra, colocando outra vez o céu em uma condição superior à da terra.

Os antigos escritos japoneses trazem mais de uma versão para o mito da origem do mundo. No *Nihongi*, um dos antigos livros que se ocupam do mito da criação do mundo e do arquipélago japonês, existe um relato afirmando que, no princípio dos tempos, o céu e a terra estavam unidos. Formavam uma massa caótica semelhante a um ovo, de limites imprecisos. A parte mais pura e leve desprende-se vindo a originar o céu, enquanto a parte mais pesada e densa se depositava, formando a terra (MACLAGAN, 1997).

Essa ideia de um ovo primordial existe em muitas mitologias em diferentes partes do mundo. Nelas se retrata basicamente o estado inicial que existia no universo, uma situação em

que todas as coisas estão unificadas, acontecendo posteriormente a separação entre o céu e a terra. Note-se que o céu foi formado pela parte mais pura, o que lhe associa um caráter de superioridade em relação à terra.

Para o povo Maori, da Nova Zelândia, *Rangi* era o Pai Céu e sua esposa era a Mãe Terra, *Papa*. No início dos tempos, *Rangi*, o céu masculino, e *Papa*, a terra feminina, estavam entrelaçados em um forte abraço, que, de acordo com a vontade de *Rangi*, evitava a criação do mundo. Vários deuses, descendentes de Pai Céu e Mãe Terra, não podiam escapar desse abraço tão forte, por mais que tentassem. *Tane*, o deus do bosque, empurrando seu pai com a cabeça e sua mãe com os pés, finalmente conseguiu se livrar. Separados, o céu e a terra assumiram suas posições atuais (ELIADE, 1998).

De modo diferente dos mitos anteriores, nos quais o mundo é criado a partir do nada ou de um “ovo” primordial, neste ocorre o afastamento dos opostos que já estavam constituídos anteriormente, ocorrendo apenas a separação entre o céu e a terra.

Esses são poucos exemplos dentre os inúmeros mitos que povos do passado tinham sobre a criação do mundo. Alguns eram conflitantes, outros com algumas afinidades entre si. Porém, muitos estabelecem a separação entre o céu e a terra, que carrega a idéia de dualidade e polarização, colocando sempre o céu e a terra como elementos de características distintas, mostrando que para eles as “coisas do céu”, por princípio, são diferentes das “coisas da terra”.

4.2 A morada dos deuses

A dissociação entre a terra e o céu, colocando este último numa posição elevada, na mitologia ou, mais explicitamente, no cotidiano, faz com que o céu apresente transcendência, força e sacralidade. A contemplação pura e simples da abóbada celeste é capaz de provocar na consciência primitiva uma experiência religiosa, pois para ela, a natureza nunca é exclusivamente natural, há sempre algo de extraordinário nos acontecimentos.

Eliade (1992) afirma que quando se trata de um ser humano primitivo, a “simples” contemplação da abóbada celeste ganha um significado muito diferente do que se aplicada a um homem moderno, pois nossa sensibilidade aos fenômenos era maior no passado do que é hoje. O céu é naturalmente muito diferente do espaço no qual o ser humano esteve e está imerso. Por sua altura infinita, ele se torna inalcançável e, por isso, sua transcendência fica estabelecida e está intimamente relacionada com a constatação consciente da enorme altura em que se encontra o céu. O simbolismo daí resultante transmite naturalmente ao céu e aos astros que nele desfilam atributos de divindades. As regiões altíssimas, inatingíveis pelo

homem, passam a ter um caráter divino, uma vez que os deuses têm o poder de alcançá-las e habitá-las. Só os seres de espírito nobre é que são dignos do privilégio de chegar a esse espaço e compartilhá-lo com os deuses, seja por meio de ritos de ascensão ou, segundo algumas religiões, por meio da elevação de suas almas até o céu após a morte do corpo.

Por essa perspectiva, as regiões altas são inacessíveis aos seres humanos enquanto tais, que só passam a ter o direito de atingi-las quando se transformam em sobre-humanos.

Tudo isso é deduzido da simples contemplação do Céu; mas seria um erro grave considerar essa dedução como uma operação lógica, racional. A categoria transcendental da “altura”, do supra-terrestre, do infinito, revela-se ao homem integral, tanto à sua inteligência quanto à sua alma. O simbolismo é um dado imediato da consciência total, ou seja, do homem que se descobre como tal, do homem que toma consciência da sua posição no universo; estas descobertas primordiais estão ligadas de maneira tão orgânica ao seu drama, que o mesmo simbolismo determina tanto as atividades do seu subconsciente como as mais nobres expressões da sua vida espiritual. Insistamos, pois, nestas distinções, isto é, que o simbolismo e os valores religiosos do Céu não são deduzidos de maneira lógica, a partir da observação calma, objetiva da abóbada celeste, nem por isso são produto da efabulação mítica e das experiências irracionais religiosas. Repitamos: ainda antes de toda a valorização religiosa do Céu, já este último revela sua transcendência. Só pela sua existência o Céu “simboliza” a transcendência, a força a imutabilidade. Existe porque é elevado, infinito, imutável, poderoso. (ELIADE, 1998, p.40).

O céu adquire sacralidade pelo simples fato de se encontrar “lá em cima”, no alto, elevado, o que automaticamente lhe garante, assim como para todos os seres que o habitam, poderes sobrenaturais. Esses seres divinos, celestiais, aparecem nas crenças de uma quantidade imensa de povos. Foram os criadores do mundo e são dotados de sabedoria e de poderes inatos e infinitos. São eles que garantem a existência e o provimento necessário para os “daqui de baixo”.

Um exemplo desses seres nos é dado pelos Yorubás, povo que vive predominantemente no oeste da África. Para eles, *Olórun* é o deus do céu e o mais importante do seu panteão. Segundo suas crenças, *Olórun* iniciou a criação do mundo e da humanidade e depois transferiu a tarefa de terminá-la a um deus inferior, *Obatala*, a quem confiou também a tarefa de governar o mundo. Mais tarde, *Olórun* passou a viver no céu, tendo-se afastado definitivamente do trato com os humanos e dos assuntos terrestres, mas, em último recurso, ainda chega a ser solicitado em casos de calamidades (ELIADE, 1998).

Talvez isso não devesse nos espantar, pois o Deus judaico-cristão que criou o mundo em sete dias e depois deixou que se desenvolvesse por si só, não raro é invocado em momentos dramáticos, quando a aflição alcança o crente, ou mesmo o incrédulo, e este se dirige ao alto em busca de ajuda...

Eliade (1998) narra que o deus dos *selknam*, caçadores nômades da Terra do Fogo, era *Temáukel*, o ser supremo, criador de todas as coisas, todo poderoso e eterno, o que não teve princípio e não terá fim. Mesmo que todo o universo se extinga, ele sempre existirá. *Temaukel* era também o autor das leis morais, juiz e senhor de todos os destinos. No princípio, quando não existia nada, exceto *Temáukel*, ele criou a cúpula celeste, que antes estava desprovida de estrelas. *Temáukel* observava os seres humanos, mas não mantinha relações diretas com eles, pois enviou seu filho *Kénos* para dar forma e sustentar a vida sobre a superfície do mundo, e especialmente para atender ao povo quanto às suas necessidades. Residindo entre as estrelas, *Temaukel* exercia de lá seu poder universal.

Tem-se aqui nova semelhança com a versão cristã, na qual deus se afastou e deixou seu filho Jesus em seu lugar. Com aspecto terreno, de carne e osso, o filho produz uma empatia maior no devoto, identifica-se com ele e está sempre presente. O deus distante só é invocado em situações extremas.

Puluga, criador do mundo e do primeiro homem, é o deus maior para os primitivos habitantes do arquipélago andamanês, na Ásia. *Puluga* mora no céu, sua voz é representada pelo trovão e sua respiração pelo vento. Quando alguém infringe as regras de *Puluga*, ele se irrita e manda tempestades com raios para punir os culpados. Quando ocorre uma seca, é sinal de que *Puluga* está dormindo e quando chove, significa que ele desceu à Terra a procura de alimento (MARTINS, 1994).

Essa pequena coletânea de mitos, e muitos outros que poderiam ser citados, mostra como o céu foi concebido como residência dos deuses por diferentes povos. São relatos místicos, repletos de fantasia, mas que de certa forma têm continuidade entre nós. Uma das mais conhecidas preces da atualidade, que invoca o “Pai Nosso, que está no Céu”, e a expressão utilizada nos momentos de inquietação, “Ai, meu Deus do céu...”, revelam que o firmamento ainda hoje é residência dos deuses, como era nos primórdios das civilizações.

Numa extensão do deus habitante do céu, os astros celestes se tornaram personificações de divindades que, desde sua altura inatingível, pareciam governar o mundo conhecido, e de cuja vontade dependia a continuidade do mesmo. Também eram responsáveis pelo provimento dos povos, pois, por meio do controle dos períodos de chuvas e estiagem, propiciavam a fecundidade da terra, essencial às atividades de sustento da vida.

Ronan (1987) afirma não ser estranho que o Sol tenha sido a principal divindade por muitos povos, uma vez que com sua luz dissipa as trevas da noite e com seu calor aquece a Terra, permitindo o crescimento das plantas e, por consequência, a manutenção dos seres vivos. Por outro lado, o Sol também pode produzir efeitos maléficos, como a seca prolongada

e consequente escassez de alimentos, se brilhar com intensidade no céu durante períodos muito longos. Por isso, parece natural que as divindades associadas ao Sol fossem as mais poderosas.

Para os povos da Mesopotâmia, uma das figuras mais importantes de seu panteão era *Shamash*, deus Sol. Segundo sua mitologia, *Shamash* era um princípio ordenador e legislador, um deus sábio e, por essa razão, o juiz supremo, que acompanha a vida dos homens, tudo vê, pois está acima, nos céus, iluminando a terra. Os sumérios acreditavam que o Deus Sol levantava-se todos os dias no leste, percorria seu caminho pelo céu até o oeste para proteger a terra onde moravam os vivos. O aspecto bondoso de *Shamash* evidenciava-se quando a ele se recorria em casos de necessidade ou para pedir justiça. De acordo com a tradição, Hamurabi, o grande rei da Babilônia, recebeu de *Shamash* o sistema de leis que o tornou famoso por milênios (ELIADE, 1998).

O deus *Shamash* é um ser douto, protetor, benévolo e justo, que se preocupa com o bem estar dos seres terrestres. Acompanhando o pensamento daquela época, tal ser, que personifica a perfeição, só poderia habitar o céu.

Rá era conhecido como o deus-sol no antigo Egito. Tinha muitas formas, dependendo de onde estava. Usualmente *Rá* era representado com uma cabeça de falcão, usando um disco ardente como o sol na forma de adorno. *Rá* era considerado o criador do mundo e dos seres humanos, que se formaram a partir das lágrimas por ele um dia derramadas. Ele também criou as três estações para o rio Nilo, de fundamental importância para os povos do antigo Egito (ASTRONOMIA [...], 1985).

Aqui há um deus criador e mantenedor do mundo, não de forma direta, mas por meio do estabelecimento do fluxo do rio que, em última instância, era o responsável pela prosperidade daquele povo.

Também a Lua, o astro mais brilhante do céu noturno, não poderia ser excluída da galeria de deuses celestes, representando personificações divinas em muitos mitos.

Na mitologia hindu, *Soma* representa o deus da Lua. É representado atravessando o céu em uma carruagem puxada por cavalos brancos. *Soma* era também o elixir da imortalidade que só os deuses podiam beber. Pensava-se que a Lua era o depósito divino do elixir e, uma vez que este era uma bebida embriagante, o deus *Soma* era associado com a embriaguês. As alterações da forma da Lua no céu ocorriam quando os deuses tomavam soma e a Lua ia desaparecendo, já que os deuses estavam consumindo suas propriedades da imortalidade.

Anningan é o nome do deus da Lua em algumas tribos dos *Inuits*, povo que habita a Groenlândia, o Alaska, e o Ártico. Eles acreditam que, certa vez, *Anningan* violou sua irmã, a deusa do Sol *Malina* que, assustada, empreende uma incessante fuga pelo firmamento, pois *Anningan* insiste em persegui-la. Tão obstinada é essa perseguição, que *Anningan* se esquece de comer e fica cada vez mais fraco até que é obrigado a descer à terra para alimentar-se e, por isso, a Lua desaparece do céu alguns dias a cada mês.

Esses dois mitos não apenas colocam deuses no firmamento, como também procuram explicar o comportamento cíclico da aparência lunar, estabelecendo as causas das suas fases e da sua ausência do céu por curtos períodos. São, portanto, teorias a respeito dos fenômenos naturais.

A ideia de deuses habitando o céu e de que os astros eram deuses ou, pelo menos, símbolos dos deuses, sempre acompanhou o sentimento religioso da humanidade e está na raiz das crenças das mais diversas culturas. Os deuses celestes não surgiram devido ao temor do homem aos fenômenos naturais, ou qualquer outro processo racional. Este conceito de sacralidade do céu se funda sobre uma experiência primitiva universal aos homens, tendo raízes muito profundas no imaginário humano. Não foi um processo cultural que se espalhou. Isso pode ser visto nessa pequena amostra de deuses que habitavam o céu ou que foram associados a corpos celestes, espalhados por distintas civilizações e épocas, dando uma indicação de quanto o ser humano deificou as coisas do céu e o quanto este está inserido na cultura.

4.3 O tempo, os ritos e as festas

A percepção de que os fenômenos relacionados ao clima e o comportamento dos animais se repetiam periodicamente levou o ser humano a construir o conceito de tempo cíclico, que pode ser medido a partir de uma unidade básica e que possibilita situar acontecimentos ocorridos no passado e projetar atividades futuras, conceito que foi compartilhado por todas as culturas.

O movimento diurno do Sol foi, desde tempos remotos, o sistema utilizado para demarcar a unidade mais elementar de tempo, o dia, ainda que tenham passado milênios para que o associassem com a rotação da Terra. Esta foi a unidade natural de tempo adotada sem exceção em todos os sistemas de cômputo temporal conhecidos, fato decorrente de o Sol ser, entre todos os astros, o que possui maior influência nas atividades humanas. Para quantificar um intervalo de tempo maior foram utilizadas as fases da Lua, cujo ciclo se completa em

aproximadamente 29,5 dias, o que deu origem à unidade que hoje denominamos “mês”. Desde seu surgimento nas civilizações do Oriente Próximo e Distante, do antigo Mediterrâneo e ainda na América Pré-Colombiana, os calendários têm sido estabelecidos sobre a base dos movimentos aparentes do Sol, da Lua, dos planetas e das estrelas sobre a abóbada celeste.

Embora as necessidades agrícolas sejam a semente da quase totalidade dos primeiros calendários, em geral, eles traziam também um caráter de cunho religioso, posto que em tempos remotos, quando a natureza era percebida como sendo governada por divindades de cuja vontade dependiam a chuva ou a seca, o sucesso ou o fracasso das colheitas, realizavam-se rituais de súplica ou agradecimento aos deuses, rituais que necessitavam ser praticados em datas corretas com relação ao ciclo agrícola, para que tivessem sucesso. Dessa maneira, era necessário um calendário confiável, ou seja, efetivamente correspondente com os ciclos cósmicos e, conseqüentemente, às estações do ano.

A correspondência entre as fases da Lua, o passar do tempo e o deteriorar da vida, encontra-se nas crenças dos pigmeus africanos. Eles celebram a festa da lua nova, que é reservada exclusivamente às mulheres e ocorre imediatamente antes da estação das chuvas. Para glorificar a Lua, que para eles é a mãe da natureza e, ao mesmo tempo, asilo dos fantasmas, as mulheres untam-se de sumos vegetais e de argila para ficarem brancas como os espectros e o luar. As mulheres dançam, bebem álcool à base de bananas fermentadas, enquanto suplicam à Lua que afaste os espíritos dos mortos e dê à tribo muitos filhos (ELIADE, 1998).

Como responsável pela renovação da natureza, a Lua controlava o tempo e a procriação dos seres terrestres. Daí ser evocada para garantir a perpetuação da tribo por meio da geração de novos filhos que viessem a substituir os seres que se transformaram em espíritos e tinham abrigo na própria Lua.

Os astecas glorificavam o Sol. Seu calendário era semelhante ao de outros antigos povos centro-americanos, basicamente composto por dois ciclos, o solar de 365 dias e o ritual de 260 dias. A combinação desses dois ciclos resulta em um período igual a 52 anos do nosso calendário atual. Esse período era considerado sagrado pelos astecas e toda vez que se completava um desses ciclos era realizada a cerimônia do fogo novo, cujo objetivo era impedir o fim do mundo.

Durante os últimos cinco dias do ciclo, a população realizava os preparativos para a cerimônia, que incluíam abstinência de trabalho, jejum, descarte de velhos objetos domésticos e um respeitoso silêncio. Ao pôr do sol do último dia, os fogos no domínio asteca eram extintos e os sacerdotes, em procissão, caminhavam desde o centro cerimonial de

Tenochtitlan, a “capital” do império asteca, até uma montanha próxima, cujo cume era visível desde a cidade e onde existia uma plataforma destinada aos ritos. Enquanto a população da cidade aguardava com ansiedade o desenvolvimento do que ocorria no alto da montanha, o ritual seguia com o sacrifício de prisioneiros e posterior acendimento de uma grande fogueira, após o que os sacerdotes declaravam o início de um novo ciclo do calendário. Na fogueira eram acesas tochas que mensageiros levavam imediatamente a *Tenochtitlan* para reacender os fogos dos templos e das residências, em meio a uma alegria geral: o mundo continuaria a existir por mais 52 anos (SOUSTELLE, 1987).

Zereceda e Gíl (2007) afirmam que os incas reverenciavam o ciclo anual da natureza e realizavam rituais associados a cada solstício e equinócio⁴ no decorrer do ano. No solstício de inverno no hemisfério sul, quando o Sol atinge seu máximo afastamento para o norte, se realizava a *Inti Raymi*, talvez a maior celebração do Império Inca, na qual se agradecia pela existência do deus Sol, que com sua luz e calor, dava vida e sustentava a todos os seres da Terra. Também se rogava para que o deus Sol retornasse para o sul, já que até aquele momento estava caminhando rumo ao norte, para que, com seus raios, continuasse a fecundar a terra e a proporcionar o bem estar dos filhos do grande império.

Na noite da véspera da *Inti Raymi*, se apagavam os fogos em toda extensão do império e na grande praça de Cuzco, a “capital” do império inca, se concentrava, com grande respeito, uma multidão crente e pacífica em torno de seu imperador, seus sacerdotes e seus reis, enquanto aguardavam a aparição do deus Sol.

Com as primeiras luzes da aurora, que rompiam a escuridão da noite, a ansiedade aumentava e, nem bem o Sol despontava no horizonte, o imperador, com grande autoridade, se erguia e iniciava a cerimônia que durava o dia todo. Um dos pontos marcantes ocorria quando o imperador, com um objeto côncavo de ouro concentrava os raios solares sobre um pedaço de lã previamente preparado que se incendiava em pouco tempo, renovando o fogo sagrado, que depois era levado a todos os lares. Quando o Sol estava se pondo, o imperador ordenava a dispersão da população e começava a algazarra desenfreada, que durava dias. Afinal, o deus Sol estava retornando!

Para Cortazar (1986), há dúvidas se a *Inti Raymy* era realmente a cerimônia mais importante para os incas, pois há quem defenda que a festa principal era a celebrada no solstício de verão. Porém, a festa que resistiu às ações dos conquistadores espanhóis e

⁴ O solstício corresponde ao instante em que o Sol encontra-se mais afastado do equador celeste durante o seu movimento anual pelo céu na direção Norte-Sul. O equinócio corresponde ao instante em que o Sol passa pelo equador celeste, ou seja, cruza o plano do equador terrestre. Cada um desses fenômenos ocorre duas vezes a cada ano.

posteriores intervenções da Igreja Católica e ainda hoje é celebrada com muita pompa, foi a *Inti Raymi*. Hoje a conotação da festa é apenas turística, tendo perdido seu significado ritual.

Antigas culturas do Hemisfério Norte também reverenciavam os solstícios e equinócios como momentos especiais no decorrer do ano, como os celtas, que habitaram a região hoje compreendida por Irlanda, Grã-Bretanha e França. Eles celebravam ritualisticamente oito momentos do ano: os dois equinócios, os dois solstícios e outros quatro em datas intermediárias entre as das ocorrências de cada um daqueles fenômenos (FRAZER, 1956).

Para os celtas o início do ano ocorria no dia de lua cheia mais central entre a data do equinócio de outono e do solstício de inverno, o que acontece na segunda metade do mês de outubro ou na primeira de novembro, tomando-se como referência as datas do calendário que usamos hoje. Nessa data, realizavam o *Samhain*, que era um ritual de comemoração do final de um ano e do início do próximo e no qual se fazia conexão com os espíritos dos mortos, oportunidade em que podiam caminhar entre os vivos, visitar seus antigos lares e reencontrar seus parentes.

A festa de *Halloween*, tradicional nos Estados Unidos, Canadá e Irlanda, tem origem no culto celta *Samhain* que, ao longo do domínio romano na Bretanha, incorporou em suas celebrações aspectos da religião romana. Por sua relação com os espíritos dos mortos, o *Samhain* acabou posteriormente por ser associado às bruxas e feiticeiras.

De acordo com Eliade (1998), no dia do equinócio de primavera no hemisfério norte, que ocorre em torno do atual dia 21 de março, os celtas realizavam rituais em homenagem à deusa *Ostera*, nos quais se celebrava a fertilidade, o ressurgimento da vida após o final do inverno, o início de um período de abundância e generosidade da natureza. A celebração da deusa *Ostera*, assim como boa parte dos antigos rituais pagãos, foi cristianizada e hoje temos um resquício das antigas festas relacionadas com o céu presente nas celebrações religiosas atuais. Para os cristãos, a Páscoa celebra a ressurreição de Cristo, quando seu espírito e seu corpo foram reunificados, após morrer na cruz. De acordo com Boczko (1984), foi durante o Concílio de Niceia, ocorrido em 325, que se fixou a data da Páscoa como sendo o primeiro domingo após a primeira lua cheia que ocorre após ou no equinócio da primavera boreal, adotado como sendo 21 de março. Assim como as antigas cerimônias em homenagem à deusa *Ostera*, a Páscoa dos cristãos celebra justamente a ressurreição, o renascimento.

Também as festas juninas, tão populares no interior do Brasil, têm longínqua relação com os rituais que se ligavam a fenômenos astronômicos. De acordo com Frazer (1956), um dos períodos do ano em que diversos povos europeus – celtas, bretões, persas, egípcios, entre

outros – celebravam as festas do fogo era próxima ao solstício de verão no hemisfério norte em torno do dia 21 de junho. Nas altas latitudes do hemisfério norte, este dia é o grande momento do deslocamento solar pelo céu, o dia em que o Sol, no seu caminho anual, chega ao ponto mais alto no céu, para depois retroceder até o ponto mais baixo no solstício de inverno. Essas festas eram rituais de invocação com o objetivo de trazer fartura nas colheitas e foram praticados por diversas culturas, tendo grande relação com a religiosidade. Nelas se acendiam fogueiras, se dançava para espantar os maus espíritos e se ofereciam comida, bebida e animais aos deuses para que abençoassem a safra.

No século VI, com o catolicismo ganhando força na Europa, essas festas acabaram por receber uma pincelada de cristianismo ao serem incorporadas pela Igreja Católica para homenagear São João Batista, cujo nascimento se deu em junho. Por essa razão, a comemoração passou a ser chamada de joanina, sendo Itália, Espanha e Portugal os primeiros países a adotá-la. No Brasil, a comemoração chegou com os portugueses, por volta de 1530, junto com a imposição de seus costumes e religião aos nativos. Aos poucos, a comemoração portuguesa, joanina, se adaptou aos costumes brasileiros, mudou de forma e se transformou em junina.

Segundo Martins (1994), estudiosos do folclore brasileiro mostraram que os costumes e as superstições da festa de São João são milenares. Embora as pessoas que participam intensamente dessas comemorações no interior do Brasil, onde essa festa é mais tradicionalmente comemorada do que nos centros urbanos, não se dêem conta de tal ligação, ela é um ritual de repetição do nascimento do mundo.

Os antigos habitantes da Meso-América pré-hispânica realizavam, na temporada seca, rituais associados ao início da semeadura do milho, nos quais pediam aos deuses que enviassem as chuvas e proporcionassem boas colheitas. Esses ritos estavam estreitamente vinculados com fenômenos astronômicos e meteorológicos que, por sua vez, influenciam diretamente os procedimentos da agricultura. A primeira passagem zenital⁵ do Sol durante o atual mês de maio, o período mais seco e quente do ano nas latitudes da América Central, e o coincidente desaparecimento do grupo das Plêiades⁶ do céu estabeleciam conexão com a chegada da temporada de chuvas naquela região, um momento crucial do ciclo agrícola do milho, e se tornaram balizadores para o início dos rituais (BRODA, 1986).

⁵ A passagem zenital corresponde ao momento em que o astro passa pelo ponto da esfera celeste situado exatamente na vertical do local de observação.

⁶ As Plêiades são um aglomerado de estrelas azuis que se localiza na região atualmente denominada constelação do Touro. Em um lugar afastado das luzes das cidades e numa noite sem luar, pode-se distinguir a olho nu sete das centenas de estrelas que compõem o aglomerado.

No século XVI os espanhóis introduziram a religião católica na região do atual México e hoje a religiosidade popular manifesta íntima fusão entre as festas católicas implantadas pela igreja ao longo de cinco séculos e a vigorosa tradição da ritualidade agrícola mesoamericana que mantém suas raízes nas culturas pré-hispânicas.

De acordo com Torres Cisneros (2003), na tradição cristã, a comemoração da Santa Cruz no dia 3 de maio está ligada ao dia em que santa Helena encontrou a cruz de Cristo no monte Calvário. A festa anual de Santa Cruz é considerada uma das principais celebrações do calendário religioso das comunidades indígenas do México, Guatemala e Honduras. Os ritos concretos se diferenciam entre si segundo o contexto regional, entretanto todos se vinculam simbolicamente à mudança da estação seca para a chuvosa, marcada pela passagem do Sol pelo zênite, e o início da semeadura dos campos.

Broda (1986) afirma que as comemorações atuais da festa de Santa Cruz se constituem em uma mescla de ritos impostos pela Igreja Católica com aqueles costumes pré-hispânicos, opinião que é compartilhada por Torres Cisneros (2003) que afirma existirem várias outras festas religiosas que guardam relação com rituais pré-hispânicos.

Com o passar do tempo, conforme se modificou o modo de vida das comunidades, os rituais ganharam novos significados. Sem perderem o sentido de cerimônia de agradecimento ou súplica e sem se afastarem da preocupação com os problemas do dia-a-dia, passaram a extravasar os sentimentos, as alegrias ou tristezas, as frustrações ou desejos, transformando-se em festas e atendendo também à necessidade de diversão. Funcionando como instrumentos para manter vivas as tradições do grupo, as festas e comemorações foram se adaptando e, hoje, temos comemorações que são resquícios daqueles antigos ritos de veneração, súplica e agradecimentos, significado que, em geral, grande parte da população desconhece.

4.4 O céu e a terra - imagens no espelho

Muitos povos antigos atribuíram sacralidade aos céus e poderes sobre-humanos e inteligência superior aos seres que nele fizeram habitar, sendo que ainda hoje há quem tenha essa mesma concepção. Há os que consideraram os céus e a terra como entidades semelhantes, que os acontecimentos de uma e de outra eram correspondentes, como um reflexo no espelho, e atribuíram aos astros características e comportamentos terrenos.

Os índios Tembé, que habitam a região fronteira entre os estados do Pará e do Maranhão, têm uma lenda relacionada com o planeta Vênus e a Lua, em que atribuem aspectos humanos a esses astros. O planeta Vênus, por ter órbita entre a Terra e o Sol, sempre

é visto próximo do horizonte, em algumas épocas no oeste, depois de o Sol se pôr, quando é chamado de estrela vespertina, e em outras épocas no leste, antes de o Sol nascer, quando é chamado de estrela matutina.

Em uma lenda dos índios Tembé, relatada por Corrêa, Magalhães Jr. e Mascarenhas (2000), Vênus (*Zahy-Imiriko*), quando estrela vespertina, é a mulher da Lua. *Zahy-Imiriko* é uma mulher muito linda, que nunca envelhece e que só fica ao lado de seu marido, a Lua (*Zahy*), enquanto ele é jovem, afastando-se à medida que ele vai ficando velho. Assim, ao anoitecer, logo depois da lua nova, os dois astros se encontram próximos, no horizonte leste. Nas noites seguintes, *Zahy* vai crescendo (envelhecendo) e se deslocando para oeste. Na lua cheia, ao anoitecer, *Zahy* está no horizonte leste e sua mulher continua no oeste, bem afastada. Durante a fase minguante, quando *Zahy* surge no leste, sua mulher já se pôs no oeste e os dois astros não são vistos simultaneamente no céu. Com a lua nova, tudo recomeça e eles se encontram novamente no céu.

De forma semelhante, os bantos da República de Malawi, no sudeste da África, têm uma lenda em que atribuem aspectos humanos a Lua e Vênus. Nessa lenda, a Lua tem duas esposas, que na verdade são o planeta Vênus, ora estrela matutina e ora estrela vespertina. Quando visível no horizonte leste, antes do nascer do Sol, é *Puikani* e quando visível no horizonte oeste, após o pôr do Sol, é *Chekechani*. Durante aproximadamente duas semanas, enquanto a Lua vai minguando de cheia até nova e *Puikani* está no horizonte leste, o casal fica junto, mas a esposa não alimenta seu marido, deixando-o cada vez mais magro até desaparecer. Porém, quando Vênus está no horizonte oeste, e a Lua cresce de nova para cheia, *Chekechani* cuida de seu marido até que ele engorde, tornando-se totalmente redondo. Vale lembrar que a Lua fica sempre com apenas uma de suas esposas e nunca com as duas ao mesmo tempo. Quando uma delas é visível no céu a outra não é, independentemente da fase da Lua (AFONSO, 2006).

Nos dois relatos se atribuem características e costumes humanos aos astros, que reproduzem no céu comportamentos terrenos. Vê-se que, nesses casos, Lua e Vênus são destituídos de poderes superiores, sendo assemelhados aos homens.

Na América do Norte, os antigos índios Sioux acreditavam que o grupo de estrelas que hoje denominamos de Plêiades era originalmente sete índias que foram conduzidas ao céu pelo Grande Espírito. Segundo a lenda, sete jovens índias, para fugir de um urso, subiram ao alto de uma montanha, mas era insuficiente para ficarem protegidas do animal. Rogaram então ao Grande Espírito que as ajudasse e Ele fez a montanha crescer. Na tentativa de alcanças as índias, o urso gastou suas garras tentando escalar a montanha. Ainda muito

amedrontadas, as jovens índias voltaram a pedir ajuda ao Grande Espírito que então as levou para o céu, transformando-as nas Plêiades.

Outra vez se atribui características humanas aos astros, mas aqui, para que as índias pusessem galgar ao céu, foi necessária ajuda de um ser superior, mostrando a impossibilidade de humanos, enquanto vivos, atingirem o firmamento sem ajuda dos deuses.

Segundo Zereceda e Gíl (2007), os incas consideravam que o mundo era baseado em um sistema dual, e que seus elementos se compunham em duplas, como um objeto e sua imagem em um espelho. Tudo no mundo inca tinha seu par, dois espaços paralelos e interdependentes, como os homens e as mulheres, o céu e a terra, o divino e o profano. As coisas do céu e seus pares terrenos guardavam relações interdependentes entre si e com os seres sagrados. Os deuses concediam a vida e asseguravam o sustento do mundo. Os mortais andinos pagavam a generosidade divina com o fruto de seu trabalho e com cultos apropriados. Não é estranho, portanto, que a Via Láctea, o rio celeste para os incas, tivesse seu equivalente na terra, o rio *Vilcanota*, que percorre todo o vale sagrado dos incas.

Esta correspondência ou reflexo entre céu e terra foi motivo para a construção de espaços rituais em todo o vale, que procuravam recriar as constelações andinas. O condor, a raposa e a pomba eram os animais que caminhavam à noite pelo rio celeste dos incas. Em cada uma das cidades do vale sagrado foram construídos templos com as formas desses animais para serem um reflexo fiel da Via Láctea. Tão arraigada era essa ideia de correspondência entre céu e terra que ainda hoje não se perdeu, pois as comunidades campesinas consideram que o céu tem correspondência direta com a terra, sendo uma reprodução do clima terrestre (ZERECEDA; GÍL, 2007).

No hemisfério oposto da terra, segundo Mações e Grecco (2006), os *Boorongs*, povo aborígene, hoje extinto, que habitou a Austrália até por volta de 1870, também mantiveram uma estreita relação com o céu, o qual orientava muitas de suas atividades no decorrer do ano. Seu calendário foi construído de modo a relacionar as constelações visíveis no céu em cada época do ano com os comportamentos e os ciclos dos animais e da vegetação, o que lhes fornecia uma orientação para a busca de alimentos. Mas o céu dos *Boroongs* também descrevia muitas relações afetivas, como sexualidade, educação das crianças, comportamentos conjugais, tabus de relacionamentos, entre outras. O registro no céu dos comportamentos e acontecimentos terrestres fazia com que suas tradições se transmitissem para as gerações futuras, estratégia que foi utilizada por muitas culturas do passado.

Uma das lendas registradas no céu dos *Boorongs* faz alusão ao comportamento adequado no casamento. *Yerredetkurrk* representava as mulheres da tribo na figura de uma

pequena coruja, localizada numa região próxima ao polo celeste sul⁷. Seu genro, *Totyarguil*, era representado na atual constelação da Águia, localizada ao norte. Dessa forma, quando *Yerredetkurk* estava no alto do céu, *Totyarguil* estava próximo ao horizonte. Ao contrário, quando este estava no alto do céu, ela estava próxima do horizonte. Esse desencontro mantinha uma saudável distância entre genro e sogra, evitando uma relação moralmente indesejada (MAÇÃES; GRECCO, 2006).

Esse relato traz outro aspecto das lendas e mitos, que serviram também para a transmissão de valores e exemplos de comportamentos, com o propósito de estabelecer regras e padrões de conduta considerados ideais ou apropriados para as atividades individuais dentro da coletividade. Como não poderia deixar de ser, o céu também serviu a esse propósito.

4.5 O céu das previsões

Embora o Sol seja o principal responsável pelo clima da Terra, a regularidade de seu deslocamento anual pelo firmamento faz com que o céu estrelado se apresente com configuração diferente em cada estação do ano. Por isso, há cerca de cinco mil anos o ser humano já associava o comportamento da natureza ao seu redor, na Terra, com a configuração do céu estrelado. Para algumas civilizações, era o céu que produzia aqueles fenômenos, sendo responsável pelas secas e pelas chuvas, pela prosperidade e pela miséria, pela abundância e pela escassez da caça.

A extrapolação dessa inter-relação entre os astros e os acontecimentos terrestres acabou por incluir eventos da vida humana, tendo surgido, então, a Astrologia, que se baseia na hipótese de que a configuração dos planetas no céu, não só, mas especialmente no instante do nascimento de uma pessoa, traz informações sobre sua personalidade, potencializa as relações que estabelece e direciona seu futuro. Assim como os mitos e os rituais associados ao céu, a previsão de acontecimentos terrestres a partir da configuração do céu foi praticada por civilizações de todo o mundo (CELAYA, 2002).

Fuzeau-Braesch (1990) nos diz que a Astrologia provavelmente teve origem na Babilônia em torno do século IV a.C, mas a busca de presságios no céu deve ser anterior a esse período. Inicialmente as previsões objetivavam orientar as atividades agrícolas e, quando estendidas para eventos relacionados com a vida, eram voltadas para a comunidade. Os astrólogos assessoravam os governantes e as previsões individuais só eram realizadas para

⁷ Os polos celestes são as projeções dos polos geográficos terrestres no céu. Assim, o polo celeste sul está exatamente acima polo sul geográfico e o mesmo acontece com o polo norte.

eles, pois o destino da coletividade estava intimamente ligado ao destino de seus governantes. O avanço da Astrologia para o Ocidente deveu-se à transmissão da cultura babilônica para os gregos. Foram eles que desenvolveram a ideia de que os planetas influenciavam a vida de todas as pessoas.

Como as previsões eram realizadas a partir da configuração dos astros, uma quebra na regularidade dos movimentos celestes era sinal de catástrofes naturais ou tragédias humanas. Por isso, a ocorrência de eclipses ou o surgimento de um cometa eram vistos como maus presságios. Era crença que os cometas anunciavam a morte de governantes e foi o que fizeram com o imperador romano Constantino I (272-337), o rei inglês Ricardo I (1157-1199), o papa Urbano IV (1195-1264) além de muitos outros. Um cometa também prenunciou a derrocada do império asteca por volta de 1520 e a aparição do cometa Halley, já em 1910, induziu grande parte da população a temer pela ocorrência de alguma grande catástrofe (AZEVEDO, 1985).

No Oriente, a Astrologia evoluiu, ampliando suas bases teóricas, e, sobretudo, práticas. Por volta do século X, em Constantinopla existia uma cadeira de Astrologia na universidade. No mesmo período, o mundo islâmico contribuiu de forma notável para o desenvolvimento do conhecimento astrológico. A partir da idade média, a Astrologia precisou se adequar à evolução do pensamento e, portanto, acabou se ressentindo das consequências do processo de transformação derivado do pensamento cristão, que naquele período se difundia no mundo ocidental (CELAYA, 2002).

Mesmo já sendo rejeitada por alguns desde o período pré-cristão, a crença de que os astros condicionam o futuro humano se manteve viva por toda a antiguidade clássica chegando até o Renascimento, conseguindo credibilidade até entre pessoas cultas.

Johannes Kepler (1571-1630), renomado astrônomo alemão, foi praticante da Astrologia, atividade que lhe assegurou os rendimentos necessários à sua sobrevivência. Mourão (2003) afirma que, na concepção de Kepler, três motivos justificavam a possibilidade de prever o futuro por meio das configurações celestes: um de natureza física, outro de natureza psicológica e o último de natureza metafísica.

A física relacionava-se com a luz emitida pelos astros, a psicológica com as emoções provocadas na alma pela harmonia das configurações celestes e a metafísica, a mais importante e mais conjectural, tinha a ver com os valores dos signos relativos ao mapa astral da pessoa. Embora acreditasse nos princípios que norteavam suas previsões, Kepler não era tão afirmativo quando se referia à capacidade de interpretar os signos enviados por Deus, considerando que só podiam ser decifrados pelos profetas. Assim, Kepler manteve-se

reticente com relação às pretensões da Astrologia tradicional (MOURÃO, 2003). No entanto, não se recusava a elaborar horóscopos para os poderosos da época, o que sempre lhe rendia bom dinheiro...

Foi apenas nos séculos XVI e XVII que se efetivou a separação entre a Astronomia e a Astrologia. Neste período aconteceram grandes mudanças, como o descobrimento do Novo Mundo e a proposta de adoção do sistema heliocêntrico em lugar do geocêntrico, o que talvez tenha contribuído para a queda do prestígio da Astrologia no mundo científico. Não havia porque aceitar crenças que não permitiam uma discussão racional ou que não podiam ser testadas empiricamente quando se propunha que a coleta, compilação e análise racional de dados observacionais deveriam determinar a escolha entre os dois grandes sistemas de mundo que se pretendiam verdadeiros.

Contudo, a Astrologia permaneceu viva, relacionando as posições dos planetas e seus ritmos com a vida humana, propondo-se a contribuir para que os indivíduos se conheçam melhor e a indicar as tendências dos acontecimentos, ajudando a pessoas, empresas e até países a tomar decisões de grande importância com base na configuração do céu. Hoje a Astrologia tem sido muito procurada, principalmente e mais popularmente para a previsão de acontecimentos futuros, mas apresenta várias áreas de atuação, ou “mercado”, e especializações: vocacional, financeira, política, de previsão, médica e da personalidade (FUZEAU-BRAESCH, 1990).

No entanto, quando submetida a testes, a Astrologia se mostra inconsistente. Uma série de estudos estatísticos mostrou que as predições astrológicas não são melhores que as adivinhações ao acaso, que as taxas de divórcio não apresentam correlação com as compatibilidades previstas astrológicamente, que os mapas astrais não indicam uma maior probabilidade de seguir determinada carreira e que as pessoas que se valem dos horóscopos tendem a acreditar no que lhes é dito, mesmo que essas afirmações sejam opostas ao previsto originalmente para seus signos (FRAKNOI, 2010).

Defendendo-se das críticas, os astrólogos contra-argumentam que as influências astrológicas existem para além da ciência, num domínio que envolve e toca a alma das pessoas, que as influências se concentram em uma dimensão em que as leis da Ciência não se aplicam, uma dimensão etérea (FUZEAU-BRAESCH, 1990). Se assim for, a crença na Astrologia é apenas isso: crença. Da mesma forma que a crença em um deus, ela não poderia ser provada nem refutada.

Mas os testes mostram que as previsões astrológicas não funcionam, pois é possível saber se as coisas funcionam mesmo que não saibamos como elas funcionam. Por isso, não

estamos defendendo a Astrologia como Ciência, nem que seja ensinada na escola. Trata-se apenas de constatar que a crença no poder das coisas celestes está hoje presente no imaginário humano da mesma forma que esteve há séculos.

A separação entre a Mitologia, a Astrologia e a Astronomia enfraqueceu o antigo conceito de unidade entre o homem e o mundo e essa perda tem relação com a distinção atual entre fé, princípios morais e atividade científica. Essa ruptura está ligada ao moderno desenvolvimento da Ciência, mas, em contrapartida, tem reduzido a pluralidade cultural, ao expor praticamente qualquer comunidade às mesmas imagens, modelos e explicações.

No entanto, nossa cultura atual ainda guarda muito de antigas tradições que nos foram transmitidas por nossos ancestrais. No céu, legaram-nos os nomes de planetas, constelações, estrelas e da grande faixa luminosa que corta o firmamento. Deixaram-nos suas lendas, deuses e heróis, que os ajudavam a reter na memória suas estórias e história, a locomoverem-se sem se perderem, orientados pelas estrelas, e a identificarem as estações do ano e prever as condições climáticas que se seguiriam, quando ocorreriam as enchentes dos rios, qual seria a época da sementeira e da colheita.

Não podemos deixar de destacar que, ainda que o mito tenha sido desqualificado pela Ciência, ainda hoje coexiste, consciente ou inconscientemente, inclusive em certas mitificações das hipóteses científicas. Exemplo disso são a teoria do *Big Bang* e a energia escura que evocam fantasias em quem não faz ideia do que sejam e também naqueles que pensam fazer ideia.

Consideremos as bilhões de pessoas que habitam este planeta irrisório que gira em torno de uma pequena estrela, entre tantos bilhões de outras, na periferia de uma galáxia, entre bilhões de outras do universo. Não é possível que essa multidão abandone totalmente a crença em qualquer mito. Não pode a Ciência julgar-se portadora de todos os conhecimentos ou, pior ainda, da verdade. Na busca de respostas às suas perguntas sobre a natureza, a humanidade percorreu diversos caminhos até chegar aos científicos, os quais não podem ser esquecidos.

5 O CÉU DA RACIONALIDADE

A explicação da origem do universo, a associação dos deuses com céu e a crença de que os astros traçam o destino dos homens fizeram e ainda fazem parte das tradições de diversos povos. Em muitos casos, foram associadas a uma dimensão exterior ao mundo natural e sua interpretação só era possível a magos e sacerdotes. Surgiram os mitos.

O pensamento mítico reflete a visão de mundo da sociedade que o criou, tendo, dentro dela, um caráter global. Em geral, a explicação mítica da “realidade” se dá por meio da ação de deuses, do sagrado, é aceita como verdade e não se submete a discussões sob outras perspectivas.

No entanto, o pensamento mítico carrega consigo uma contradição. Para explicar o real se apega ao imponderável, ao sobrenatural, ao que não é possível explicar, por estar fora da compreensão humana. Assim, a explicação dada recorre a algo além do conhecimento humano, ao inexplicável.

Em oposição a esse modo de explicar o mundo, desenvolveu-se o pensamento filosófico-científico. Aos questionamentos sobre os fenômenos e os constituintes da natureza, os acontecimentos e as próprias ações dos seres humanos buscaram-se respostas com base na razão, em causas naturais, no próprio mundo real e não numa dimensão misteriosa e inacessível.

Embora predominante na atualidade, essa maneira de explicar a realidade não se impôs como absoluta e a visão mítica continua presente em elementos das sociedades atuais. Em algumas ocasiões, no próprio processo científico, assumem-se explicações apoiadas em suposições até certo ponto fantásticas.

Na evolução do conhecimento racional que o homem construiu sobre o universo, desde seus primórdios como espécie até os dias de hoje, em que as teorias se apóiam em dados coletados por instrumentos tecnologicamente avançados, por diversas vezes razão e fantasia caminharam lado a lado.

5.1 O despertar para o cosmo

A alternância dos períodos de claridade e escuridão, de altas e baixas temperaturas, de estiagem e chuvas sempre foi regulador das atividades dos seres vivos sobre a Terra. Ainda

hoje, esses fatores continuam a determinar o ritmo de vida das plantas e dos animais, entre os quais a nossa espécie, que reconheceu e venerou o Sol como ator principal no cenário celeste.

Oster (1978) considera plausível a ideia de que o ser humano adquiriu uma inteligência considerável antes que se formassem as civilizações, no sentido sócio-econômico, e, portanto, é legítimo supor que ele tenha tentado compreender, ou ao menos classificar, o que via no céu, muito antes das primeiras datas mostradas pelas evidências arqueológicas.

A falta de registros nos impede de afirmar com certeza quais eram os conhecimentos daqueles seres primitivos e, portanto, só podemos fazer conjecturas a respeito de sua percepção do céu e dos astros que nele se deslocam. Provavelmente durante um grande período de sua história, o ser humano somente contemplou o mundo que o rodeava e que lhe proporcionava os meios necessários para sobreviver.

Caniato (1987) afirma que a enorme influência do Sol nas condições ambientais certamente fez com que esse astro fosse o primeiro a ser identificado pelo ser humano primitivo. O aquecimento obtido pela exposição direta à radiação solar nos dias frios e a necessidade de se procurar uma sombra para evitar essa exposição nos períodos mais quentes devem ter ajudado os primeiros seres humanos a identificar e nomear aquele disco amarelo no céu. De maneira análoga, a luminosidade de certas noites, durante as quais o homem primitivo podia caçar ou caminhar sem se perder na escuridão do caminho, provavelmente fez com que ele identificasse a Lua e lhe atribuísse a causa dessa luminosidade.

A identificação das estrelas e seus agrupamentos certamente foram posteriores, pois pressupõe um estágio maior de desenvolvimento e é muito provável que a época em que foram nomeadas as estrelas esteja muito mais próxima dos dias atuais do que da origem do ser humano sobre a Terra.

Talvez isso só tenha ocorrido numa fase relativamente recente, se se considerar o desenvolvimento do homem como espécie. Esse descobrimento parece pressupor não só um interesse, como uma capacidade de “focalizar” a atenção para uma pequena parte do campo visual: uma capacidade de concentrar a atenção. Além disso, quase sempre as descobertas são feitas em função de alguma necessidade. Uma necessidade como a observação das estrelas dificilmente poderia ocorrer a um ser primitivo, preocupado apenas com sua sobrevivência ameaçada por um habitat hostil. (CANIATO, 1987, p. 11-12).

Nas pinturas rupestres encontradas na caverna Lascaux, França, que datam de 17.000 anos atrás, existe uma representação que os arqueoastrônomos julgam ser o grupo das Plêiades, o que revela a presença do céu e seus astros nas manifestações criativas dos nossos ancestrais. Embora seja um registro recente quando comparado com a época do surgimento

dos primeiros seres humanos, é improvável que nossos ancestrais tenham passado tanto tempo sem notar a presença das estrelas no céu (HART-DAVIS, 2010).

Também não sabemos que sensações a visão do céu estrelado causou naqueles primeiros seres humanos que habitavam o planeta, mas podemos novamente conjecturar. Certamente causou curiosidade, uma vez que essa é, sem dúvida, uma característica básica do ser humano. Provavelmente não causou medo, já que, segundo Maza (1990), a constância do céu estrelado proporcionava àqueles seres uma visão familiar e serena, permitindo-lhes sentirem-se seguros e abrigados, mesmo com seu contínuo deslocamento em busca de alimentos em um ambiente altamente dinâmico, em que os perigos os espreitavam a cada passo. O céu de uma noite “limpa” era então um verdadeiro oásis de tranquilidade em oposição ao cambiante mundo cotidiano. Além disso, quando se deslocavam a grandes distâncias e seu rio, sua montanha e sua aldeia ficavam para trás, o céu seguia o mesmo e nele podia reconhecer agrupamentos familiares de estrelas.

O costume de reunir simbolicamente as estrelas em grupos foi uma atividade praticada já em tempos remotos e tinha, provavelmente, a finalidade de dividir o céu em regiões menores, criando um sistema de referências, para facilitar a identificação dos objetos celestes. A esses agrupamentos, denominados constelações⁸, associavam-se imagens identificadas com formas terrenas ou mitológicas relacionadas com a vida de cada povo, talvez seguindo o desejo inato do ser humano de humanizar o meio ao seu redor, preenchendo-o de coisas e nomes familiares (ASTRONOMIA [...], 1985).

Essa tradição de antigas civilizações de criar constelações nos dá a certeza de que, em certo momento da sua história, o homem primitivo lançou um olhar atento para o céu e isso acabou por exercer grande influência sobre o espírito humano.

5.2 A descoberta das trajetórias e regularidades

Muito tempo após a identificação da existência do Sol, da Lua e das estrelas, o ser humano percebeu que era o Sol quem determinava o ritmo de suas atividades, pois os ciclos da natureza são, em última instância, os ciclos diário e anual do Sol. Mais tarde, de acordo com Ronan (1987), passou a observar o céu noturno com mais atenção e percebeu que ele apresentava um lento movimento, conduzindo as estrelas de um lado do horizonte ao outro.

⁸ Atualmente uma constelação define uma região do céu, e não a figura imaginária formada pelas estrelas. Os limites das constelações foram estabelecidos pela União Astronômica Internacional, sendo o céu dividido em 88 constelações, que cobrem toda a esfera celeste.

Nesse movimento, os desenhos que as estrelas formavam no céu podiam ser reconhecidos noite após noite, durante algum tempo.

Também notou que a Lua, além de movimentar-se em conjunto com as estrelas, mudava seu aspecto, desde uma estreita linha, até tornar-se um disco iluminado, para depois desaparecer e retornar como uma fina linha, repetindo o ciclo indefinidamente. Observou ainda que algumas estrelas não se comportavam como as demais. As que hoje chamamos de planetas, freqüentavam o céu de tempos em tempos com comportamento aparentemente irregular, intrigando aqueles observadores primitivos.

Para Bernal (1975), o surgimento da agricultura, há cerca de 15.000 anos, e seu posterior desenvolvimento impuseram a necessidade de determinar com alguma precisão a duração do ano e o período de início das estações, o que levou nossos antepassados não só a contemplar o céu, mas a observar cuidadosamente o movimento do Sol e das estrelas, registrando, de alguma forma, suas posições no céu no decorrer do tempo e a relacionar com as necessidades da agricultura. Era essencial prever a chegada da estação mais propícia para lavrar a terra e a época da semeadura, sistematizar essas práticas e assim contar com maior margem de segurança na colheita, de modo que o calendário surgiu a partir de necessidades práticas e não por mera curiosidade.

Esse conhecimento sobre a movimentação dos astros pelo céu, em especial do Sol e da Lua, está registrado em diversas construções da antiguidade, sendo comum encontrar-se em muitos sítios arqueológicos alinhamentos de blocos de rochas que indicam as posições de nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas mais brilhantes do céu noturno em algumas datas especiais. O objetivo dessas instalações voltadas à antevisão das posições dos astros parece estar relacionado com fins agrícolas ou religiosos e, por certo, com ambos simultaneamente.

Talvez a construção mais conhecida que apresenta essas características seja Stonehenge, localizada no sul da Inglaterra. O início de sua construção se deu por volta de 2800 a.C., tendo sido concluído em torno de 1100 a.C. Não há consenso sobre a finalidade da sua construção, acreditando-se que tenha sido para fins cerimoniais, porém não há dúvidas sobre a relação entre a disposição dos elementos que formam o monumento e os movimentos dos astros no céu (RONAN, 1987).

Stonehenge é constituído por agrupamentos de grandes pedras, trabalhadas ou não, dispostos em forma de circunferências e ferraduras, além de intervenções no terreno. Há nesse monumento uma série de alinhamentos de pedras que apontam as posições do nascer e do pôr do Sol nos dias de solstícios e equinócios, mostrando claramente o conhecimento de

astronomia que seus construtores tinham e que provavelmente estava incorporado à sua cultura (KRUPP, 1989).

Um dos mais antigos sítios arqueológicos no qual existem alinhamentos de pedras em direções astronomicamente importantes situa-se na região de Nabta, a 1.000 km da cidade do Cairo, Egito. A edificação foi realizada há cerca de 7.000 anos e o alinhamento mais longo nela existente indica o ponto em que a estrela Sírius, a mais brilhante do céu noturno, tem seu nascer helíaco⁹. Há também alinhamentos relacionados com o nascer do Sol no dia do solstício de verão e outros que permitem prever a época de início das chuvas de verão, algo muito importante para os habitantes daquela árida região (MEGALITHIC [...] 2011).

No Brasil também há sítios arqueológicos nos quais existem evidências de alinhamentos de blocos de rochas que indicam as posições do nascer e o pôr do Sol em dias específicos. Um deles é o sítio arqueológico do Rego Grande, que se localiza em Calçoene, município a 380 quilômetros ao norte de Macapá. Ali há um arranjo de 127 blocos de rochas que formam um círculo de 30 metros de diâmetro, construído entre 800 e 1.000 anos atrás.

Um dos monólitos desse sítio está inclinado de modo a alinhar-se com a trajetória do Sol no dia do solstício de inverno. Desse modo, no momento da passagem meridiana¹⁰ do Sol nesse dia, não há projeção de sombra pelo monólito. Há ainda outros alinhamentos que estão relacionados com os dias de equinócio e um conjunto de monólitos que marcam a direção leste-oeste (PIVETTA, 2011).

Além do Sol, da Lua e de Sírius, o grupo das Plêiades foi outro dos objetos celestes que mais tiveram a atenção das sociedades primitivas, principalmente devido a uma combinação de visibilidade e localização no céu e da coincidência de seu nascer e ocaso próximos aos do Sol ocorrerem durante períodos importantes do calendário das estações. As Plêiades foram observadas e estudadas por muitos povos de todos os continentes, na maioria das vezes com o intuito de determinar o momento de iniciar certas operações incluídas no calendário agrícola, a partir das datas do surgimento e do desaparecimento deste grupo de estrelas no céu noturno (AVENI, 1991).

⁹ O nascer helíaco de um astro acontece quando ele nasce no mesmo instante que o Sol.

¹⁰ A passagem meridiana de um astro corresponde ao instante em que o astro, no seu movimento diurno, passa pelo meridiano local.

5.3 Os primeiros registros

Todo esse conhecimento que as antigas civilizações possuíam sobre as regularidades dos movimentos dos astros pelo céu certamente foi adquirido por meio de observações sistemáticas efetuadas ao longo de várias gerações. Dentre os mais antigos registros astronômicos escritos, que datam de aproximadamente 3000 a.C., destacam-se os que foram deixados por chineses, babilônios, indianos e egípcios, sendo que alguns deles apresentam linguagem figurada, de cunho religioso ou mitológico, mas, de qualquer modo, atestam as preocupações daquelas civilizações com as coisas do céu.

Ronan (1987) considera que a Astronomia ocidental tem suas raízes na Mesopotâmia, região onde se desenvolveram várias civilizações. O surgimento da escrita cuneiforme entre os sumérios possibilitou que hoje se conheça muito de sua cultura e, particularmente, de seus estudos do céu. Os sumérios não aprofundaram esses estudos a ponto de desenvolverem teorias sobre os acontecimentos celestes, mas influenciaram a Astronomia babilônica.

De acordo com Simaan e Fontaine (2003), registros provenientes da Babilônia, datados de um período entre 2000 a.C. e 500 a.C, contêm tabelas com anotações diárias das posições do Sol, da Lua e dos planetas e mostram que os babilônios se dedicaram com afinco à observação do céu e, nesse campo, sobrepujaram todos os povos da antiguidade. Seus dados permitiam que previssem acontecimentos astronômicos como eclipses e percebessem que os planetas, nos seus movimentos pela abóbada celeste, sempre se encontravam próximos da eclíptica¹¹. Nessa faixa do céu, criaram doze constelações, ou seja, identificaram grupos de estrelas que representam predominantemente animais, daí a denominação de zodíaco, círculo de animais.

Por volta do século VI a.C., a tarefa de observar o céu passou a ser incumbência dos sacerdotes babilônios e seus registros foram utilizados para estabelecer o calendário das atividades agrícolas e marcar as datas das festas religiosas. Posteriormente, com o auxílio de tabelas das posições dos astros no céu elaboradas em épocas anteriores e com a aplicação de cálculos matemáticos, foram capazes de prever as posições futuras daqueles astros e também acontecimentos raros, como os eclipses. Isso fez com que os babilônios acreditassem que os sacerdotes possuísem um poder superior, daí lhes serem atribuídos outros, como falar com os deuses, dominar o tempo e curar enfermidades. Com isso, a classe sacerdotal passou a gozar de enorme prestígio o que lhe conferia privilégios e para não perdê-los mantiveram seus

¹¹ A eclíptica corresponde à trajetória anual aparente que o Sol descreve no céu, com relação às estrelas.

conhecimentos em segredo, o que transformou a Astronomia em um instrumento de poder (SIMAAN; FONTAINE, 2003).

Ronan (1987) afirma que, mesmo com todo esse conhecimento, os babilônios não se ocuparam em criar modelos para explicar os movimentos dos astros. Para eles, o importante era interpretar a distribuição das estrelas, dos planetas do Sol e da Lua no céu, pois acreditavam que esta se dava por obra dos deuses para o benefício da humanidade. Assim, a configuração do céu influenciaria nos acontecimentos terrestres e mais especificamente nos seres humanos. Sua interpretação permitia entender a vontade dos deuses.

Habitando o norte da África e na mesma época que os babilônios, a civilização egípcia se desenvolveu às margens do Nilo e dependia sobremaneira do comportamento do rio, de modo que prever o período das cheias anuais era uma questão de extrema importância. Os sacerdotes egípcios, que eram encarregados das observações astronômicas, utilizaram o céu para a determinação do tempo, pois perceberam que o início do período de inundação acontecia na época em que a estrela Sírius se tornava visível no céu imediatamente antes do nascer do Sol. A partir daí construíram um calendário baseado no movimento dessa estrela, cujo ano era dividido em três estações: a inundação (chegada das águas), a emersão (saída das águas) e a colheita (falta de água) (RONAN, 1987).

Entretanto, como afirmam Simaan e Fontaine (2003), os egípcios, assim como os babilônios, não se preocuparam com o desenvolvimento de teorias que explicassem os movimentos dos astros pelo céu. Suas observações tinham importância prática. Ideias realmente revolucionárias em astronomia tiveram que esperar pela chegada dos gregos.

5.4 A Grécia e os primeiros modelos

Na antiguidade ocidental, foi na Grécia que, além de se registrar, colecionar e examinar observações, estabeleceram-se grandes esquemas de racionalização do universo sem recorrer a explicações mágicas. Os primeiros filósofos da natureza formularam idéias e criaram interpretações que pretendiam manter-se por si mesmas, sem invocar entidades que as garantissem (RONAN, 1987).

Por volta de 2.600 anos atrás, quando já se havia coletado uma considerável quantidade de dados, os astrônomos gregos começaram a dar suas contribuições. Em uma primeira etapa, seus trabalhos se apoiaram nos pensamentos e observações de seus precursores, em especial, os babilônios. Não demorou muito para acrescentarem suas características próprias. A Astronomia e, em geral, as ciências naturais em conjunto, iriam

converter-se nos alicerces sobre os quais construiriam as cadeias lógicas de seus pensamentos. Diferentemente de seus antecessores, sem perceptível interesse econômico nem aparente necessidade religiosa, especializaram-se em propor modelos abstratos (OSTER, 1978).

Bernal (1975) considera que o início da Astronomia grega aconteceu com Tales de Mileto (c.624-c.547 a.C.). A concepção de universo de Tales se limitava ao entorno próximo. Considerava que a Terra era um disco que flutuava nas águas de um mar imenso, com a Grécia ocupando o centro do Universo. Tales assegurava que a água era o constituinte inicial de todas as coisas, a partir da qual toda a matéria tinha evoluído e se diferenciado em todos os seus aspectos.

Essas ideias não foram compartilhadas por Platão (427-348 a.C.). De acordo com Ronan (1987), Platão considerava que o universo era ordenado e hierarquicamente organizado, dividido em duas partes, os mundos supralunar e sublunar. Nesta última região dominava a imperfeição e nela era possível ocorrerem mudanças, de modo que a Terra, por não ser digna da perfeição, ocupava uma posição hierarquicamente inferior aos demais astros. Na região supralunar dominavam a perfeição e a imutabilidade.

Para Platão o universo era único, com a Terra fixa no centro e em torno da qual se moviam, com diferentes velocidades, o Sol, a Lua e os planetas. Em seu universo, os corpos celestes eram divinos e, por ocuparem o mundo supralunar, deviam mover-se segundo órbitas circulares, cada um mantendo sua velocidade constante. Platão acreditava que a especulação filosófica sobre o universo era mais esclarecedora do que a observação precisa dos movimentos, de modo que as verdadeiras revoluções dos corpos no universo deviam ser compreendidas pelo intelecto e não pela visão (KOESTLER, 1961).

Nessa linha, os gregos propuseram que as estrelas estavam presas a uma esfera que girava em torno da Terra, a chamada esfera das estrelas fixas. Tal conjectura baseia-se na impressão que se tem, quando se observa as estrelas no céu, de que elas parecem girar fixamente distribuídas sobre uma superfície encurvada.

Por influência dos pitagóricos e de sua admiração pela beleza e pela simetria, os gregos assumiram que o céu e a Terra fossem esféricos e que todos os movimentos celestes fossem circulares e uniformes, movimentos por eles considerados perfeitos. Essa ideia estética, mais poética do que científica, apresentou para os astrônomos gregos um problema difícil, pois eles almejavam um sistema que explicasse os movimentos do Sol, da Lua, dos planetas e das estrelas e satisfizesse aquela exigência de perfeição numérica. As tentativas de solução a esse problema, tarefa de séculos, foram insuficientes para descrever exatamente os movimentos celestes dos astros, que ignoravam aquela ambição.

Simaan e Fontaine (2003) e Koestler (1961) afirmam que num dos modelos, Eudóxio de Cnida (c.406-355 a.C.) combinava 27 esferas concêntricas que deveriam ser invisíveis e transparentes, com rotações uniformes em torno de eixos inclinados entre si, com a Terra imóvel no centro de tudo. Embora complexo e engenhoso, esse modelo não dava conta de reproduzir os movimentos dos planetas, apresentando erros consideráveis na previsão de suas posições no céu, além de não explicar as variações de brilho dos mesmos. Posteriormente, Aristóteles (384-322 a.C.) ampliou esse modelo, atingindo um total de 55 esferas.

Aristóteles contribuiu com um modelo de universo finito, esférico e limitado pela esfera das estrelas fixas, fora do qual nada existiria, nem mesmo tempo e matéria. O universo de Aristóteles tinha uma estrutura hierarquizada e ordenada e era composto por cinco elementos fundamentais, quatro terrestres – a terra, a água, o ar e o fogo – e um divino, o éter. Esse último era um elemento perfeito, que compunha os céus, onde reinava a perfeição, e os demais, imperfeitos, formariam o mundo sublunar onde predominava a imperfeição (FERRIS, 1990).

Outras tentativas de explicar os movimentos no céu foram elaboradas pelos pensadores gregos. Anteriormente à proposta de Eudoxio, Filolau (c.470-c.385 a.C.), que provavelmente foi o primeiro a supor que a Terra se deslocava pelo espaço, propôs que o centro fosse ocupado por um Fogo Central, Héstia, que não era o Sol. Girando em órbitas circulares em torno de Héstia estariam a Anti-Terra, a Terra, a Lua, o Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter, Saturno e a esfera das estrelas. A Anti-Terra foi imaginada por Filolau para completar o número de dez astros, considerado o número perfeito pelos pitagóricos, tendo ainda a função de impedir a observação do Fogo Central, interpondo-se sempre entre este e a Terra (KOESTLER, 1961).

A ideia do heliocentrismo floresceu no século III a.C., proposta por Aristarco de Samos (310-230 a.C.), que apresentou um modelo em que a Terra girava diariamente em torno de seu eixo, e com o Sol estacionário no centro do universo, com os demais astros girando em torno dele em órbitas circulares. No entanto, seu modelo não foi bem aceito e logo caiu no esquecimento (FERRIS, 1990).

Muitos modelos foram elaborados até se chegar ao mais aperfeiçoado, o de Cláudio Ptolomeu (c.90-c.168), no qual a Terra, esférica e imóvel, reinava no centro do Universo e, em torno dela, todo o cosmo girava a cada dia. Cada astro tinha uma órbita circular, em ordem de distância, Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno e por fim a esfera das estrelas. Para dar conta da complexidade dos movimentos planetários criaram-se os epiciclos, que são circunferências adicionais, de raio muito menor que o da órbita do planeta, e com seu

centro localizado sobre essa órbita. As dezenas de circunferências utilizadas por Ptolomeu tornavam seu sistema extremamente complexo (KOESTLER, 1961).

Mesmo com toda complexidade, a ideia de planetas presos a esferas, em particular a esfera das estrelas fixas, e a divisão entre a região celeste onde reinava a perfeição e a região terrestre imperfeita foi tão plausível que passou a fazer parte das explicações sobre o Universo até o início dos tempos modernos, como se pode observar no Canto X de Os Lusíadas em que a deusa Tétis conduz Vasco da Gama a um monte e descreve-lhe a máquina do mundo:

Este orbe que primeiro vai cercando
 Os outros mais pequenos, que em si tem,
 Que está com luz tão clara radiando,
 Que a vista cega e a mente vil também,
 Empyreo se nomeia, onde logrando
 Puras almas estão de aquelle Bem
 Tamanho, que elle só se entende e alcança,
 De quem não há no mundo semelhança.
 [...]
 Debaxo d'este grande Firmamento
 Vês o ceo de Saturno. Deos antigo;
 Jupiter logo faz o movimento,
 E Marte abaxo, bellico inimigo;
 O claro olho do ceo no quarto assento,
 E Venus, que os amores traz comsigo;
 Mercurio, de eloquencia soberana;
 Com tres rostos debaxo vai Diana.
 (CAMÕES, 1964, p. 465-9).

Ptolomeu foi o último grande astrônomo grego. Depois dele, a ciência astronômica, que já estava em decadência desde o início da era cristã, acaba por sucumbir e nos séculos seguintes quase nada se fez neste campo.

5.5 Os céus de outras civilizações

Ao mesmo tempo em que o conhecimento astronômico se desenvolvia no Oriente Médio e no norte da África, vários outros povos, em outras regiões do planeta, escrutavam o firmamento com finalidades diversas.

Encontraram-se evidências de estudos do céu na Índia já por volta de 8.000 anos atrás e, assim como ocorreu em muitas outras culturas, desde sua origem, houve uma mescla dos conhecimentos do que hoje separamos em astronômicos e astrológicos. Entre os indianos existia uma profunda crença de que a vida humana tinha relação direta com o cosmo e, portanto, sofria influência do céu (RONAN, 1987).

Embora estudassem com detalhes o céu, os astrônomos indianos não se preocuparam em construir uma teoria para explicar os movimentos dos astros pelo firmamento, pois seu objetivo principal era a elaboração do calendário, mas identificaram os cinco planetas visíveis a olho nu e foram capazes de prever a ocorrência dos eclipses. Tampouco se preocuparam em catalogar e classificar as estrelas, mas as utilizavam como referência para registrar as posições do Sol e da Lua no decorrer do tempo, importantes para a confecção do calendário (RONAN, 1987).

O contato com as culturas mesopotâmica, no século V a.C., e, posteriormente, com a grega, em meados do século II, levou à Índia o conhecimento das tabelas de posições planetárias e de uma teoria planetária – o modelo de Ptolomeu para o movimento planetário, o qual acabou por ser adotado pelos indianos a partir do século III. O trabalho com esses dados propiciou o desenvolvimento de uma Astronomia matemática na Índia, principalmente a partir do século VI, com o astrônomo Ariabata I (476-550). Ele fez estimativas das distâncias entre a Terra e a Lua e entre a Terra e o Sol, das dimensões desses dois astros e escreveu um tratado sobre astronomia no qual defendeu a esfericidade da Terra, a rotação sobre o seu eixo, e sua translação ao redor do Sol, além da explicação das causas dos eclipses e a forma de prevê-los (RONAN, 1987).

Na China, o estudo do céu desenvolveu-se ainda mais cedo, existindo evidências de que há 10.000 anos já eram realizadas observações de fenômenos celestes. Para os antigos chineses, o universo era um organismo e o que acontecia em uma de suas partes refletia-se em todo o resto. Por isso, como em muitas outras civilizações, acreditavam que os acontecimentos do céu afetavam o ser humano, mas, diferentemente de outros povos, acreditavam no processo inverso, que o comportamento dos homens, em particular dos governantes, afetava o céu.

Essa concepção de universo integrado estimulava a observação e o estudo do que ocorria no céu. Além dos movimentos das estrelas, dos planetas, do Sol e da Lua, os chineses também identificaram e registraram vários fenômenos celestes esporádicos, periódicos ou não, como eclipses, aparições de cometas e de novas estrelas¹². Hoje, esses antigos registros chineses são de grande valor para o estudo de fenômenos periódicos como os eclipses e o aparecimento de cometas recorrentes e também eventuais como a explosão de estrelas, pois permitem aos astrônomos e historiadores modernos datarem acontecimentos passados.

¹² Existem estrelas que variam periodicamente a intensidade de seu brilho e passam a ser visíveis onde antes aparentemente não existia uma estrela. São as denominadas “novas”. Há estrelas que explodem, aumentam violentamente seu brilho uma única vez e depois desaparecem. São as “supernovas”.

A medida do tempo foi uma tarefa importante dos astrônomos chineses e para isso utilizavam tanto o movimento do Sol quanto o da Lua. Por volta de 1500 a.C. já conheciam a duração do ano solar e o intervalo de tempo entre duas fases iguais da Lua. Por meio da combinação desses dois períodos, elaboraram um eficiente calendário lunissolar. Os agricultores orientavam-se por este calendário que também servia para marcar as datas de certas cerimônias religiosas (RONAN, 1987).

Na América Central, desenvolveram-se vários grupos culturais, como os olmecas, os zapotecas, os astecas e os maias, que cultivaram grande interesse por observar, conhecer e medir os movimentos e os ciclos de certos astros. De acordo com León-Portilla (1986), para os centro-americanos antigos, o ser humano vivia em um universo regido pelo Sol, que era a fonte da vida e considerado uma divindade. Em função dos ciclos solares, os centro-americanos estabeleceram seu calendário com toda a gama de implicações que o acompanha. Estas abarcavam, entre outras coisas, o estabelecimento das atividades agrícolas, das festas religiosas e a previsão dos momentos propícios ou adversos para a realização de qualquer evento importante da sociedade.

Dentre as civilizações que floresceram na região centro-americana, a que mais se destacou na observação astronômica foi a maia, que teve seu apogeu entre os séculos III e VIII. Os maias desenvolveram um sistema de escrita muito eficiente e embora grande parte de seus manuscritos, os códices, tenha sido destruída pelos espanhóis na época da conquista, o pouco que restou mostra que os maias observaram cuidadosamente o céu e confeccionaram extensas tabelas de posições do Sol, da Lua e de Vênus. Mas seu interesse pelo curso dos corpos celestes se voltava a aspectos utilitários, como a medida de tempo, ou astrológicos (AVENI, 1989).

Broda (1986) afirma que os maias utilizavam dois processos para medir o tempo, um cíclico e de curto período e outro contínuo e longo. O calendário curto resultava da combinação de vários ciclos, que eram comuns a outros povos centro-americanos contemporâneos a eles. Um dos períodos, provavelmente de origem na cultura olmeca, era o *tzolkin* de 260 dias, e tinha caráter religioso, outro, o *haab*, correspondia ao ano solar de 365 dias e tinha natureza civil e agrícola, e o terceiro correspondia ao período sinódico¹³ de Vênus, de 584 dias. O período longo, cujo ano tinha 360 dias, era usado para medir o tempo transcorrido desde a criação do mundo e sua finalidade era registrar os fatos históricos de forma linear.

¹³ O período sinódico de um astro é o intervalo de tempo entre duas configurações idênticas do sistema Sol-Terra-astro.

Há que se destacar o período de 260 dias no calendário curto, que é único entre as medidas de tempo das antigas civilizações. De acordo com Gibbs (1980), existem várias hipóteses para explicá-lo. Uma admite que resultasse simplesmente do processo de contagem dos dias e meses utilizado pelos maias para compor o ano, que era formado por 13 meses, cada um com 20 dias. Outra hipótese o relaciona com o período de gestação humana, mas as hipóteses mais convincentes têm raízes astronômicas. Uma delas supõe que a escolha desse período tenha se baseado no intervalo de tempo entre duas passagens zenitais do Sol na latitude da região onde se desenvolveu a cultura olmeca, que era de 260 dias. Outra hipótese, hoje considerada mais plausível, é que o planeta Vênus fica visível no céu como a estrela da manhã durante cerca de 260 dias seguidos.

Combinações desses ciclos constituíam os períodos mais longos do calendário maia. Por exemplo, para combinar os períodos de 260 e 365 dias são necessários 18.980 dias ($73 \times 260 = 52 \times 365 = 18.980$), ou seja, 52 anos do calendário que utilizamos hoje. Esse período correspondia ao “século” do calendário cíclico dos maias e também de outros antigos povos centro-americanos.

Embora os maias conhecessem com precisão os períodos lunares, eles não os utilizavam para a contagem do tempo (BRODA,1986). Seu calendário era essencialmente solar. Porém, como nos diz Ronan (1987), os maias foram capazes de determinar um ciclo lunar mais longo, relacionado à previsão de eclipses do Sol, período que provavelmente foi determinado na experiência observacional, uma vez que os maias não desenvolveram teorias explicativas para os movimentos dos astros pelo firmamento.

Na América do Sul, os primeiros sinais de agrupamentos humanos datam de aproximadamente 3500 a.C. e a maior civilização que se estabeleceu nessa região foi a inca, que se desenvolveu a partir do século XII e teve sua derrocada com a chegada dos espanhóis no século XVI.

Segundo Zereceda e Gil (2007), os incas se preocuparam em estudar o céu tanto de dia quanto de noite e, a partir de observações dos pontos de nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas no decorrer do ano, foram capazes de determinar os dias de solstícios, de equinócios e das passagens zenitais do Sol. Para os incas, era importantíssimo compreender o ciclo anual do Sol, pois a partir dele se estabeleciam tanto as atividades agrícolas quanto as celebrações litúrgicas.

A relação dos incas com o Sol era tão profunda que eles construíram observatórios solares em todas as regiões do seu império. Porém, como afirma Vargas (1986), esses

observatórios não eram apenas centros de estudos astronômicos, mas também templos muito importantes onde se rendiam cultos aos deuses.

Os incas desenvolveram uma visão diferente de constelação, não relacionada com agrupamento de estrelas, mas a zonas negras no interior da faixa clara da Via Láctea. Esse conceito de constelações escuras não foi exclusiva dos incas, mas próprio de culturas que habitavam regiões nas quais se pode observar a Via Láctea em condições excepcionais, ou seja, quando ela passa pelo zênite e quando o céu se apresenta livre de nebulosidade muitos dias durante o ano, como ocorre, sobretudo, na cordilheira dos Andes. Por habitarem essa região, os incas criaram constelações escuras nas quais identificavam, entre outros animais, uma serpente, uma raposa e, lógico, uma lhama (BOCCAS, 2000).

Quer seja no Oriente ou na América, durante o longo tempo em que floresceram e se consolidaram as diversas civilizações que habitaram essas regiões, o estudo do céu foi uma tarefa realizada com dedicação. O acúmulo de conhecimento possibilitou àqueles povos a medida do tempo e com isso foram capazes de construir calendários e orientar suas atividades agrícolas. Ao mesmo tempo, desenvolveram crenças de que a configuração dos astros no céu influía no destino das pessoas e que o surgimento de um cometa ou a ocorrência de um eclipse eram sinais indicativos de que ocorreriam desgraças. Esses dois aspectos da Astronomia se tornaram comuns a muitas civilizações.

5.6 Um milênio de sombras

O avanço de religiosidade cristã sobre a Europa freou o desenvolvimento da Astronomia. Segundo Oster (1978), os dogmas da fé estenderam-se por sobre as instituições e indivíduos e a natureza passou a ser uma manifestação inquestionável da vontade de Deus. O pensamento e a fé convergiram para além dos sentidos da experiência humana. As cogitações dos cientistas, as buscas de novos conhecimentos por meio da observação apareciam como heresias dignas de punição. Este declínio da razão explica porque os fenômenos naturais não eram discutidos, nem suas causas procuradas. As coisas do céu, no sentido religioso, absorviam todos os anseios e empenhos. Para o céu real, as ideias de Aristóteles e Ptolomeu tornaram-se fontes inquestionáveis da verdade, convenientes que eram, pois tinham o ser humano, obra maior de Deus, posto no centro do mundo, com tudo mais girando em sua volta.

Por outro lado, a Astronomia não pôde ser totalmente ignorada pela Igreja Católica, uma vez que seus conhecimentos eram necessários para, entre outras coisas, determinar as datas das festas móveis do calendário eclesiástico cristão, que acontecem a partir da data da

Páscoa, que, como já citado, é comemorada no primeiro domingo após a primeira lua cheia que ocorrer após ou no dia 21 de março. Por esse motivo, houve alguma reflexão sobre assuntos astronômicos por parte da Igreja Católica, mas esses estudos direcionavam-se para questões práticas, relevando os problemas teóricos, diferentemente do modo grego de pensar a natureza.

A obra dos astrônomos gregos, que não foi continuada pelos centro-europeus, o foi pelos árabes, que, entre os anos 600 e 1000, conquistaram a maior parte do que havia sido antes o mundo civilizado. Assim, acabam por descobrir e se fascinar pela filosofia e ciências gregas, assimilando-as nas traduções de textos do grego para o árabe. Eles não só as reconstruíram como o fizeram sem a influência das autoridades religiosas.

A cultura islâmica produziu uma geração de cientistas tão talentosos quanto os filósofos gregos clássicos. Como os grandes centros da cultura grega, em especial Alexandria, estavam sob domínio árabe e os textos antigos salvos com os comentários posteriormente adicionados, a ciência árabe pode se desenvolver sobre uma base mais ampla que a ciência européia. Os astrônomos árabes herdaram, junto com os escritos gregos, os problemas levantados por eles e, assim, se preocuparam, entre outros temas, com os movimentos dos planetas, a forma e as dimensões da Terra (OSTER, 1978).

Os pesquisadores Simaan e Fontaine (2003) afirmam que a expansão do comércio por toda a Europa no século X propiciou também a expansão do ensino, que na época era restrito aos monges e a algumas pessoas de elevadas posses, levando à abertura de escolas episcopais, destinadas aos clérigos, enquanto os monges continuavam a estudar nas escolas monásticas e permaneciam quase isolados do mundo. Embora tivesse como disciplina principal a teologia, em certos momentos esse ensino mostrou preocupação com a explicação dos fenômenos naturais, o que era tarefa difícil de realizar, devido ao limitado conhecimento acerca da filosofia da natureza de que se dispunha na época. Desse modo, iniciou-se uma procura por novos conhecimentos que acabaram por ser encontrados nos textos gregos preservados pelos árabes.

Essa busca pelo conhecimento grego exigiu a tradução de tais textos do árabe para o latim, tarefa executada principalmente por membros da Igreja Cristã, e levou à redescoberta de vários pensadores da antiga Grécia, principalmente Aristóteles. Sendo desenvolvidos predominantemente na Igreja Cristã, esses estudos acabaram por fundir o pensamento grego com o cristão, originando o pensamento escolástico que, por ter como base as ideias aristotélicas, sustentava um mundo geocêntrico.

Ronan (1987) afirma que a propagação desse conhecimento redescoberto para grande parte da Europa levou a Igreja Católica a propor novos sistemas teológicos que objetivavam conciliar a razão e a fé e, para isso, foi necessário um maior aprofundamento no estudo da filosofia natural, em especial, da cosmologia, uma vez que esta trata de assuntos relacionados com a criação do mundo. O expoente máximo dessa forma de abordagem foi São Tomás de Aquino (c.1225-1274). Ele acreditava que, usando tão somente a razão, não era possível determinar a existência de um dado instante de tempo no qual o mundo fora criado, já que não existia nada que proibisse o universo de ser eterno do ponto de vista puramente filosófico.

Para Tomás de Aquino, o conhecimento não provinha necessariamente da inspiração divina, pois que a razão também podia revelar a verdade e instalar a certeza. Tendo sido todas as coisas visíveis criadas por Deus, por meio delas seria possível identificar as características invisíveis do Criador, pois “o mundo da natureza era um livro escrito por Deus” (RONAN, 1987, v.2, p.154). Desse modo, a Igreja não precisava temer a nova filosofia que se espalhava, pois a ciência grega era capaz de decodificar o mundo criado por Deus e a Igreja e as Escrituras eram reveladoras dos assuntos como a Criação, a Gênese e a Salvação. Desse modo, ficaram integradas, por meio do tomismo, a fé cristã e a física de Aristóteles.

Tempos depois, começaram a surgir contestações a que o universo fosse limitado pela esfera das estrelas fixas. Nicolau de Cusa (1401-1464) talvez tenha sido o primeiro a se insurgir publicamente contra essa hipótese e, indo além, afirmou não ser possível conhecer plena e completamente o universo, por este ser infinito, sem, no entanto, utilizar explicitamente este termo, que ele reservou exclusivamente para Deus. Assim,

[...] Seu universo não é infinito (*infinitum*), mas sim intérmino (*interminatum*), o que significa não só que ele não possui limites nem se acaba num invólucro exterior, como também não é “terminado” em seus constituintes, ou seja, que carece inteiramente de precisão e rígida determinação. Ele nunca alcança o “limite”; o mundo é, no sentido pleno da palavra, indeterminado. Por conseguinte, não pode ser objeto de conhecimento total e preciso, mas apenas conhecimento parcial e conjectural [...]. (KOYRÉ, 1979, p. 18).

Nicolau de Cusa atacou também a concepção grega de que os planetas deveriam mover-se com movimento uniforme em órbitas circulares, hipótese que, como já destacado, levou à construção de complicados sistemas compostos por grande quantidade de esferas. Afirmou que tais pressupostos deveriam ser abandonados e que tais movimentos não existiam em parte alguma do universo. Outra ideia defendida por Nicolau de Cusa foi a diferença na percepção do espaço e dos movimentos por cada observador, devido à posição ocupada por ele no universo e, uma vez que nenhum observador poderia se arvorar o privilégio de ocupar uma posição privilegiada em relação a outros, poder-se-ia então admitir a existência de

diferentes imagens do universo sendo todas equivalentes, o que leva à impossibilidade de se apresentar uma visão única e objetiva do universo.

De acordo com Koyré (1979), essas concepções de Nicolau de Cusa não foram baseadas em estudos críticos das teorias astronômicas e cosmológicas de sua época e nem tinha intenção de promover uma reformulação dessas ciências. O pensamento de Nicolau de Cusa era essencialmente filosófico, mas ele tinha a disposição de utilizar a ciência como um instrumento para a filosofia e, com isso, chegou a algumas conclusões interessantes. Considerou que a lógica formal de Aristóteles era aplicável apenas a noções finitas, tornando-se inadequada quando considerava o infinitamente grande. Ele queria pensar sobre o universo incomensurável, que só poderia estar contido em um máximo absoluto, que era Deus.

Em seu estudo do universo, esses pontos de vista levaram-no a rejeitar a existência de um ponto central cósmico para o movimento celeste e a repudiar que a Terra era o centro de todas as coisas ou que era estacionária. De fato, acreditava que a Terra se movia, mas não em uma órbita, mas sim com um movimento aparente. Foi Nicolau também que sugeriu que a Terra não era o único lugar do universo em que havia vida. Seus argumentos em apoio a essas idéias eram filosóficos e expressos em linguagem teológica, mas apesar disso, foram importantes. (RONAN, 1987, v.2, p. 65).

Essas novas propostas de Nicolau de Cusa não sensibilizaram os astrônomos de sua época, de modo que continuou a predominar entre eles o modelo ptolomaico-aristotélico. Todavia um novo espírito, o espírito da Renascença, pode ser visto na obra de Nicolau de Cusa. Suas ideias sobre o mundo diferem totalmente da concepção medieval do cosmo, e, embora revolucionárias para a época, de modo algum podem ser comparadas à concepção moderna de universo infinito. Todavia, era o prenúncio de uma revolução que estava por se aproximar.

5.7 O homem retirado do centro do universo

Só no Renascimento os seguidores da Igreja Católica expressaram o desejo de obter novos conhecimentos, inclusive em contatos com integrantes de outras religiões, e, com isso, as realizações dos astrônomos árabes não passaram despercebidas nos locais em que predominava o cristianismo. Muitos estudiosos estavam ao menos inquietos com a possibilidade de obter novas traduções das obras gregas, de cuja existência sabiam. Com o incremento do intercâmbio com novos mundos, o interesse europeu pelos problemas reais da astronomia foi renovado. Em um primeiro momento, parte substancial desse interesse esteve centrado no estudo das autoridades do velho mundo, de forma que o pensamento e os

problemas gregos se converteram novamente no ponto de partida para as discussões entre os eruditos (SIMAAN; FONTAINE, 2003).

Nicolau Copérnico (1473-1543) propôs-se a incrementar a singeleza e precisão da teoria astronômica vigente, transferindo muitas das atribuições que até então se dava à Terra para o Sol. Essa revolução não se limitou a uma reforma astronômica, pois, com a publicação da obra de Copérnico produziram-se em seguida uma série de mudanças radicais na forma de compreender a natureza por parte do homem, inovações que culminaram um século mais tarde com o conceito newtoniano do universo. A revolução copernicana foi uma revolução no campo das ideias, uma transformação do conceito que o homem tinha do universo até aquele momento e de sua própria relação com o mesmo, e teve lugar nas investigações astronômicas.

De acordo com Ronan (1987), até meados do século XV, os europeus não produziram uma tradição astronômica capaz de rivalizar com a obra de Ptolomeu. Como Copérnico seguiu estudos superiores no final do século XV, tornou-se herdeiro das ideias de Ptolomeu e Aristóteles. Embora a ciência tenha desempenhado um importante papel no final da Idade Média, as forças intelectuais dominantes ainda eram teológicas. No entanto, as críticas escolásticas à obra de Aristóteles ofereceram alternativas que desempenharam uma função de máxima importância na preparação do caminho de Copérnico. Para os europeus contemporâneos a Copérnico, a Astronomia planetária era um campo quase novo, que foi elaborado num clima intelectual e social muito diferente daquele em que, até então tinham-se emoldurado os estudos astronômicos.

A observação contínua e sistemática dos astros exigida pela expansão da navegação, que por sua vez era impulsionada por uma crescente corrente comercial, e as conseqüentes mudanças sociais provocadas foram minando aquela visão mística, estática e antropocêntrica do Universo. De particular importância foi a travessia de Cristóvão Colombo (1451-1506), em 1492, e a posterior descoberta do mundo com as viagens de exploração empreendidas principalmente pelos espanhóis. Cinquenta anos depois da descoberta da América, no meio de um mundo que descobria a si mesmo e multiplicava suas relações, publicou-se a grande obra de Nicolau Copérnico, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*.

Copérnico morreu sem ver o livro publicado, pois atrasou sua publicação, preocupado pela reação que sabia que provocaria nas instituições religiosas. Ainda antes da divulgação do livro, Martinho Lutero (1483-1546), conhecedor das ideias de Copérnico, já o qualificava de louco e herege por pôr em dúvida a infalibilidade da Bíblia. Efetivamente, Copérnico deslocou a Terra, e, conseqüentemente, o ser humano, do centro do Universo, propondo que a

Terra, longe de estar fixa na posição central, girava vertiginosamente ao redor de si mesma e do Sol (SIMAAN; FONTAINE, 2003).

As razões apresentadas por Copérnico para adotar o Sol como centro de seu sistema não foram baseadas em descobertas ou observações astronômicas que mostrassem indubitavelmente a incorreção das antigas teorias e que indicassem a necessidade de mudanças. Embora tenha apresentado premissas de ordem física, a principal razão para se contrapor à hipótese geocêntrica era metafísica (SILVEIRA, 2002).

Essa inspiração metafísica pode ser percebida no texto de Copérnico, quando se refere à ordem das esferas celestes:

No meio de todos encontra-se o Sol. Ora quem haveria de colocar neste templo, belo entre os mais belos, um tal luzeiro em qualquer outro lugar melhor do que aquele donde ele pode alumiar todas as coisas ao mesmo tempo? Na verdade, não sem razão, foi ele chamado o farol do mundo por uns e por outros a sua mente, chegando alguns a chamar-lhe seu Governador. [Hermes] Trimegisto apelidou-o de Deus visível e Sófocles em Electra, o vigia universal. Realmente o Sol está como que sentado num trono real, governando a sua família de astros, que giram à volta dele. (COPÉRNICO, 1984, p. 51-52).

A proposta de Copérnico, como era de se esperar, encontrou resistência em distintas áreas, tendo sido rechaçada por astrônomos, filósofos e religiosos. Em princípio a Igreja Católica mostrou-se indiferente ao livro de Copérnico, talvez devido ao cuidado demonstrado por Andreas Osiander (1498-1552), que no prefácio da obra a apresentou como uma forma de facilitar os cálculos astronômicos e não como uma proposta alternativa ao sistema de Ptolomeu. Só muitos anos depois, o livro de Copérnico foi colocado no Índice da Igreja Católica. Por outro lado, os protestantes, liderados por Lutero, atacaram imediata e violentamente a teoria de Copérnico.

A ruptura de paradigma concebida por Copérnico ainda manteve muito do que era proposto pelo sistema de Ptolomeu: o universo continuava a ter um centro, agora o Sol, os planetas ainda eram conduzidos em seus movimentos por esferas transparentes, os epiciclos foram mantidos para explicar algumas aparentes irregularidades nos movimentos dos planetas e, principalmente, a limitação do universo pela esfera das estrelas fixas. O sistema continuava muito complexo, a despeito de ser aparentemente mais simples que o anterior, e a precisão obtida não era maior do que a do sistema ptolomaico.

5.8 Rompendo a esfera das estrelas

Um dos primeiros a rejeitar a hipótese de que as estrelas estavam todas à mesma distância, considerando-as espalhadas pelo espaço ao invés de fixas em uma esfera que limitava o universo, foi o astrônomo inglês Thomas Digges (c.1546-1595) (KOYRÉ, 1979). Em 1576, Thomas escreveu um suplemento, *A perfit description of the coelestiall orbes*, para uma edição de um livro de seu pai, com a intenção de divulgar a teoria de Copérnico, da qual era adepto. Nesse trabalho, há um esquema representando o modelo copernicano do mundo, com o Sol ocupando o centro e os planetas girando ao seu redor. Digges não utilizou uma esfera para localizar as estrelas, mas as distribuiu por toda página, sinalizando considerar que elas não ocupavam a superfície de uma esfera, portanto todas à mesma distância do Sol. Esse desenho trazia no seu bojo uma nova concepção: a ideia de universo finito predominante na Idade Média migrava para uma nova, de infinitude do cosmo.

Entretanto, as ideias de Thomas Digges, embora revolucionárias, não conseguiram propor uma representação do universo baseada apenas em conceitos astronômicos, mas ainda mantinham as concepções teológicas dos modelos vigentes, de modo que ele se preocupou em encontrar um lugar para a divindade em seu sistema. Até essa época, os sistemas de mundo situavam tudo o que dizia respeito ao pensamento teológico no Céu Empíreo¹⁴, localizado além da esfera das estrelas fixas. Para Digges, as estrelas se estendiam infinitamente, num espaço que se podia chamar de teológico, e não astronômico. Ele colocou o céu entremeando as estrelas, mas manteve a separação entre o mundo dos planetas e o mundo celestial, local da corte de Deus, da habitação dos eleitos e dos anjos celestiais (KOYRÉ, 1979).

Essa limitação, em termos científicos atuais, do pensamento de Digges foi suplantada pelo modelo de universo concebido por Giordano Bruno (1548-1600). Simaan e Fontaine (2003) afirmam que Bruno provavelmente conheceu o trabalho de Digges em Londres entre 1583 e 1585. Inspirado nas ideias dos filósofos Demócrito (460-362 a.C.) e Lucrecio (97-55 a.C.) Bruno acreditava na existência de muitos mundos habitados. Suas concepções sobre o universo se assemelhavam a algumas de Nicolau de Cusa, em particular a de que o universo não apresentava um centro, mas que o centro estava em toda parte.

Apesar de defender o sistema de mundo de Copérnico, Giordano Bruno acreditava na existência de incontáveis sistemas planetários, espalhados pelo espaço infinito, de modo que rejeitava não só o geocentrismo, mas também o heliocentrismo e, como se isso fosse pouco, combateu ainda o antropocentrismo, considerando que aqueles infinitos sistemas planetários

¹⁴ Céu Empíreo: local mais elevado dos céus, reservado para os deuses, os anjos, os santos e os seres abençoados.

continham outros mundos habitados por outros seres vivos. Essa amplitude do pensamento de Bruno, que foi muito além de Copérnico, permite considerá-lo como o idealizador da primeira construção cosmológica semelhante às modernas concepções do universo (SIMAAN; FONTAINE, 2003).

Em sua obra *De l'infinito universo e mondi*, Bruno se expressa por meio da fala do personagem Filoteo

Uno, portanto, é o céu, o espaço imenso, o âmago, o continente universal, a eterna região onde tudo se move. Ali se encontram inúmeras estrelas, astros, globos, sóis e terras, que, infinitos, argumentam racionalmente entre si. O universo, imenso e infinito, é o composto resultante de tal espaço e de tantos corpos. (BRUNO¹⁵, 1584 apud ASTRONOMIA [...], 1985, p. 302).

Mais adiante, tem-se a fala de outro personagem, Eupino, “Há, então, inúmeros sóis, e um número infinito de terras giram em torno desses sóis, da mesma forma que as sete que podemos observar giram em torno deste Sol que está próximo de nós.” (BRUNO¹⁶, 1584 apud KOYRÉ, 1979, p. 55).

Nessa mesma obra, Bruno questiona se os demais sóis e mundos que compõem o universo seriam de alguma forma visíveis e conclui, um tanto indeciso, que a única possibilidade era de que esses sóis fossem as estrelas, como se pode observar dessa outra fala de Eupino: “Julgais portanto que se os astros, além de Saturno, são realmente imóveis como parecem ser, são então inumeráveis sóis ou fogos mais ou menos visíveis a nós, em torno dos quais circulam suas próprias terras próximas, que não são visíveis por nós?” (BRUNO¹⁷, 1584 apud KOYRÉ, 1979, p. 57).

Foi com Bruno que pela primeira vez se considerou as estrelas como tendo uma natureza física semelhante ao Sol e que a diferença de brilho que apresentam no céu se deve às diferentes distâncias a que se encontram da Terra. Hoje essa intuição de Bruno pode parecer óbvia, mas foi apenas nos primeiros anos do século XIX que se conseguiu medir a distância das estrelas mais próximas, o que possibilitou calcular suas luminosidades e concluir que eram semelhantes à do Sol.

Lamentavelmente Bruno teve que enfrentar as consequências de seu pensamento radical e foi queimado na fogueira porque contrariava os pensamentos defendidos pelo catolicismo.

¹⁵ BRUNO, Giordano. *De l'infinito universo e mondi*. Venetia, 1584.

¹⁶ *Ibid.*, p. 334.

¹⁷ *Ibid.*, p. 336.

Outro grande pensador que muito contribuiu para o desenvolvimento das ideias sobre o universo foi Kepler. Em 1596, ele propôs um modelo de universo baseado no sistema copernicano e afirmou ser aquele o único sistema capaz de se ajustar aos arquétipos que Deus havia usado para colocar em ordem o universo: os cinco poliedros regulares da Geometria (tetraedro, cubo, octaedro, icosaedro e dodecaedro) intercalados entre as órbitas dos seis planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno) (MOURÃO, 2003).

As inquietações que levaram Kepler à busca de decifrar os mistérios do universo foram os porquês da existência de apenas seis planetas, das suas distâncias do Sol e das relações entre elas e os respectivos períodos de revolução. Devido a seu espírito profundamente religioso, Kepler procurou as respostas na vontade divina e acreditava que a explicação para a estrutura do universo deveria ter justificativas teológicas, fato que fica evidente quando ele justifica a posição da Terra no seu universo:

De fato, creio que do amor de Deus pelos homens se pode deduzir a causa da maior parte das coisas deste mundo. Certamente ninguém negará que Deus tenha tido em mente o futuro habitante no momento de ordenar o seu domicílio. Pois o homem é a finalidade do mundo e de toda criação. Em consequência, eu penso que a Terra, que deveria dar e prover a verdadeira imagem do Criador, foi por Ele julgada digna de circular exatamente no meio dos planetas, de modo que tivesse no interior de sua órbita tantos quantos fora dela. Para conseguir isso, Deus adicionou o Sol aos outros cinco astros, ainda que seja ele seja diferente em tudo. (KEPLER, 1992, p. 106).

Apesar de propor uma estrutura de natureza cosmológica para a ordenação do universo, as ideias de Kepler guardavam um fundo religioso. Para ele, Deus havia deliberadamente estabelecido as distâncias entre os planetas em bases geométricas. Daí a utilização dos poliedros regulares (MOURÃO, 2003).

Essa vertente teológica de Kepler continua a aparecer em seus trabalhos subsequentes. Em livro publicado em 1618, concordou com a concepção de universo de Bruno e a apresentou em um desenho no qual as estrelas aparecem uniformemente distribuídas em um fundo escuro, sendo que próxima de uma delas está grafada a letra M, representando o nosso mundo em uma posição qualquer, não privilegiada.

Se não existe conhecimento mais seguro quanto às estrelas fixas, a região que elas ocupam parece poder ser infinita; e nosso sol não seria mais que uma das estrelas fixas, maior, mais brilhante para nós, porque [está] mais perto de nós do que as estrelas fixas; e nesse caso, em torno de qualquer uma das estrelas fixas pode haver um mundo como o que existe em torno de nós; ou, o que é exatamente a mesma coisa, entre inumeráveis regiões que existem nessa infinita acumulação das estrelas fixas, nosso mundo com seu sol seria mais uma [região] em nada diferente de outras regiões em torno das demais estrelas fixas, como [está representado] na figura designada pela letra M. (KEPLER¹⁸, 1866 apud KOYRÉ, 1979, p. 81).

¹⁸ KEPLER, Johannes. Epitome astronomiae Copernicae. In *Opera omnia*, v. 6, Frankoforti et Erlangae, 1866.

A concepção que Kepler tinha do mundo era menos avançada que a de Giordano Bruno, de acordo com o que se pode deduzir das ilustrações de seu livro. Tendo por base as acuradas medições das posições planetárias efetuadas por Tycho Brahe (1546-1601) antes da invenção do telescópio, Kepler colocou o Sol e os planetas em uma posição especial no centro de uma grande cavidade, enquanto as estrelas estavam distribuídas pelo espaço com as distâncias entre elas muito menores que a distância entre o Sol e as estrelas mais próximas.

De acordo com Simaan e Fontaine (2003), o Sol assumia importância ímpar no universo de Kepler: era o centro matemático a partir do qual eram descritos os movimentos dos planetas, era o centro físico de onde provinha a emanção que mantinha os planetas em órbita e também era um centro metafísico, associado ao Criador, que para Kepler não era como o Deus cristão. Era sim trino, como imaginavam os cristãos, mas era principalmente um arquiteto e geômetra, como postulavam Pitágoras e Platão, e a interpretação de sua obra era a tarefa dos astrônomos. O universo de Kepler era um símbolo da Trindade da doutrina cristã na qual o Pai era representado pelo Sol, o centro de tudo, o Filho o era pela superfície da esfera que circunda o mundo e o Espírito Santo era representado pelo interior dessa esfera. Tudo construído com bases matemáticas.

Mas Kepler não considerava que o universo fosse infinito, como é possível confirmar no trecho a seguir:

Isto [a infinitude do mundo] com efeito [foi afirmado] por Bruno e alguns outros. Mas [mesmo] que os centros das estrelas fixas não estiverem sobre a mesma superfície esférica, não se segue que a região em que se acham dispersas seja em toda parte semelhante a ela própria. Na verdade, no meio dela [da região das estrelas fixas] há certamente um vazio imenso, uma cavidade oca, cercada por fileiras cerradas de estrelas fixas e circunscrita por uma parede ou abóbada; é no seio dessa imensa cavidade que nossa Terra, com o Sol e os astros móveis [planetas], está situada. (KEPLER¹⁹, 1618 apud KOYRÉ, 1979, p. 82).

Kepler procurava desvendar os mistérios cósmicos, mantendo em suas buscas uma grande componente teológica. Porém Galileu Galilei (1564-1642) foi mais pragmático e começou a observar o céu, usando uma luneta que ele próprio construía. Descobriu manchas no Sol e que a Lua não era lisa, mas recoberta de montanhas e crateras, mostrando que esses corpos apresentavam imperfeições, diferentemente do que se pensava deles. Verificou que Vênus apresentava fases como a Lua, que a Via Láctea compunha-se de uma grande quantidade de estrelas de brilho muito fraco e a existência de quatro satélites que giravam ao redor de Júpiter.

¹⁹ Ibid., p. 137.

Essas descobertas não constituíam prova da teoria de Copérnico, mas ajudavam a abalar a crença na perfeição e imutabilidade do cosmo, além de mostrar que existia outro centro de rotação além da Terra. Tudo isso contrariava os dogmas da época, denunciando crenças falsas e abrindo caminho para cogitar que o intocável sistema geocêntrico também poderia ser falso.

Galileu escreveu um grande tratado sobre esses temas, o que lhe proporcionou, além de um lugar de honra na história da ciência, grandes problemas com o Tribunal do Santo Ofício, ou seja, com a Inquisição da Igreja Católica, que subscrevia as teses de Ptolomeu, uma vez que Deus deveria querer que sua maior criação, o ser humano, ocupasse o centro do universo.

Apesar da obcecada oposição religiosa, a teoria de Copérnico acabou por impor-se e iniciou um processo em que a ciência foi desvelando um mundo totalmente diferente das falsas noções da magia e da religião.

Kepler continuou determinado a encontrar a perfeição na elegante distribuição dos astros elaborada pelo criador e, nos seus estudos, descobriu que as órbitas dos planetas não eram circulares, mas elípticas, que os planetas se deslocavam mais rapidamente quando estavam mais próximos do Sol do que quando estavam mais afastados dele e propôs novas leis para os movimentos dos planetas, leis que ajudaram a derrubar outra convicção a respeito do universo: as diferentes naturezas do céu e da Terra.

5.9 O céu e a Terra sob as mesmas leis

Aos 23 anos, Isaac Newton (1642-1727) encontrava-se enclausurado na casa de campo da família, enquanto uma epidemia devastava a Inglaterra. Ali desenvolveu a teoria da gravitação universal, de acordo com a qual existe uma força de atração entre quaisquer duas massas. Uma das objeções apresentadas à teoria heliocêntrica era que a Terra se desagregaria em milhares de fragmentos devido a sua rotação. Newton respondeu a esta objeção, apontando que a força de gravidade mantém a Terra unida apesar de seu movimento de rotação (RONAN, 1987).

Inúmeras foram as contribuições de astrônomos anteriores que permitiram a Newton estabelecer sua teoria da gravitação universal. As leis que regulavam o movimento dos planetas haviam sido determinadas por Kepler, mas ninguém explicara ainda porque aquelas leis eram a maneira correta de predizer o movimento planetário. Além disso, a dinâmica, sob o impulso dos estudos de Galileu e graças ao próprio Newton, chegara a uma formulação

precisa e suas leis regulavam os movimentos dos objetos na Terra. A nova ideia consistia em aplicar as leis da dinâmica ao movimento dos planetas, de modo que não fosse necessário imaginar intervenções divinas para manter os planetas em suas órbitas celestes. Devia-se pensar num tipo de força que atuasse à distância: na Terra se conheciam e foram estudados os fenômenos da interação magnética e da queda dos objetos na superfície terrestre (RONAN, 1987).

Segundo Ferris (1990), associando a queda dos objetos atraídos para a Terra com a ideia de que a Lua deveria cair da mesma forma, Newton supôs que a força que mantém a Lua em órbita ao redor da Terra era da mesma natureza que a força exercida pela Terra sobre os objetos próximos à sua superfície. Imaginemos que uma pedra seja lançada paralelamente ao solo; ela descreve uma curva sob a ação da força de atração da Terra e, após certo tempo, atinge o solo. Se a velocidade de lançamento for maior, a pedra permanece mais tempo no ar e percorre uma distância maior. Então, deve existir uma velocidade de lançamento tal que a pedra caísse exatamente na mesma proporção em que a Terra se curva sob ela, de modo que a pedra nunca atingiria o solo. Como Lua descreve uma trajetória circular ao redor da Terra, Newton imaginou que ela está girando com a velocidade necessária para não atingir o chão, da mesma forma que a hipotética pedra.

Newton estendeu a suposição para o Sistema Solar e demonstrou que se o Sol, no centro, exercesse sobre o planeta uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o planeta e o próprio Sol, as órbitas dos planetas ou de outros objetos deveriam ser elipses ou figuras geométricas denominadas cônicas. A partir daí, as leis de Kepler, até então carentes de explicação, foram deduzidas de uma lei apenas, segundo a qual em cada planeta atua uma força dirigida para o centro, onde se encontra o Sol. A filosofia científica newtoniana tinha como base uma idéia bem simples sobre a natureza: a de que com poucos elementos se constroem múltiplas formas e que as explicações necessárias se embasam em leis simples – reedição do projeto pitagórico? Newton tendia ainda a atribuir aos corpos inalcançáveis as mesmas propriedades dos corpos conhecidos. Para ele, a gravitação explicava não só o movimento dos planetas como também o dos satélites de Júpiter, descobertos há pouco tempo por Galileu.

Pela primeira vez, pensa-se em um universo sem a distinção entre o céu e a Terra, própria da tradição medieval de herança platônica, e o fator de união era a atribuição de uma massa a todos os corpos: à maçã que cai, à Terra que atrai os corpos para seu centro, ao Sol que com sua atração gravitacional mantém os planetas em suas órbitas. A gravitação criou assim um mundo de forças gerado exclusivamente pela presença de massas. A distribuição

dessas massas no mundo circundante e no universo moldava a forma do quanto podemos observar e até mesmo do que, com os meios ao nosso alcance, não podemos ver (FERRIS, 1990). Mesmo hoje, todo o notável descortinar do mundo natural, com suas relações e evoluções, pode ser considerado maravilhoso, ou seja, milagroso. Para muitos, obra de um arquiteto transcendente.

Ronan (1987) e Ferris (1990) comentam que a origem imprecisa da atração gravitacional e a dúvida de como ela poderia atuar através do espaço mantendo a união entre o Sol e os planetas provocaram críticas que acusavam Newton de criar forças ocultas. O próprio Newton concordava em parte com elas, pois admitiu não conhecer a respostas para tais problemas e só o que podia afirmar era que a ação da gravidade diminuía com a razão inversa do quadrado da distância entre os corpos e que isso, por si só, explicava os movimentos celestes em perfeita concordância com os fatos observados e que não estava preparado para seguir adiante.

Embora Newton se preocupasse em estabelecer razões de ordem físicas para embasar sua teoria, ele não excluía a presença de Deus, o que seria incompatível com sua época e suas crenças. Ele considerava que a teoria da gravitação universal não diminuía o papel da divindade no universo. Acreditava que a existência do universo era o verdadeiro milagre e que a sua origem é que se devia creditar a Deus, descartando a necessidade da intervenção permanente d'Ele para manter a estrutura do mundo. Admitia que, uma vez iniciados os movimentos dos corpos celestes, estes se manteriam indefinidamente, mas afirmava que a estrutura coerente e organizada do mundo era uma obra inteligente originada de uma escolha coerente. Newton tinha fé no Deus bíblico, eterno e infinito, senhor do mundo que criara e que os efeitos desse domínio nos revelavam a essência de Deus e que, sem eles, nos seria impossível compreendê-lo (KOYRÉ, 1979).

Apesar das preocupações teológicas de Newton, teve maior envergadura e profundidade o fato de que com a teoria da gravitação universal se demonstrou que a queda de um objeto próximo à superfície da Terra pode ser explicada com a mesma lei que governa o movimento da Terra ao redor do Sol. Newton, ao propor que a natureza se comporta do mesmo modo em nosso planeta e no mundo supralunar, apresentou uma nova visão do universo, unificando as leis físicas que regiam as coisas terrestres e celestes, e contribuiu para fundamentar as bases para uma compreensão mais completa da estrutura do universo, pois as leis científicas descobertas em nosso meio imediato têm validade universal.

5.10 Um ou muitos sistemas estelares?

A presença da Via Láctea, que Galileu mostrou ser constituída de enorme quantidade de estrelas, na abóbada celeste, levou os astrônomos do início do século XVIII a admitirem que as estrelas tendiam a se agrupar em grandes conjuntos ao invés de se distribuírem isoladamente pelo espaço, possibilitando uma nova concepção do universo que seria ocupado em sua extensão por estes aglomerados de estrelas.

Consta no trabalho de Ferris (1990) que o astrônomo e matemático inglês Thomas Wright (1711-1786) tentou explicar, em 1750, a estrutura do que hoje denominamos galáxia como sendo um dos infinitos sistemas que povoavam o espaço. Wright era extremamente religioso e dedicou-se ao estudo da Astronomia porque esta lhe permitia apreciar melhor a grandeza da criação de Deus. Sugeriu um modelo de universo no qual mostrava sua preocupação com a localização do trono de Deus, colocado por ele no centro do cosmo, considerado como representante primeiro do Onipotente. Os satélites giravam ao redor dos planetas, estes ao redor das estrelas e estas, que juntamente com o Sol ocupavam uma casca esférica, giravam ao redor daquele centro dos centros. Para explicar a aparente irregularidade na distribuição dos astros, que se adensam ao longo de um plano na abóbada celeste (a Via Láctea), Wright dizia que veremos muito mais estrelas se olharmos um invólucro esférico ao longo de um plano tangente do que se olharmos perpendicularmente ao mesmo plano. Claro que a hipótese das estrelas estarem distribuídas em invólucros esféricos estava errada, uma noção que se deve à inclinação teológica de Wright, mas é inteiramente válida a ideia de observarmos uma faixa brilhante no céu em função de o sistema estelar parecer ser mais denso naquela região devido ao ângulo de observação.

Contemporâneo de Wright, e muito antes de se tornar uma referência em sua área, Immanuel Kant (1724-1804) leu, num jornal de Hamburgo, um resumo das ideias do astrônomo inglês que ressaltava, de uma forma não fidedigna, a razão de a Via Láctea ser vista como uma faixa no céu. A partir de uma leitura enviesada, Kant admitiu que a Via Láctea era um conglomerado de estrelas que estavam distribuídas no espaço na forma de um disco (ASTRONOMIA [...], 1985).

Inspirado nos trabalhos de Newton e Wright, Kant desenvolveu a hipótese de que todas as nebulosas, assim como a Via Láctea, fossem sistemas de estrelas agrupadas de modo a formar uma estrutura achatada, como um disco. Para Kant, esses sistemas estavam tão distantes de nós que não era possível distinguir as estrelas individualmente, nem mesmo com o auxílio de telescópios e, por isso, eles se apresentavam como manchas difusas. Tais

estruturas girariam em torno de um ponto central, de maneira similar aos planetas girando em torno do Sol.

A concepção kantiniana mostrava-se muito mais ampla, propondo uma ordenação para todo o universo, ao considerar que os sistemas de estrelas se agrupam em outros sistemas maiores que, por sua vez formavam novos conjuntos ainda maiores e assim por diante. É interessante observar que a crença na existência de uma infinidade de sistemas de estrelas em progressão contínua não impediu o filósofo alemão de admitir a existência de um centro no universo, ao redor do qual girariam os supersistemas e assim sucessivamente até chegar aos centros dos sistemas individuais, em torno dos quais girariam as estrelas, que por sua vez eram os centros de rotações dos planetas (MARTINS, 1994).

Kant propôs que as condições atuais do universo poderiam ser obtidas a partir das leis estabelecidas por Newton, assumindo-se algumas condições sobre seu estado inicial. Propôs, também, que a ordem observada hoje era consequência do desenvolvimento natural da matéria. Mas Kant não renegava a necessidade de um ser superior para criar o universo, pois afirmava que a ordem e beleza do universo eram originárias das leis da natureza e que essas leis deveriam ter origem divina, pois não poderiam ter surgido do nada. Assim, a existência de Deus e da sabedoria divina estavam evidenciadas pela existência de leis naturais que regulam a evolução do universo (MARTINS, 1994).

Dando sequência aos pensamentos de Kant, no século seguinte prosseguiram as discussões a respeito da natureza das nebulosas, vistas por alguns como sistemas estelares semelhantes àquele em que estávamos inseridos e por outros como pequenos objetos contidos no interior do nosso sistema, que era o próprio universo.

Ferris (1990) afirma que essas discussões foram iniciadas por William Herschel (1738-1822), astrônomo que construiu telescópios com dimensões enormes para a época, o maior deles com um espelho parabólico de 1,20 m de diâmetro. Herschel abandonou as especulações de ordem filosóficas de seus antecessores e se preocupou em aplicar métodos científicos à pesquisa sobre a estrutura do nosso sistema estelar. Interessado pelas nebulosas, descobriu outras duas mil além das cerca de cem que se conheciam naquela época e que elas tinham diferentes formas: circulares, elípticas, espirais e difusas. Com seu grande telescópio, conseguiu ainda imagens que mostravam estrelas no interior de muitas das nebulosas.

Inicialmente Herschel abraçou a concepção de Kant, pois concluiu que a grande maioria das nebulosas se achava muito distante de nós. Posteriormente descobriu nebulosas que não podiam ser decompostas em estrelas isoladas, o que sugeria que nem todas seriam sistemas estelares longínquos, como havia acreditado até aquele momento. Isso o obrigou a

modificar suas concepções acerca da estrutura do universo, além de provocar descrédito na teoria de sistemas estelares múltiplos e influenciar os rumos do pensamento científico do século XIX.

Continuando seus estudos, Herschel procurou determinar a estrutura e as dimensões do nosso sistema estelar por meio da contagem de estrelas. A partir de suas medidas, sugeriu que ele tinha a forma aproximada de uma caixa circular e achatada com dimensões muito inferiores aos reais cem mil anos-luz que conhecemos hoje. Herschel supôs que as estrelas estavam uniformemente distribuídas no espaço e o Sol ocupava o centro do sistema, de modo que um observador situado na Terra veria algo muito parecido com a faixa brilhante que corta o céu noturno (MACIEL, 2000).

William Huggins (1824-1914), ao estudar a natureza física das nebulosas, confirmou a diferença estrutural entre elas, já observada por Herschel, e as separou em duas classes, as formadas por estrelas e as constituídas por material difuso. Utilizando-se de um espectroscópio²⁰, Huggins observou que algumas nebulosas mostravam um espectro muito semelhante ao do Sol e das outras estrelas e deveriam, portanto, ser constituídas por estrelas. No entanto, em outras nebulosas observou a presença de faixas de emissão semelhantes às conseguidas em experiências de laboratório pela excitação dos gases, mostrando que elas se constituíam de enormes massas gasosas. Mas no final do século XIX, ainda não se conhecia o suficiente sobre a estrutura da Via Láctea e a natureza dos sistemas estelares para que se pudesse chegar a uma compreensão correta da natureza das nebulosas (MACIEL, 2000).

Segundo as ideias vigentes na época, o Sol ocupava o centro de nosso sistema estelar e foi Harlow Shapley (1885-1972) o primeiro a deslocar o Sol para uma posição periférica. Ao estudar a distribuição espacial dos aglomerados globulares, agrupamentos de milhões de estrelas compondo uma estrutura esférica, Shapley percebeu que esses objetos não estavam distribuídos uniformemente ao nosso redor. Se tais sistemas pertencessem ao nosso sistema estelar, como era provável, e constituíssem um enorme halo ao nosso redor, dever-se-ia admitir que o centro do sistema estava muito deslocado em relação à posição do Sol (FERRIS, 1990).

E o ser humano foi colocado em um lugar ainda mais afastado do centro do universo!

Outras pesquisas de Shapley procuravam determinar as dimensões do sistema estelar no qual estamos imersos. Ele encontrou valores demasiadamente altos, os quais o levaram a supor que as nebulosas espiraladas, até então não reconhecidas como sistemas estelares,

²⁰ Espectroscópio: instrumento que separa a luz em seus componentes de acordo com suas frequências.

estariam relativamente próximas e que deveriam ser bem menores do que o nosso sistema estelar. Essa proposta encontrou forte oposição nos defensores da multiplicidade de sistemas estelares, reacendendo aquele antigo confronto de ideias que acabou se revelando de grande importância, não só para o meio científico, mas também para o filosófico, uma vez que girava em torno de conceituações fundamentais como a estrutura e a escala do universo (FERRIS, 1990).

5.11 O universo em expansão

Em 1905, Albert Einstein (1879-1955) publicou a teoria da relatividade restrita, que, ao tentar compatibilizar a mecânica newtoniana com o eletromagnetismo sintetizado por James Maxwell (1831-1879), acabou por decretar a negação do espaço e do tempo absolutos de Newton. Em 1917, Einstein apresentou uma generalização de sua teoria inicial, chamada teoria da relatividade geral, incluindo, entre outras coisas, a substituição da ação dos campos gravitacionais pela curvatura do espaço-tempo em função da distribuição das massas.

A teoria da relatividade geral permitiu elaborar modelos matemáticos do universo como um todo, o que inicialmente foi feito pelo próprio Einstein em 1917. Por aquela época, ainda se discutia a natureza das nebulosas, existindo a dúvida se o universo era composto por múltiplos sistemas estelares ou por apenas um, repleto de estrelas, e depois o vazio. Einstein procurou uma solução para suas equações que levasse a um universo que não se alterasse com o tempo, o que só foi possível, admitindo a existência de uma força de repulsão entre as massas, que atuaria em larga escala, mas esta solução se mostrou incorreta. Posteriormente, o matemático russo Alexander Friedmann (1888-1925) e o belga Georges Lemaitre (1894-1966) encontraram, de maneira independente, uma série de soluções para as equações de Einstein, que previam universos dinâmicos, em expansão ou em contração (MARTINS, 1994).

Paralelamente às discussões teóricas, a construção de novos e potentes telescópios permitiu, segundo Costa (2000), a obtenção de novos dados que contribuíram em muito para o entendimento do universo, pois em 1925 constatou-se a verdadeira natureza das nebulosas espirais: eram sistemas estelares, assim como o nosso, que hoje denominamos galáxias. Em 1929, o astrônomo Edwin Hubble (1889-1953) descobriu que todas as galáxias, exceto algumas próximas da nossa, se afastavam de nós e que, quanto mais afastadas estavam, maiores eram as velocidades de afastamento.

A maneira mais simples de interpretar este resultado é aceitando que o universo está se expandindo. Isso levou a cosmologia a uma nova fase, na qual ficou claro que os modelos originados das soluções dadas por Friedmann e Lemaître, que consideravam um universo dinâmico, eram as que deviam ser exploradas com mais detalhes, particularmente as soluções que levavam a universos que se expandiam para sempre ou àqueles em que a expansão se reduziria até que posteriormente voltassem a se contrair sobre si mesmos. A opção por um modelo ou por outro dependia do conhecimento das características do universo naquele momento, tais como sua densidade, velocidade e aceleração de afastamento entre outros, mas as incertezas associadas às medidas destas grandezas eram tão elevadas que impediam uma conclusão definitiva.

Outro fator decorrente da expansão do universo é que as galáxias estavam mais próximas entre si no passado e que talvez em certo instante tenham ocupado uma região minúscula. Como consequência, a temperatura do universo deveria ser muito maior no passado, pois um gás esfria ao se expandir.

Apoiado nessas ideias, em 1947, o físico George Gamow (1904-1968) propôs uma teoria segundo a qual o início do universo se deu a partir de uma situação de altíssima temperatura e densidade. Essa teoria ficou conhecida, devido a uma chacota feita pelo astrônomo Fred Hoyle (1915-2001), como *Big Bang*, a grande explosão.

Logo após o surgimento da teoria do *Big Bang*, Fred Hoyle, Hermann Bondi (1919-2005) e Thomas Gold (1920-2004) sugeriram que, embora o universo estivesse se expandindo, sua densidade não se alteraria. Segundo essa proposta, enquanto as galáxias se afastavam umas das outras, ocorreria criação de matéria no espaço entre elas, matéria que iria se acumulando até tornar-se suficiente para a formação de novas galáxias, aumentando o número de galáxias existentes. Dessa forma, o universo sempre foi como é hoje e também continuaria assim indefinidamente. Essa teoria ficou conhecida como teoria do estado estacionário (COSTA, 2000).

Durante certo tempo, os dados conhecidos eram insuficientes para se decidir qual a melhor entre as duas teorias. Em 1965, os engenheiros Arno Penzias (1933-) e Robert Wilson (1936-) detectaram uma radiação de microondas que vinha igualmente de todas as direções do espaço. Cerca de dez anos antes, Ralph Alpher (1921-2007) e Robert Herman (1914-1997) haviam calculado que, com a expansão do universo após a explosão inicial, este deveria esfriar continuamente e, hoje, poder-se-ia observar uma radiação correspondente à temperatura atual do universo. Essa radiação correspondia praticamente à que foi detectada

por Penzias e Wilson e foi um dado extremamente favorável à teoria do *Big Bang*, pois a teoria do estado estacionário era incapaz de explicar a origem dessa radiação.

Em 1981, Alan Guth (1947-) lançou uma teoria conhecida como teoria do universo inflacionário, que também parte do princípio de que o universo teve origem em uma grande explosão e consegue elucidar alguns pontos não explicados pela teoria inicial do *Big Bang*, como, por exemplo, a homogeneidade do universo e sua composição química. Segundo esse modelo, no início, toda a matéria e energia do universo estavam concentradas em um minúsculo volume de densidade inimaginável, tudo estava comprimido em um ponto, sem volume e com todo o universo dentro dele. Isto é o que se chama, em física, de singularidade. Então, não só o espaço-tempo começou a existir na singularidade, mas também toda a matéria-energia do universo. A expansão levou a um resfriamento do universo, o que permitiu inicialmente a formação de átomos, depois o agrupamento de matéria em nuvens, as quais posteriormente se fragmentaram em nuvens menores e assim sucessivamente até se constituírem as galáxias e, no interior destas, as estrelas, os planetas e todos os demais componentes (COSTA, 2000).

Sem fazer julgamento de valores ou comparações indevidas, é curioso notar certa semelhança entre essas ideias e um mito hindu sobre a criação do universo, segundo o qual nada existia antes da criação, nem Deus, apenas o vazio, o nada.

No início esse [Universo] não existia. De repente, ele passou a existir, transformando-se em um ovo. Depois de um ano incubado, o ovo chocou. Uma metade da casca era de prata, a outra, de ouro. A metade de prata transformou-se na Terra; a de ouro, no Firmamento. A membrana da clara transformou-se nas montanhas; a membrana mais fina, em torno da gema, em nuvens e neblina. As veias viraram os rios; o fluido que pulsava nas veias, oceano. E então nasceu Aditya, o Sol. Gritos de saudação foram ouvidos, partindo de tudo que vivia e de todos os objetos do desejo. E desde então, a cada nascer do Sol, juntamente com o ressurgimento de tudo que vive e de todos os objetos do desejo, gritos de saudação são novamente ouvidos. (SPROUL, 1979²¹ apud GLEISER, 1997, p. 34).

Parece então que aquela singularidade inicial seria o limite temporal para todas as coisas, de modo que careceria de sentido a questão do que existia ou acontecia antes do *Big Bang*. Não existiria o antes do *Big Bang*, porque não existia o tempo. Também perderia o sentido perguntar o que causou o *Big Bang*, pois causa implica uma ordem temporal (uma causa sempre precede um efeito) que não existiria até o instante da explosão. Atualmente há quem pense de forma diferente.

²¹ SPROUL, Barbara C. **Primal myths**. São Francisco, CA: Harper São Francisco, 1979.

Embora ainda haja muitas perguntas a serem respondidas, a visão atual que a Ciência tem do universo é muito mais complexa do que as relatadas até aqui, pois passaram a integrá-lo algumas entidades misteriosas.

Quando se observa o movimento das galáxias, percebe-se que, para que ele possa ocorrer daquela maneira, as massas envolvidas deveriam ser maiores do que as detectadas, o que induziu os astrônomos a imaginarem a existência de uma matéria que não é visível, denominada matéria escura, mas que apresenta comportamento gravitacional igual ao da matéria visível. A natureza da matéria escura continua indeterminada, embora existam hipóteses para explicá-la. Mas isso não é tudo, pois, a partir de 1998, uma entidade não prevista na física atual entrou em cena: a energia escura, algo que se distribui de maneira uniforme por todo o espaço e, estima-se, constitua 70% do universo enquanto a matéria escura componha 26% e a matéria “normal” contribua com apenas 4% (NOVELLO, 2010).

Em 1998, a comparação de medidas de luminosidade e distância de explosões de supernovas ocorridas em galáxias muito distantes, sugeriu que a expansão do universo está se acelerando, ou seja, com o passar do tempo, a expansão se torna cada vez mais rápida. Para explicar esse fenômeno, se propôs a existência da energia escura²².

Este estranho componente não interage com a luz, assim como a matéria escura, mas difere desta em um aspecto fundamental: apresenta ação gravitacional negativa. Se assim não fosse, seria atraída pela matéria e afetaria o movimento da matéria visível, podendo ser detectada, o que não ocorre. A ação gravitacional negativa exercida pela energia escura faz com que a expansão do universo seja acelerada, de modo que, se este cenário se mantiver inalterado, o futuro do universo será a expansão eterna rumo a um gélido vazio, lembrando um relato da mitologia nórdica:

[...] Ragnarok – a morte dos deuses – começa quando a terra é presa nas garras intransigentes num frio de gelar os ossos. O próprio céu congela, enquanto os deuses caem mortos em grandes batalhas contra serpentes malignas e lobos assassinos. O Sol e a Lua são devorados, e as trevas eternas descem sobre a terra árida e congelada. Finalmente Odin, o pai de todos os deuses, cai morto também, e o próprio tempo chega ao fim. (KAKU, 2005, p. 1).

Há mitos que fazem referência à origem do universo, outros ao seu fim, há os que relatam deuses que habitam o céu e que conduzem os destinos da Terra. Enfim, não faltam mitos sobre o universo.

²² É importante esclarecer que, embora seja a hipótese mais aceita, até o momento a expansão acelerada do universo não está totalmente confirmada, existindo explicações alternativas. Portanto, a existência da energia escura também está em dúvida.

5.12 O início posto em dúvida

Hoje se considera que o modelo do *Big Bang* é na verdade um conjunto de teorias que tentam explicar como o Universo evoluiu a partir de um estado inicial de temperatura e densidade altíssimas – a singularidade – que vão diminuindo à medida que o Universo se expande (FERRIS, 1990).

A aceitação do modelo do *Big Bang* nos meios científicos se consolidou a partir da metade da década de 1960 e foi pouco contestada até o final do século passado. Novello (2010) critica a adesão incondicional de muitos cientistas à proposta de uma singularidade inicial do universo, antes do qual nada seria possível saber, e afirma que se esquivar dessa análise não é uma atitude científica.

Com relação à boa aceitação do modelo do *Big Bang* nos meios não científicos, Novello (2010) considera que isso se deu porque ela apresenta características que são relacionadas ao imaginário de muitas culturas. O fato de existir nele a suposição de um instante inicial, um instante de criação, identifica-se com as propostas de várias religiões e mitologias, nas quais se supõe existir uma origem para o tempo.

Apenas nos estertores do século XX é que a comunidade científica passou a aceitar modelos alternativos, que consideram a singularidade proposta pelo modelo do *Big Bang* um momento de passagem de uma etapa anterior para a atual e não o instante inicial do universo, lançando esse instante da origem para um tempo infinitamente anterior, sugerindo que o universo possa ser eterno. Essas ideias surgiram porque a suposição da existência da energia escura, com a finalidade de explicar a expansão acelerada do universo, trouxe problemas para o modelo do *Big Bang* por criar incompatibilidade com a suposição de que o universo possa ter um instante de singularidade (NOVELLO, 2010).

Assim, modelos que consideram o universo eterno passaram a ser considerados e programas observacionais foram e continuam sendo elaborados com o intuito de buscar evidências de alguma propriedade anterior ao momento da condensação máxima sugerida pelo *Big Bang*, porém sem encontrá-las até o momento. Ainda há questões sem respostas com relação à origem e evolução do universo, e talvez isso seja sempre assim, pois cada resposta encontrada gera novas perguntas, que podem levar ao desenvolvimento de novas teorias.

Todas essas buscas pretendem colocar uma ordem no mundo, organizar a realidade do espaço além do céu, segundo princípios racionais. É essa racionalidade imposta ao mundo que o torna compreensível ao entendimento humano.

Passamos por um longo período de evolução do conhecimento sobre o cosmo, no qual nossa percepção do universo mudou de forma brutal e, hoje, há uma valorização da razão e do

racionalismo em detrimento da emoção e do sonho. Mas ainda guardamos em nossos costumes um pouco da reverência que os antigos prestavam ao céu, pois os fenômenos astronômicos estão presentes em manifestações culturais e crenças populares, mesmo que de uma maneira distante e, na maioria das vezes, sem que exista a menor suspeita dessa ligação.

Quando os antigos levantavam os olhos para o céu procurando respostas a suas inquietações, encontravam deuses, bons ou maus, heróis e seres fantásticos. Hoje, esquadrinha-se o céu com enormes telescópios e outros instrumentos de tecnologia avançadíssima em busca de dados para comporem, em resposta às nossas inquietações, as modernas teorias da cosmologia. Ou novos mitos.

Havia mais poesia no céu de antigamente, mas as questões que motivaram a elaboração de muitos mitos permanecem até hoje. De onde viemos? Para onde vamos?

6. ASTRONOMIA NÃO SERVE PARA NADA!

Quando cogitamos razões pelas quais a Astronomia tem lugar tão secundário e pobre na formação escolar, o que é uma das questões que animam a presente tese, talvez nos ajude um olhar de soslaio para outros componentes da cultura que têm pouco espaço entre os conteúdos disciplinares. Por simplificação, nos deteremos em aspectos que foram fundadores de civilizações e, até hoje, são essenciais a culturas que mereçam essa denominação. É caso, por exemplo, do Teatro ou, mais modernamente, do Cinema.

Assim como a cultura do entretenimento, em nossos dias, transforma o cinema e o teatro em DVDs e outros suportes digitais, o interesse pela Astronomia está migrando de livros para vídeos, sítios da rede mundial de computadores e outras formas de se olhar os astros e o cosmo. Mas seja nas artes cênicas ou na ciência astronômica, é disseminado o gosto por tais conhecimentos. Isso dá margem a pensar que, já que é interessante, não precisa estar na escola...

Não há grande jornal diário e portal de notícias na rede mundial de computadores que não publique matéria sobre peças de teatro, crítica cinematográfica em colunas especializadas, assim como frequentemente se noticiam descobertas de novos sistemas planetários, de galáxias cada vez mais distantes fotografadas por telescópios em órbita ou sobre exobiologia, ou seja, a investigação sobre estarmos ou não, nós humanos, solitários no universo. Quem sabe, certo viés pragmático da educação formal seja responsável pela não valorização de alguns elementos da cultura, mesmo que tenham estado nos primórdios civilizatórios de inúmeras sociedades e no campo dos interesses atuais. Assim, na escola das “serventias”, Teatro e Astronomia, afinal, não serviriam para nada! Essa afirmação e de certa forma, toda essa tese, são uma forma de provocação, que ficará sem resposta efetiva, mas, ao menos, encaminhada neste trabalho.

Como vimos, muitos povos do passado deixaram evidências de seus conhecimentos astronômicos e elaboraram relatos em que a criação do céu e da terra era obra de deuses. Na Grécia Clássica, as tentativas de explicar o mecanismo do universo fizeram a união entre os conhecimentos obtidos por meio das observações sistemáticas dos fenômenos astronômicos acumuladas durante séculos e a criatividade da mente humana, instituindo um processo que continua até hoje, nos mais diversos campos do conhecimento, como nas tentativas da Cosmologia moderna de explicar a origem e a evolução do universo. Tudo isso chegou a nós porque foi registrado, e se o foi é pela importância que teve. Não será importante hoje?

Durante todo este trajeto, a Astronomia fez parte das inquietações humanas e ajudou a compor a cultura de diversos povos. Ainda hoje, o conhecimento dos astros, do cosmo e de suas evoluções, resultante de observações e teorias, convive, em maior ou menor harmonia, com visões religiosas ou míticas sobre a origem de todas as coisas e as leis que as presidem. Entendendo-se a cultura como uma dimensão essencial da realidade social, que inclui toda e qualquer produção material e imaterial de uma coletividade, produção que é validada e transformada nas relações sociais, dela fazem parte, também, os conhecimentos científicos e entre esses, evidentemente, o conhecimento astronômico. Assim, a cultura de uma sociedade pode ser definida pelo estado de seu conhecimento de uma forma ampla e que, de acordo com Marcuse (1998, p. 153), por exemplo, configura o “pano de fundo” dessa sociedade.

Nesse pano de fundo estão estampados todos os campos da cultura, não de forma isolada, cada qual ocupando um espaço delimitado e próprio, sem intercâmbio com os demais, mas entrelaçando-se como os fios coloridos de uma tapeçaria. Tomado isoladamente, um fio vermelho faz todo sentido para o artesão que está tecendo o tapete, mas não para quem o olha. Para este, só o conjunto dos fios forma a estampa característica daquele tapete. Os conhecimentos astronômicos isolados podem fazer sentido para o especialista, mas podem não fazer para o leigo e só em conjunto com os demais conhecimentos, crenças, valores e tudo o mais que forma a cultura de um povo, podem caracterizar uma civilização ou grupo social e é assim que precisam ser compreendidos. Eis a nossa tese.

O conhecimento astronômico foi construído ao longo da história humana, elaborado por povos de todo o planeta, que o marcaram com suas crenças e valores. Em outro sentido, no da cultura científica, essa construção coletiva sem fronteiras propiciou um saber que se impregnou na cultura de diversos povos, criando, contradizendo, alterando ou fortalecendo crenças e valores.

Por tudo isso, a construção do conhecimento astronômico seguiu caminhos tortuosos, apoiada na racionalidade, na religiosidade, no misticismo, na estética e em outros fatores como interesses práticos e produtivos, em conjunto ou separadamente. O resultado foi um amálgama que, hoje, constitui uma ampla área de saber com raízes na cultura de muitos povos, que converge para um debate sobre modelos e teorias nas ciências, mas que, ao mesmo tempo, convive com diferentes visões de mundo nas religiões.

Essa história multifacetada da elaboração do entendimento humano sobre o céu, e mais amplamente sobre universo, não pode ser desprezada se se deseja uma educação permeada com conteúdos de astronomia que promova o educando como ser humano, em seu

pertencimento à sua cultura e à sua espécie. Essa é, em suma, a ideia que presidiu esta proposta de uma educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica.

6.1 Limitações no ensino de ciências da natureza

No ensino atual das Ciências da Natureza ainda prevalece a prática da transmissão do conhecimento já elaborado, com um enfoque muito abstrato, sem que os conceitos sejam historicamente contextualizados ou discutidos com abordagens filosóficas. Particularmente no que concerne à Física, seu ensino insiste na memorização de fórmulas e símbolos, dando pouca atenção ao mundo que circunda o aluno, seja o dos fenômenos naturais, seja dos processos tecnológicos. O estudante manipula expressões repletas de símbolos, substituindo letras por números para obter um resultado sobre cujo significado físico ele não se detém para analisar. Tampouco é instado a compreendê-lo em contextos. Como consequência, desenvolve concepções incompletas, com dificuldade na manipulação dos conceitos básicos. Isso leva à ausência de uma visão de mundo físico, por um lado, e, por outro, a uma percepção incompleta até mesmo da utilidade do conhecimento, sobretudo ao enfrentar novas situações (BRASIL, 1999).

Apresentar as descobertas científicas sem relacioná-las com o contexto histórico e social em que se deram e sem discutir as consequências que as aplicações tecnológicas decorrentes dessas descobertas tiveram sobre a sociedade ou as implicações que tiveram sobre o pensamento da época faz com que o ensino de ciências fortaleça a errônea, e muitas vezes preconceituosa, noção de que existe uma separação natural entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas que expressa a falta de comunicação entre ambas, como se lidassem com realidades estanques ou essencialmente distintas.

Esta separação também tem prejudicado a formação em outros domínios que não o raciocínio lógico-matemático - se é que esteja sendo bem desenvolvido - como o sócio-afetivo, o intuitivo, o criativo-inventivo, aspectos que são tão ou mais importantes no desenvolvimento do educando.

Desprezar aqueles outros domínios da cognição implica, na prática, do ponto de vista dos alunos, uma ruptura irreconciliável entre sujeito e objeto de estudo. Àqueles, uma vez “mutilados”, por terem centros pessoais vitais ignorados, só lhes resta ficar se debatendo contra o invólucro no qual o professor tenta fazê-los entrar a todo custo. Quando isso ocorre, esse invólucro é enxergado pelos alunos como bastante inumano, sem sentido. E pior ainda: é uma redoma da qual não só eles não têm a chave, como, junto com suas partes “extirpadas”, lhes foi tirada a possibilidade de construir tal chave. (JAFELICE, 2002, p. 5).

Provavelmente este é mais um fator a contribuir para que os jovens se afastem das carreiras ligadas às áreas das Ciências Exatas e da Natureza, como se pode ver pela atual tendência de queda na procura por cursos dessa área nas instituições de ensino superior e pela confessa aversão expressa por parte dos estudantes.

Outro ponto preocupante no ensino de ciências é a propensão de apresentá-la como infalível, indiscutível e como algo que, se realmente levado a sério, resolveria todos os problemas do mundo. Acreditar na Ciência como um saber definitivo é como aceitar os dogmas de uma seita. O educador na área de ciências da natureza deve despertar e incentivar o espírito crítico em seus alunos, inclusive, se não principalmente, em relação à ideologia da própria ciência. Talvez, mais estimulante ainda é apresentar a Ciência como um permanente direito à dúvida, direito que no caso do pesquisador se torna dever.

Não se trata de considerar a Ciência como algo menor, mas sim considerar que ela não é onipotente. Talvez seja o melhor que temos, mas não é um instrumento nem perfeito nem único para se explorar o mundo. De acordo com Sagan (1996, p. 40), “Há muita coisa que a Ciência não compreende, muitos mistérios que ainda devem ser resolvidos. Num universo com dezenas de bilhões de anos-luz de extensão e uns 10 ou 15 bilhões de anos de idade, talvez seja assim para sempre”.

A Ciência alcançou grande sucesso nas explicações dos fenômenos da natureza e em sua manipulação prática e produtiva, e isso se deve à sua exposição às críticas e ao estímulo à discussão de ideias e aos debates. Há quem considere que os cientistas são arrogantes por só aceitarem o que é provado por seus métodos, mas, na lógica dominante, o que fazem é questionar supostos fenômenos que não são passíveis de livre comprovação, que são restritos ao testemunho de um grupo limitado de pessoas, que não podem ser reproduzidos e testados de forma independente por outros. Mas cuidado! Muitos aspectos, por exemplo, da Antropologia não são reproduzíveis em laboratório. Por isso, Antropologia não seria Ciência?

De acordo com Lessa (2006), essa postura cética dos cientistas é uma atitude fundamental para a pesquisa científica, caracterizada pelo questionamento de dogmas, da dúvida frente a proposições que se pretendem absolutamente verdadeiras. O mérito dessa postura está no fato de rejeitar a suposta perfeição da Ciência e estabelecer que a pesquisa científica, realizada por seres humanos, portanto sujeita à falibilidade, deva ser conduzida com objetivos e métodos claros, pré-estabelecidos e permanentemente exposta a críticas.

Por várias razões a Ciência é reconhecida como uma instituição competente e respeitável. Não há outra forma de conhecimento que possa fazer previsões com tanta precisão como a Ciência. Ela possibilita planejar o lançamento de uma sonda espacial para um

planeta distante e, anos depois, atingir perfeitamente o alvo ou prever o horário e o local da superfície da Terra em que se poderá observar um eclipse solar daqui a cem anos.

Esse aspecto deve ser abordado no ensino de ciências e consideramos que seja impossível ignorá-lo, uma vez que é um dos pilares da estrutura do processo científico que se pratica atualmente. O que não se deve fazer é considerar a Ciência como única forma de descrever o mundo e colocá-la em um altar para sua adoração em lugar de vê-la como recurso em permanente evolução. Não se trata enfim de adotá-la como única e verdadeira forma de tentar captar, expressar e transformar a realidade, mas de trabalhar seus conceitos em paralelo com outros, como valores humanos, que lhes são exteriores.

Há outras maneiras que o ser humano usou e usa para expressar suas relações com o ambiente ao seu redor que não devem ser desprezadas, ou melhor, dever ser estimuladas juntamente com o conhecimento e ensino das Ciências. As artes, os rituais sagrados e os mitos, por exemplo, têm muito a dizer sobre o relacionamento do ser humano com o mundo que o cerca.

Com relação aos mitos, Rumjanek (2006) afirma que eles mostram interpretações dos fenômenos a partir de observações sistemáticas do ambiente e de acordo com as limitações impostas pelos conhecimentos da época em que foram elaborados. A criação de seres e eventos sobrenaturais é uma decorrência direta dessas limitações e tiveram o intuito de preencher as lacunas inexplicáveis no momento, o que lembra modelos e propostas hoje elaborados pelos cientistas. Por exemplo, quando partículas não percebidas são “postuladas” com o propósito de preservar leis gerais, como ocorreu no caso do neutrino, só detectado anos depois de sua proposição.

Essa semelhança entre a Ciência e a mística pode, contudo, dar margem ao surgimento de pseudociências, no sentido negativo do termo, e que não devem ser confundidas com os mitos, crenças e valores não científicos integrantes das culturas estabelecidas.

Sagan (1996) afirma que as pseudociências a que nos referimos aparentemente utilizam os mesmos métodos da Ciência, mas geralmente se baseiam em evidências insuficientes ou desprezam possibilidades que levam a outras conclusões. Exploram a ingenuidade, fornecem respostas fáceis, evitam os debates, as análises críticas e não admitem a postura cética, fazendo vítimas por conta da credulidade. Apoiadas em veículos de comunicação de grande penetração popular, essas ideias se propagam de forma muito abrangente e muitas vezes são utilizadas para auferir lucros, aproveitando da boa-fé e ignorância das pessoas.

Assim, o ensino de Ciências pode funcionar também como vacina contra a ação das pseudociências, contra o charlatanismo, para impedir que pessoas crédulas sejam iludidas e exploradas por aproveitadores. Isso não quer dizer que precisemos negar, omitir ou deformar a intimidade da Ciência em seu nascedouro com formas míticas, religiosas ou artísticas de se apreciar e compreender o mundo. A Ciência será tão mais reconhecida como direito à dúvida, não como arquivo de verdades, se nós reconhecermos seu caráter transitório e, portanto, permanentemente cambiante. Verdades eternas podem ser dogmas, não afirmações ou leis científicas.

Outro ponto que merece atenção quando se trata de ensino de ciências é a existência de uma contradição de fundo, associada à intervenção humana nos processos naturais. A Ciência e as tecnologias dela decorrentes têm propiciado melhoras nas condições de vida e no conforto do ser humano. Hoje é possível evitar doenças por meio de vacinas, descobrir um tumor no início de sua formação por exames de medicina nuclear, viajar de um continente a outro em algumas horas, contatar em minutos alguém que se encontra a quilômetros e digitar este texto com todas as facilidades propiciadas por um computador, entre muitos outros benefícios.

Por outro lado, há riscos e prejuízos derivados das aplicações das descobertas científicas e das tecnologias delas resultantes. Os perigos decorrentes do lixo nuclear produzido em usinas, os riscos provenientes da manipulação genética não controlada, o aquecimento global causado pelo uso de combustíveis fósseis, as armas químicas e biológicas, o crescente descarte de produtos eletrônicos e a exploração econômica da credulidade popular em produtos e serviços milagrosos difundidos desde os vendedores ambulantes até a rede mundial de computadores. Alta tecnologia científica... a serviço da enganação.

Alguns desses exemplos podem não afetar diretamente grande parte dos habitantes do planeta, mas outros atingem a todos. É impossível conceber hoje grande parte das atividades diárias de uma parcela da população mundial sem as contribuições científicas, pois muito da vida social depende de tecnologias derivadas de descobertas científicas. São inegáveis as contribuições das ciências para o aumento da qualidade e expectativa de vida do ser humano, para a nossa compreensão do mundo e a influência do progresso científico na filosofia e na religião, mas há o lado negativo que não deve ser escondido.

A Ciência e a Tecnologia são também essenciais para monitorar e corrigir distorções sócio-ambientais produzidas pela intervenção científica e tecnológica. Aprender Ciência é também aprender a olhar lucidamente as contradições do progresso material de base científica.

Essa íntima relação entre a Ciência, juntamente com as tecnologias dela derivadas, e a sociedade atual aponta a necessidade de que os estudantes adquiram um conhecimento científico que lhes propicie uma integração responsável, crítica e autônoma na sociedade, que lhes possibilite a tomada de decisões que orientem mudanças na busca de uma sociedade mais justa e solidária e que lhes permitam compreender e aceitar as diversas visões de mundo existentes entre diferentes culturas.

O ensino de ciências precisa abandonar o enciclopedismo vigente em muitos programas e orientar-se para formação de um cidadão consciente de suas responsabilidades. Não pode limitar-se ao conteúdo científico em si, mas desenvolver valores mais amplos e importantes para o ser humano, que promovam uma visão crítica das relações entre os cidadãos e destes com o mundo natural, não só com o ambiente próximo, mas também e principalmente das relações do ser humano com todo o universo, e isto a Astronomia tem feito desde as mais remotas eras. E talvez admirar as investigações do céu realizadas por nossos ancestrais nos estimule a também fazer isso.

6.2 O “viver do quê” e o “viver para quê”

Às questões do ensino de ciência em geral, e em especial no de astronomia, vêm se somar uma crise no sistema educacional proveniente do modelo promovido pela sociedade industrial. Menezes (2005a) afirma que até as primeiras décadas do século passado, na escola básica prevaleceu o ensino de técnicas para a realização de práticas necessárias ao cotidiano da sociedade e não o ensino de ciências. Ensinavam-se noções de higiene, a preparar talas de fratura e desinfetar ferimentos, como realizar um enxerto de planta frutífera e até a construir um galpão ou um alambique. O ensino mais aprofundado era privilégio de uma pequena parcela da população e nem se cogitava que a grande massa tivesse necessidade desse conhecimento.

Com o aumento da produção industrial, o aumento na necessidade de mão de obra e o correspondente aumento do consumo dos bens por eles produzidos criou-se uma pirâmide no processo produtivo, na qual a maior parte dos trabalhadores simplesmente realizava trabalhos braçais ou operava equipamentos e não necessitavam de grandes conhecimentos técnicos ou científicos. Um grupo bem menor de encarregados e técnicos controlava a produção e um número ainda menor de engenheiros e administradores planejava e conduzia todo o processo. No campo e no setor de serviços as pirâmides ocupacionais eram semelhantes, apenas com a alteração nas funções. O sistema educacional reproduziu essas pirâmides, pois produzia os

quadros necessários para alimentar esse sistema, apenas alfabetizando a maioria, fornecendo preparo técnico a alguns e uma maior capacitação científica e propositiva para poucos. A educação recebida pelos indivíduos foi vista como determinada pelas forças de oferta e demanda, assim como por qualquer outro bem ou serviço (MENEZES, 2005b).

Nesta perspectiva, a educação que objetivava fornecer prioritariamente o conhecimento técnico de aplicação imediata para o exercício profissional iniciava-se no nível correspondente aos atuais terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental ou no Ensino Médio. Esse último nível de ensino passou a ter então duas vertentes, ou preparava técnicos para o mercado de trabalho ou era uma etapa anterior à universidade, que fornecia a base para as profissões que exigissem formação em nível superior.

A finalidade de qualificação de mão de obra imposta por esse modelo compete com outro pressuposto deste mesmo modelo que é a redução do gasto e, no caso do ensino público, a diminuição do investimento. Neste contexto, desenvolve-se a concepção de eficiência na utilização dos recursos aplicados na área social, entre as quais a educação, ou seja, o investimento só seria justificado caso produzisse riquezas, bens ou serviços, que tivessem um retorno tangível, maior que os custos efetuados. Assim, a educação foi vista como insumo fundamental para a formação de recursos humanos e, conseqüentemente, do desenvolvimento econômico e social. Passou-se a considerar a educação somente a partir da aplicação de recursos voltados para a obtenção de uma futura maior eficácia de trabalho. A partir dessa visão, o investimento em educação passou a ser legitimado como fonte de ascensão social e que passaria a trazer um retorno a todos os envolvidos, como benefícios individuais e sociais. Passou a haver um grande apelo social em relação ao discurso oficial, que segue, no entanto, a racionalidade econômica, que se encontra no comando das políticas públicas, em particular da educacional.

A ideologia que poderia ser identificada por detrás dessa postura sustentou-se na hipótese de que a educação tornaria o indivíduo mais produtivo, permitindo-lhe obter maior renda, beneficiando, assim, a sociedade na busca do desenvolvimento econômico e da diminuição das desigualdades sociais. Há elementos de verdade nessa compreensão, o que talvez dificulte perceber como ela é incompleta.

Durante o período em que predominou a prosperidade apoiada no incremento da produção industrial e na ampliação da base de consumidores, esta visão de educação se sustentou. Porém, este período mostra globalmente sinais de esgotamento, acarretando um processo crescente de desequilíbrio entre a enorme capacidade de produção e o declínio do poder aquisitivo da base de consumo, por conta do desemprego tecnológico, em que os postos

de trabalho menos qualificados foram eliminados pela automação industrial, pela mecanização no campo e pela informatização no setor de serviços. Como esses correspondiam à maior parte dos postos de trabalho, uma grande massa de trabalhadores passou a não ter emprego e este fato passou a ser aceito como circunstância natural do sistema, o que gerou, segundo Menezes (2005b), uma grande quantidade de pessoas à margem da economia central, sem ter do que viver. O desemprego europeu de nossos dias mostra quão geral é tal processo.

Ao mesmo tempo em que aceitou com naturalidade a exclusão de parte de seus componentes, a sociedade minimizou o apreço pelos valores humanos e passou a avaliar o indivíduo por sua capacidade de consumo e por sua eficácia produtiva, de modo que quem consome e produz interessa a essa sociedade e quem não o faz fica alijado dela, dando origem à exclusão social com ênfase até maior do que foi a exploração do trabalho. Assim instalou-se um individualismo extremo que levou ao desprezo pelas coisas da natureza, incluindo aí a própria vida humana. E quando o respeito à vida desaparece das relações humanas, certamente vive-se uma crise, não só econômica e social, mas também moral. Nessa sociedade, quem tem possibilidades passa a viver principalmente, quando não exclusivamente, para o consumo e isso constitui objetivo de vida ou razão de ser (MENEZES, 2005b).

Nessa maneira de viver, existe o “meu” grupo que compartilha os mesmos hábitos, condições e crenças e os “outros” grupos, que têm costumes ou recursos diferentes, que têm uma maneira estranha de viver e logicamente são inferiores ao “meu” grupo, o qual passa a se considerar o centro de tudo e a ver os demais segundo seus próprios valores e conceitos do que seja existência, o que leva ao desrespeito ao próximo, à intolerância (ROCHA, 1994). A escola não pode sozinha resolver estes problemas, mas não deve omitir-se frente a eles e pode contribuir para a solução, formando cidadãos que se sensibilizem diante da exclusão econômica e social a que são submetidos seus semelhantes e que se posicionem convenientemente frente a problemas dessa ordem, que reconheçam a relevância da preservação do ambiente com relação ao aquecimento global e possível escassez futura de água, que se comovam com a questão da fome em grande parte do mundo. Em suma, que sejam cidadãos mais “humanos”.

Para contribuir para uma formação desse tipo, o ensino de ciências não pode limitar-se a seu conteúdo técnico específico. É necessário mostrar que a Ciência, além de teorias científicas, também constrói valores e desenvolve visões de mundo, pois como afirma Menezes (2005c), historicamente, o desenvolvimento da Ciência tem sido uma viagem cujo caminho não é previamente conhecido, mas sim reaberto a cada novo passo. A rota é

constantemente refeita para poder se consolidar, e que leva ao principal resultado da viagem: o ser humano, que se reinventa continuamente, por meio de sua consciência e suas ações. Acompanhar o desenvolvimento da Ciência é participar de uma aventura, uma aventura na busca do conhecimento, uma aventura em que o ser humano marca presença juntamente com todas as suas crenças, dúvidas, medos e inquietações, em que ele próprio é o personagem principal. Ao fazer parte e compreender a trajetória e destino dessa aventura, mais ampla que sua própria vida e maior do que a vida, o aluno se sentirá menos conformado com a barbárie das guerras e com a perversidade da exclusão, pois ser solidário implica fazer parte, pertencer (MENEZES, 2005b).

De forma similar, pode-se afirmar que a escola não deve propor simplesmente o “viver do quê”, mas igualmente “viver para quê”. A curiosidade científica, tanto quanto a imaginação artística, pode não ser meio de subsistência, mas ajuda a dar sentido à vida, ou seja, razão de ser mais do que razão de ter.

6.3 A Astronomia como roteiro da viagem

Propomos que a Astronomia, por sua presença na aventura do homem em busca do conhecimento do mundo natural e de si mesmo, venha a desempenhar um papel no resgate da consciência de coletividade global e, por que não, de solidariedade de espécie, de modo que seu ensino se dê em interação com as demais ciências, incluindo as ciências humanas. Até mesmo a consciência da problemática sócio-ambiental, hoje tão valorizada, depende de uma percepção do nosso pertencimento planetário.

A diversidade de interpretações do céu e os incontáveis mitos que o têm como palco permitem explorar os múltiplos olhares que foram lançados sobre o cosmo, a pluralidade de ideias, e compreender como se estabeleceram as diferentes visões de mundo de cada cultura. O céu é sempre mais ou menos o mesmo, mas as perspectivas dos olhares não são, nem são os interesses. Cada interpretação foi construída sob diferentes condições e, também por isso, tem sua particularidade. Mas certamente há pontos em comum entre distintas interpretações. Cada grupo tem seus valores, suas crenças e pode ou não comungá-las com as de outros, mas não são melhores do que as demais, apenas são diferentes.

Se desenvolvido, considerando as diversas perspectivas culturais e a multiplicidade de contextos de que fez parte, o estudo do céu pode ajudar a identificar que as diferenças e as semelhanças de cada um ajudam a compor o todo e a estabelecer uma atitude de entendimento, de compreensão de aceitação do diverso, do oposto. Se mesmo a Ciência, com

seus avanços, superações e impasses, vai mudando com a história, compreender as contradições de sua história é compreender as contradições da história humana.

Menosprezar e ridicularizar o antigo ritual asteca que era realizado ao final de cada período de 52 anos com o objetivo de impedir o fim do mundo é ignorar a condição cultural daquele período e civilização.

A compreensão das condições sociais, culturais e religiosas que levaram à elaboração daquela cerimônia contribui para ampliar nossa visão de mundo. Estudar o céu a partir de perspectivas de diversas culturas permite entrar em contato com diferentes formas de ver o mundo, em diferentes contextos sociais e identificar a formação de uma identidade no interior da enorme diversidade que são as culturas humanas. O desenvolvimento dessas ideias junto ao alunado tende a desenvolver uma prática de entendimento, que pode se estender para além do ambiente escolar (CARDOSO, 2004).

Quando os pensamentos religiosos e mitológicos predominavam, a ação dos deuses era suficiente para criar tudo que existia. Com o surgimento do pensamento filosófico, novas formas de interpretar o mundo foram propostas e, aparentemente, as respostas mítico-religiosas foram modificadas ou mesmo abandonadas. Hoje predomina o pensamento científico, que utiliza outros métodos para buscar a resposta àquela questão original, e é dela que esperamos a resposta definitiva. Nem sabemos se existe essa resposta, mas é o mesmo ser que pergunta.

A Ciência foi capaz de apagar a visão mítica e religiosa do universo no conjunto da população? A ansiedade que hoje muitos apresentam de consultarem diariamente seu horóscopo no jornal, ou na rede mundial de computadores, revela uma necessidade humana de referências que talvez pudesse ser suprida de forma mais racional e parece responder a esta pergunta. As antigas indagações ressurgem sempre: será possível que esse universo tenha surgido sem a intervenção de uma vontade maior ou exterior? Até que ponto a Ciência, a Filosofia, a Religião ou o misticismo se contradizem e se completam? Enfim, a Ciência não é soberana para estudar e tentar captar a realidade. Os demais modos de interpretação também têm grande importância.

A discussão da gênese do universo tratada de forma integrada, mostrando a diversidade de pensamentos sobre o assunto, quer sejam científicos, mitológicos ou religiosos, sem desvalorizar um em relação aos outros, mas contextualizando-os no tempo e no espaço em que foram desenvolvidos, contribui para o entendimento das relações entre as ideias predominantes na sociedade e as concepções de universo existentes em determinadas épocas. A mudança de paradigma ocorrida quando da passagem do sistema geocêntrico para

heliocêntrico e todas as suas implicações no pensamento humano é um bom exemplo desse confronto de ideias, mas raramente alguém lembra que o heliocentrismo é quase tão limitado quanto o geocentrismo que ele substituiu.

Como apresentar essas discussões na escola, se hoje objetivamente elas não se fazem presentes e aparentemente não há espaço para isso?

A introdução de temas de astronomia na Educação Básica pode ocorrer de várias formas. A nosso ver, não é aconselhável a inclusão de mais uma disciplina no currículo, pois isso segmentaria ainda mais os conteúdos programáticos, quando o desejável é integrá-los. Como consequência, sugerimos que seja incluída como parte de disciplinas hoje integrantes das grades curriculares.

Também não desejamos uma mudança radical, com uma reorganização abrupta dos conteúdos de outras disciplinas em torno de temas astronômicos. Não consideramos beneficiar a Astronomia em detrimento de outras disciplinas, uma vez que a Ciência contemporânea não gira em torno da Astronomia, e outras áreas de conhecimento não podem ser desprezadas. Em suma, o ensino de astronomia deve enriquecer outras disciplinas, não desfalcá-las.

Por outro lado, simplesmente agregar tópicos isolados de astronomia aos conteúdos das disciplinas hoje existentes nos grades curriculares, também não é uma proposição razoável, uma vez que sobrecarregaria o já extenso programa. Sugerimos inserir temas de astronomia relacionando-os, sempre que possível, a assuntos já tratados pelas disciplinas regulares do Ensino Médio. Isso não causaria uma ruptura nas estruturas hoje praticadas e, sendo uma mudança suave, permitiria a professores, de qualquer área, que considerarem interessante introduzir as discussões que propomos em suas aulas se apropriarem gradualmente aos novos conteúdos, certamente com maior possibilidade de sucesso.

Introduzidos dessa forma, além de possibilitar a contextualização do assunto, uma vez que há temas de astronomia relacionados com conteúdos de diversas disciplinas, com fatos da vida do estudante e com práticas sociais que ele vive, esses temas também permitem nos reportarmos às origens civilizatórias da nossa espécie, propiciando um resgate de nossa evolução como seres humanos.

6.4 Uma outra prática para a educação em Astronomia

Não basta, no entanto, mudar conteúdos, é preciso superar a prática metodológica de nossas aulas, em que o professor é o único protagonista, procurando transmitir o

conhecimento com enfoque abstrato. Sabe-se que a aprendizagem depende de conhecimentos prévios, que compreender algo supõe estabelecer relações, que os conhecimentos retidos não são os isolados, mas, sim, os estruturados e inter-relacionados de múltiplas formas, que quem aprende constrói ativamente significados e, assim, os estudantes são responsáveis por seu próprio aprendizado (GIL PEREZ, 1986).

Com essa premissa, uma estratégia é estabelecer estranhamentos ou conflitos com os conhecimentos ou a visão de mundo que o aluno apresenta, desequilibrando-os, já que o aprendizado, em geral, se dá por meio do estabelecimento de relações entre o conhecimento já existentes e o novo a ser aprendido, formando uma rede de significados, que leva ao aprendizado significativo, restaurando o equilíbrio. Dessa forma, não existe a obrigatoriedade do sequenciamento linear, os conteúdos podem ser desenvolvidos de forma a se relacionarem vários conceitos ao mesmo tempo, sendo cada conceito um nó na rede, as malhas sendo formadas pelo relacionamento entre tais conceitos. Sem a observância desses pontos, essa proposta de discussão de temas de astronomia certamente terá resultado menos eficaz do que se deve pretender.

E como não nos limitamos a propor um conhecimento de astronomia dominado pelo aspecto técnico, mas que também proporcione uma visão do desenvolvimento histórico das percepções do universo, sugerimos que se desenvolva um tratamento dialógico, pois tanto a História quanto a Ciência são objetos de dúvidas e debates, não de certezas.

Interessa sensibilizar os estudantes tanto para a possibilidade de se apreciar o céu, coisa difícil na urbe enfumaçada e iluminada, quanto de reportá-los a momentos da história humana em que a “presença do céu” era permanente e o único instrumento de observação eram os olhos. Propomos uma educação em astronomia que evite o “presentismo”, ou seja, formule dúvidas com o olhar de quem observou o céu há 3.000, 1.000 ou 500 anos, quando não havia telescópios. E hoje, não é com uma luneta artesanal que se pode observar galáxias distantes, mas pela rede mundial de computadores, que nos traz imagens recentes obtidas por telescópios localizados além da atmosfera terrestre.

Perceber o universo visto a partir da Terra com as estruturas que o compõem, as distâncias entre elas, perceber a pequenez desse nosso planeta, que viaja rapidamente pelo espaço, nos transportando para um destino que independe da nossa vontade, saber que nossa existência é produto de circunstâncias singulares e que pequenos desequilíbrios nessas condições podem levar à extinção da vida, tudo isso depende de um olhar científico e também humanista do conhecimento astronômico e cosmológico. Isso não se faz apenas com investigação, nem de um dia para o outro.

As preocupações expressas nesta tese nos acompanham há tempo. Uma primeira iniciativa de texto didático convergente com a proposta aqui apresentada (KANTOR; MENEZES, 2002), foi decorrente de nossa dissertação de mestrado (KANTOR, 2001) e elaborado para um grupo de escolas privadas²³, tendo sido utilizado por seus alunos desde então. Mais recentemente, produzimos uma coleção de livros didáticos para o Ensino Médio (MENEZES et al., 2010) que incorporou aquelas ideias e que, por meio do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), atinge hoje várias escolas públicas nacionais.

Essas iniciativas, no entanto, são ainda uma parte muito pequena, porém importante, do processo necessário para pôr em prática o que se sugere na presente tese.

6.5 Falar de astros sem falar de signos?

Para um cidadão típico, o termo astrologia é muito mais familiar do que astronomia, sendo muitas vezes confundidos. No entanto, os signos de que falaremos a seguir não são os do horóscopo, ainda que, de maneira distante, possam ter relações.

As línguas são códigos de comunicação desenvolvidos pelo homem e que lhe permitem relacionar-se com outros indivíduos da sua espécie de uma forma muito superior à de qualquer outro animal. Esta capacidade humana é tão importante que qualquer vida social sem ela seria inimaginável. Entretanto, o homem desenvolveu outras formas de comunicação além das línguas, como a gestual, o modo de se vestir, as manifestações artísticas e científicas que são linguagens, pois também integram, em algum sentido, a complexa estrutura de comunicação entre os homens.

No caso da linguagem escrita, para que ela se consolide como tal, necessita utilizar signos, que são objetos materiais, como o hieróglifo talhado sobre uma parede ou estas letras impressas na folha de papel. Os signos apresentam duas características: a primeira é que fazem referência a outra coisa e a segunda é que necessitam de um intérprete para o qual têm significado. Por exemplo, as bandeirolas de sinalização das condições de balneabilidade do mar utilizadas nas praias são signos cujos intérpretes são todas as pessoas que conhecem a finalidade de sua utilização e o significado de cada uma das cores. Portanto, ao ser elaborado, o signo carrega uma intencionalidade.

²³ Pueri Domus Escolas Associadas

Os símbolos também são signos, visto que comunicam algo com significado, porém diferem deles com relação à intenção da comunicação. Enquanto os signos são técnicos e dizem apenas o que querem dizer, desde que endereçado a um intérprete que o reconheça, os símbolos se apresentam como indefinidos, sua interpretação depende do receptor, portanto não têm significado definido, não apresentam formalismo. Não significam, sugerem.

Para Cassirer (2004), os signos pertencem ao mundo físico, enquanto os símbolos pertencem ao mundo humano, pois, diferentemente dos demais animais, o homem pode desenvolver também linguagens simbólicas. Assim, considera correto, mas limitado, afirmar que o homem é um ser racional, pois embora a racionalidade seja uma característica particularmente humana, o homem também desenvolve atividades que são especificamente humanas, sem serem racionais. Por isso, o autor prefere considerá-lo um ser simbólico (*homo symbolicus*) ao invés de ser racional. Para ele, o pensamento simbólico e a conduta simbólica encontram-se entre os traços mais característicos da vida humana e todo o progresso e a cultura se baseiam nessas condições. O mundo do humano é sempre mediado pelo sistema simbólico, de modo que o simbolismo apresenta caráter universal, comum a todas as culturas.

Eliade (1998) afirma que o pensamento simbólico precede a linguagem e o discurso e que as imagens, os símbolos e os mitos não são criações aleatórias da psique, mas correspondem a uma necessidade e se prestam a revelar os mais secretos aspectos do ser. Pode-se dizer que o homem moderno ainda conserva resíduos do comportamento mitológico, de modo que não vive somente em um universo puramente material, mas também em um universo simbólico, do qual o mito, a arte e a religião, entre outros, são também constituintes.

Ao se ligarem aos ritos e aos mitos, os símbolos se apresentam, antes de tudo, como a linguagem do sagrado. Recordemos o exemplo do céu, que Eliade (1998) afirma ser símbolo do altíssimo, do elevado, do imenso, do poderoso, do onipresente, do sábio, do soberano, um símbolo especialmente inesgotável. O céu é apenas um entre os muitos símbolos interpretados pelo autor, e todos têm como função fixar os modelos exemplares dos ritos e das ações humanas significativas e são universalmente humanos.

É possível ver ecos desse pensar em certas vertentes da psicanálise, por exemplo, na proposta de Jung (1987) sobre os dois tipos de componentes do inconsciente de cada pessoa: um de natureza pessoal que traz lembranças da própria vida e outro impessoal, pertencente à humanidade em geral, portanto coletivo, e que é herdado pelas pessoas ao nascerem.

Segundo o autor, o inconsciente pessoal compõe-se de conteúdos individuais que são adquiridos no decorrer da vida e também derivados de fatores psicológicos, até inconscientes. São de natureza pessoal e se reconhecem neles traços do passado. O inconsciente coletivo

representa a camada mais profunda da mente humana e faz parte do patrimônio existencial da humanidade. É comum a todos os seres humanos e se atualiza em cada um dos indivíduos.

Os sonhos poderiam representar a manifestação dos dois tipos de inconsciente, o pessoal e o coletivo. Nos sonhos em que se expressam características da vida pessoal e cuja explicação poderia estar nas lembranças de acontecimentos vivenciados pelo próprio indivíduo, estaria manifesto o inconsciente pessoal. Nos que apresentam características impessoais e estranhas ao indivíduo, o qual não as associa a nada conhecido, teríamos a manifestação do inconsciente coletivo, pois é carregado de imagens comuns a todos os seres humanos. Jung denomina esses símbolos de arquétipos, que seriam a fonte onde se buscam as informações para a construção dos mitos, o que explicaria as semelhanças apresentadas por mitos criados por diferentes civilizações que comprovadamente não tiveram ligação (MARTINS, 1994).

A consciência humana seria, então, uma consciência mítica e fundamentada em uma estrutura comum e impregnada no ser humano: o sentido primordial da existência e das orientações daí originadas, o mundo sagrado das origens, manifestado no nível mítico da consciência, que envolve a existência do homem e está presente em suas atividades.

Ainda que metaforicamente, pode-se pensar em paralelos entre essas ideias e as diversas visões do céu construídas ao longo da existência humana. Essas visões evidenciam como cada civilização se situava em relação ao cosmo, como construiu sua relação com o mundo que a cercava e como se considerava imersa nele, estampando no pano de fundo de sua cultura as crenças e os valores que adotava, revelando o sentido que atribuíam à existência humana.

Assim, se o sujeito for exposto a determinadas situações envolvendo temas astronômicos, o inconsciente coletivo propiciaria uma retomada ao mundo simbólico vivido desde as nossas origens, pois

[...] dada nossa constituição psíquica de *homo imaginarius*, ou de *homo symbolicus*, o ensino de astronomia vai tocar diretamente nossa ancestralidade humana, independentemente da participação voluntária do professor, e isto leva a muitas implicações. Na verdade, nossa ancestralidade, mais ou menos conscientemente, está viva, firme e forte em nós, mobiliza muitas forças em nosso interior e estimula muita curiosidade. Em particular, os mitos continuam ativamente presentes e atuantes em qualquer ser humano hoje e conteúdos psíquicos arquetípicos comandam nossa existência, mesmo que a pessoa não esteja ciente destes fatos. (JAFELICE, 2002, p. 8).

Assim, ao invés de apresentar aos educandos apenas os conteúdos técnicos, racionais e muitas vezes “frios” da Astronomia, a exploração das relações simbólicas com o céu pode

propiciar uma formação, além de científica, mais humana e, portanto, mais rica, trazendo elementos que se constituem como fundadores da nossa cultura e da nossa própria humanidade.

Há temas ligados a Astronomia e a Cosmologia que apresentam forte simbolismo, como o céu transcendente, os astros deificados e os mitos de criação do mundo, que podem, talvez, facilitar a tomada de consciência da nossa presença no universo, mas principalmente da presença do universo em nós, na nossa cultura e no nosso inconsciente, situando-nos como parte integrante do universo, no sentido de pertencimento mútuo. Entender que tanto nós pertencemos ao universo como o universo que enxergamos é visto através do nosso viés cultural, portanto construído a partir de nossas próprias crenças.

Para isso, é necessário que nos afastemos temporariamente da nossa visão cultural ocidental, herdeira da antiga Grécia, e mergulhemos nas visões das diversas culturas, antigas e atuais, espalhadas por todo o planeta, compreendendo como se relacionaram com o céu e o mundo ao seu redor, e como essas visões influenciaram e foram influenciadas pelas crenças e valores que desenvolveram. Torna-se necessário estabelecer um diálogo com o aluno e não uma relação de mão única. Conhecer suas crenças, valores, visões de mundo e do seu cotidiano, resgatar conhecimentos comuns, trazer à tona a enorme variedade de saberes que eles trazem e que, por puro preconceito, muitas vezes se encontram afastados das salas de aula.

Sabemos que desenvolver uma educação em Astronomia com essas características exigirá do professor conhecimentos muito além do conteúdo de sua disciplina. Será necessário que o professor conheça Astronomia, história da Astronomia, Etnoastronomia, Arqueoastronomia, Religião, culturas antigas e contemporâneas, entre outros necessários.

Isso faz com que a presente proposta, ou provocação, assuma caráter de um enorme desafio. Mas são os desafios que estimulam o ser humano a avançar também em seu conhecimento.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vimos como dois processos concomitantes têm afastado o homem contemporâneo de uma percepção e interpretação mais ampla e apurada do céu. Não se depende mais essencialmente dos astros para determinar o horário, para dispor de luz, para pautar o ritmo de atividades nem mesmo para se localizar. Ao lado disso, em certo período a Astronomia foi praticamente excluída da formação escolar, talvez por visão pragmática na sociedade industrial, que, de certa forma, caracterizou-a como de pouca serventia.

Essa quase exclusão nos currículos possivelmente se deu na mesma medida da ampliação da educação de base para os contingentes populares e ao longo de um período de grande progresso no desenvolvimento da moderna Cosmologia. Paralelamente, na formação dos professores de Ciências da Natureza e de Geografia também houve uma sensível diminuição na abordagem de temas ligados à Astronomia. Essa insuficiência formativa dificulta, mas não inviabiliza, o atendimento às orientações curriculares que, mais recentemente, têm procurado dar novamente à Astronomia um lugar na nossa educação de base.

Embora essa retomada tenha se mostrado tímida até o presente momento, a pequena presença de temas de astronomia nas salas de aula não corresponde a um efetivo desinteresse cultural por ela e pela Cosmologia, a se julgar pelo grande número de publicações em torno delas, da frequente busca por esses temas nos sítios da rede mundial de computadores e nas visitas às concorridas sessões dos planetários, que em parte compensam aquela lacuna.

Aliás, os planetários constituem hoje, por excelência, os lugares de se “ver as estrelas”, seja porque o céu real é usualmente encoberto pela fumaça ou por nuvens e ofuscado pela iluminação urbana, seja porque neles a visão do céu é acompanhada de comentários explicativos.

Mas ainda falta algo. Compreender como a cultura humana em diferentes civilizações não se dissocia, em termos de seus valores e visões de mundo, de seu conhecimento do céu e dos seus mitos de criação do mundo nos alerta para o fato de que, de várias maneiras, certa mitificação do céu, ou mais modernamente do espaço sideral, continua presente entre nós, não somente por conta de convicções religiosas e expectativas astrológicas, mas também pela mitificação dos modelos cosmológicos contemporâneos.

É sempre interessante reconhecer o quanto a Astronomia foi historicamente motivadora de observações e modelos de natureza não científica ou pré-científica. Por outro

lado, o sistema escolar não tem contribuído para uma efetiva apropriação científica nem cultural dos conceitos astronômicos. Aliás, nem quando a mecânica e a gravitação newtonianas submeteram Céu e Terra às mesmas leis e deslocaram o ser humano do centro do universo, uma nova visão chegou a ser introjetada pela maior parte dos que, na escola, passaram ao largo de qualquer filosofia sobre o nosso lugar no universo. Por certo, se isso foi deixado de lado, nem vale mencionar a ausência na formação escolar das novas quebras de paradigma das relatividades de Einstein, que mudaram a um só tempo a mecânica newtoniana e a modelagem do universo.

Propor para a formação em geral e, portanto, para a educação de base, que a Astronomia seja tratada sob perspectiva humanista e científica, revendo a história das visões míticas do céu, assim como a evolução da modelagem e da interpretação científica, é uma forma de, a um só tempo, promover um resgate de nossa construção civilizatória e, na atualização da visão científica contemporânea, garantir aos jovens o direito de estar a par da cultura de seu tempo. Em outras palavras, propõe-se que se dê aos jovens a oportunidade de viver as indagações da moderna Cosmologia e de, a partir disso, cogitar sobre nossa condição cósmica, embora o que a Ciência apresenta seja, de fato, o “mito contemporâneo” da criação e da evolução.

Nesse contexto, a contribuição que pode ser dada pelos planetários é fundamental, pois, sendo naturalmente ambientes de imersão, possibilitam uma vivência próxima da realidade na observação do céu, o que pode ser aproveitado para despertar emoções e sentimentos que remetem à nossa ancestralidade. Além disso, neles trabalham pessoas com grandes conhecimentos de astronomia.

Aproveitar essa conjunção de encantamento do público com o conhecimento do pessoal técnico dos planetários para desenvolver sessões de cúpula nas quais se explore também os aspectos míticos da Astronomia pode tornar factível o alvorecer de uma ação para o desenvolvimento de uma educação em Astronomia que contemple tanto seus aspectos científicos quanto míticos e, portanto, humanos.

REFERÊNCIAS

A BÍBLIA Sagrada – Tradução na linguagem de hoje. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 1988. 1.693 p.

AFONSO, Germano Bruno. **Arqueoastronomia brasileira**. Curitiba: UFPR/FUNPAR, 2000. 1 CD-ROM.

_____. Relações Afro-Indígenas. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ed. especial, n. 12, p. 72-79, 2006.

ANDRADE, Napoleão Laureano de. A Revolução Copernicana: considerações sobre duas questões do ENEM. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 263-283, ago. 2005.

ASTRONOMIA. Rio de Janeiro: Rio Gráfica, 1985. 552 p.

AVENI, Anthony F. Astronomia em la Mesoamérica antigua. In: KRUPP, Edwin C. (Org.). **En busca de las antiguas astronomias**. Traducción Manuel Martínez Luque-Romero. Madri: Pirámide, 1989. p. 154-182.

_____. **Observadores del cielo en el México antiguo**. Traducción Jorge Ferreiro. México: Fondo de Cultura Económica, 1991. 394 p.

AZEVEDO, Rubens de. **O cometa Halley**. São Paulo: Editora do Brasil, 1985. 80 p.

BARRIO, Juan Bernardino Marques. **Buscando nuevas perspectivas para la enseñanza de la astronomía**. 2002. 165 f. Tese (Doutorado em Didáctica de las Ciencias) - Facultad de Educación, Universidad de Valladolid, Valladolid, 2002.

BERNAL, John Desmond. **Ciência na história**. Tradução de António Neves Pedro. Lisboa: Horizonte, 1975. 7 v.

BOCCAS, Maxime. Constelaciones Incas. **Astronomia 2000**. Santiago de Chile, v. 2, n. 4, p. 30-31, inv. 2000.

BOCZKO, Roberto. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 429 p.

BRAGANÇA GIL, Fernando. Museus de ciências: preparação do futuro, memórias do passado. In: MARTÍNEZ, Eduardo; FLORES, Jorge (Comp.). **La popularización de la ciencia y la tecnología: reflexiones básicas**. México: UNESCO, Fondo de Cultura Económica, 1997. p. 110-134.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei 9394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.

_____. Ministério da Educação. Institui o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. Portaria n. 438, 28 de maio de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p. 5, 01 jun. 1998c.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação – Câmara de Educação Básica. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Resolução nº 3, 26 de junho de 1998. 1998a.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental - ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998b.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

_____. Ministério da Educação. Assessoria de Comunicação Social. **Proposta à Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior**. Brasília: MEC/ACS, 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=310&id=13318&option=com_content&view=article>. Acesso em 20 fev. 2011.

BRETONES, Paulo Sérgio. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geociências - Área de Educação Aplicada às Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 1999.

BRODA, Johanna. Arqueoastronomia y desarrollo de las ciencias em el México prehispánico. In: CORRAL, Marco Arturo Moreno (Comp.). **Historia de la astronomía en México**. México: Fondo de Cultura Económica, 1986. p. 65-102.

BURDEA, Grigore C., COIFFET, Philippe. **Virtual reality technology**. 2. ed. New Jersey: Wiley-Interscience, 2003. 444 p.

CAMÕES, Luís de. **Os lusíadas**. 15^a edição. Comentado por Otoniel Mota. São Paulo: Melhoramentos, 1964. 537 p.

CAMPOS, José Adolfo Snajdauf de; ARAUJO, Jorge Fernando Silva de. A causa das estações do ano: modelos mentais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA, 29. 2003. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 23, n. 1, São Paulo: SAB, 2003. p. 75-76.

CANIATO, Rodolpho. **O que é Astronomia**. 5^a edição. São Paulo: Brasiliense, 1987. 100 p.

CARDOSO, Walmir Thomazi. Existe uma sabedoria que perdemos no conhecimento? In: COSTA, Adriano et al. (Org.). **Escola da Família**. São Paulo: FDE, 2004. p. 69-80. (Série Idéias, 32).

CARVALHO, Sílvia Helena Mariano. Uma viagem pelos céus: outra versão para o ensino de física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, n.15, Curitiba, 2003. **Atas...** Curitiba: CEFET-PR, 2003. p. 2802-2811. 1 CD-ROM.

CASTRO, Elisa Sá Britto; PAVANI, Daniela Borges; ALVES, Virgínia Mello. A produção em ensino de astronomia nos últimos quinze anos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2009, Vitória. **Anais...** Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_aproducaoemensinodeastr>. Acesso em 04 nov. 2010.

CASSIRER, Ernst. **Filosofia das formas simbólicas**: o pensamento mítico. Tradução Cláudia Cavalcanti. São Paulo: Martins Fontes, 2004. 432 p.

CAZELLI, Sibeles. **Alfabetização científica e os museus interativos de ciências**. 1992. 163 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Departamento de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.

CELAYA, Fernando Díez. **A Astrologia**. Tradução María Magdalena L. Urioste. São Paulo: Angra, 2002. 127 p.

CONTIER, Djana. **Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em museus de ciências**. 2009. 154 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

COPÉRNICO, Nicolau. **As Revoluções dos Orbes Celestes**. Tradução de A. Dias Gomes e Gabriel Domingues. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984. 657 p.

CORRÊA, Ivânia Neves; MAGALHÃES JUNIOR, Lázaro; MASCARENHAS, Regina. **O Céu dos Índios Tembé**. 2. ed. (rev.). Belém: Planetário do Pará/UEPA, 2000. 56 p.

CORTAZAR, Pedro Felipe. **Documental del Perú**: enciclopedia nacional basica. Lima: Desa, 1986. 162 p.

COSTA, Roberto Dell'Aglio Dias da. Cosmologia. In: FRIAÇA, Amâncio Cesar Santos et al. (Org.). **Astronomia**: uma visão geral do universo. São Paulo: EDUSP, 2000. 278 p.

DOYLE, Arthur Conan. **Um estudo em vermelho**. 2ª edição. Tradução Louisa Ibañez. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1983. 109 p.

ELIADE, Mircea. **O sagrado e o profano**. Tradução Rogério Fernandes. São Paulo: Martins Fontes, 1992. 191 p.

_____. **Tratado de história das religiões**. Tradução Fernando Tomaz e Natália Nunes. 2ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 479 p.

FARES, Érika Akel et al. O universo das sociedades numa perspectiva relativa: exercício de etnoastronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**. n.1, p. 77-85, 2004. Disponível em: < <http://www.relea.ufscar.br/num1/A5%20n1%202004.pdf>>. Acesso em 06 jan. 2007.

FAYARD, Pierre. La sorpresa de Copérnico: el conocimiento gira alrededor del publico. **Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales**, Barcelona, n. 21, p. 9-16, jul., 1999.

FERNANDES, Gilvana Benevides Costa. Uma abordagem humanística para o ensino de astronomia no nível médio. In: JAFELICE, Luiz Carlos (Org.) **Astronomia, Educação e Cultura**. Natal: EDUFRN, 2010. p. 89-145.

FERRIS, Timothy. **O despertar na Via Láctea**: uma história da Astronomia. 2ª edição. Tradução de Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Campus, 1990. 377 p.

FRAKNOI, Andrew. **Seu guia de defesa contra a astrologia**. 2010. Disponível em <http://www.fisica.net/pseudociencias/seu_kit_de_defesa_contra_a_astrologia.php>. Acesso em 18 set. 2010.

FRAZER, James George. **Rama dorada: magia y religión**. México: Fondo de Cultura Económica, 1956. 855 p.

FUZEAU-BRAESCH, Suzel. **A Astrologia**. Tradução Lucy Magalhães. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1990. 122 p.

GASPAR, Alberto. **Museus e centros de ciências - conceituação e proposta de um referencial teórico**. 1993. 118 f. Tese (Doutorado em Didática) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

GERMANO, Marcelo Gomes; KULESZA, Wojciech Andrzej. Popularização da Ciência: uma revisão conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 7-25, abr., 2007.

GIBBS, Sharon L. La calendárica mesoamericana como evidencia de actividad astronómica. In: AVENY, Antony F. (Comp.). **Astronomía em la América antigua**. Traducción Luis Felipe Rodríguez Jorge. México: Siglo XXI, 1980. p. 43-61.

GIL-PÉREZ, Daniel. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, Valência, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.

GLEISER, Marcelo. **A dança do universo: dos mitos de criação ao Big Bang**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. 434 p.

GOLDENBERG, José. Museus de ciências. In CRESTANA, Silvério; CASTRO, Miriam Goldman; PEREIRA, Gilson R. de M. (Org.). **Centros e Museus de Ciências, visões e experiências**. São Paulo: Saraiva, 1998. p. 33-35.

GOMIDE, Hanny Angeles; LONGHINI, Marcos Daniel. Análise da presença de conteúdos de Astronomia em uma década do exame nacional de ensino médio (1998-2008). **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 11, p.31-43, 2011. Disponível em: <http://www.relea.ufscar.br/num11/RELEA_A2_n11.pdf>. Acesso em 19 dez 2011.

HART-DAVIS, Adam (Ed.). **160 Séculos de Ciência**. Tradução de Aracy Mendes da Costa. São Paulo: Duetto Editorial, 2010. 7 v.

INEP. **Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM: relatório pedagógico 2000**. Brasília: INEP, 2001a. Disponível em: <<http://www.publicacoes.inep.gov.br/detalhes.asp?pub=1885>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

_____. **Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM**: relatório pedagógico 2001. Brasília: INEP, 2001b. Disponível em: <<http://www.publicacoes.inep.gov.br/detalhes.asp?pub=2785>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS, 2007. Disponível em <<http://icom.museum/who-we-are/the-vision/museum-definition.html>>. Acesso em 21 ago. 2011.

JACOBUCCI, Daniela Franco Carvalho. Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. **Em Extensão**, Uberlândia, v. 7, p. 55-66. 2008.

JAFELICE, Luiz Carlos. Nós e os céus: um enfoque antropológico para o ensino de Astronomia. In ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, n. 8, Águas de Lindóia. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2002. Disponível em http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/viii/pdfs/co19_1.pdf. Acesso em 29 de março de 2004.

JUNG, Carl Gustav. **Os arquétipos e o inconsciente coletivo**. 2 ed. Tradução Dora Marina R. Ferreira da Silva e Maria Luiza Appy. Petrópolis: Vozes, 2000. 447 p.

KANTOR, Carlos Aparecido. **A Ciência do céu**: uma proposta par ao ensino médio. 2001. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

KANTOR, Carlos Aparecido, MENEZES, Luis Carlos de. **Os astros e o cosmo**. São Paulo: Escolas Associadas, 2002. 48 p.

KAKU, Michio. Rumo ao universo paralelo. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 1 mai. 2005. Caderno Mais, p. 1-4.

KEPLER, Johannes. **El secreto del universo**. Traducción Eloy Rada García. Madrid: Alianza, 1992. 281 p.

KOESTLER, Arthur. **Os sonâmbulos**: história das idéias do homem sobre o universo. Tradução Alberto Denis. São Paulo: Ibrasa, 1961. 426 p.

KOYRÉ, Alexandre. **Do Mundo Fechado ao Universo Infinito**. Tradução Donaldson M. Garschagen. Rio de Janeiro: Forense Universitária: São Paulo: EDUSP, 1979. 290 p.

KRUPP, Edwin C. Crônicas de Stonehenge. In:_____. **En busca de las antiguas astronomias**. Traducción Manuel Martínez Luque-Romero. Madrid: Pirámide, 1989. p. 99-153.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n.4, p. 4402-1-4402-11, out-dez, 2009.

LEITÃO, Pedro; ALBAGLI, Sarita. Popularización de la ciencia y la tecnología: una revisión de la literatura. In: MARTÍNEZ, Eduardo; FLORES, Jorge (Comp.). **La popularización de la ciencia y la tecnología**: reflexiones básicas. México: UNESCO, Fondo de Cultura Económica, 1997. p. 17-37.

LEITE, Cristina. **Formação do professor de Ciências em Astronomia**: uma proposta com enfoque na espacialidade. 2006. 256 f. (+ anexos p. 257-274). Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LEÓN-PORTILLA, Miguel. Astronomia y cultura em Mesoamérica. In: CORRAL, Marco Arturo Moreno (Comp.). **Historia de la astronomía en México**. México: Fondo de Cultura Económica, 1986. p. 11-16.

LESSA, Renato. Ciência, dúvida, ceticismo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 232, p. 19, nov. 2006.

MAÇÃES, Bruno; GRECCO, Dante. Sob o céu dos Boorongs. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ed. especial n. 12, p. 30-37, 2006.

MACIEL, Walter Junqueira. A Galáxia. In: FRIAÇA, Amâncio C. S. et al. (Org). **Astronomia**: uma visão geral do universo. São Paulo: EDUSP, 2000. 278 p.

MACLAGAN, David. **Mitos da criação**: o aparecimento do homem no mundo. Madrid: del Prado, 1997. 96 p.

MARANDINO, Martha. **O conhecimento biológico nas exposições de museus de Ciências**: análise do processo de construção do discurso expositivo. 2001. 434 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MARANDINO, Martha. et al. A educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 5., 2004, Bauru. **Anais...** Bauru: ENPEC, 2004.

MARCUSE, Herbert. **Cultura e sociedade**, v. 2. Tradução Wolfgang Leo Maar, Isabel Maria Loureiro e Robespierre de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998. 175 p.

MARRONE JÚNIOR, Jayme; TREVISAN, Rute Helena. Um perfil da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p. 547-574, dez. 2009.

MARTINS, Roberto de Andrade. **O Universo**: teorias sobre sua origem e evolução. 3ª edição. São Paulo: Moderna, 1994. 183 p.

MASCARENHAS, Sérgio. A ciência para tirar os mistérios. In CRESTANA, Silvério; CASTRO, Miriam Goldman; PEREIRA, Gilson Ricardo de Medeiros (Org.). **Centros e Museus de Ciências, visões e experiências**. São Paulo: Saraiva, 1998. p. 15-19.

MATSUURA, Oscar Toshiaki. Divulgação da Astronomia: diretrizes para um plano abrangente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA, 24. 1998. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 18, n. 1, São Paulo, 1998. p. 163-164.

_____. Teatro Cósmico: mediação em planetários. In MASSARANI, Luisa; MERZAGORA, Matteo; RODARI, Paola. (Org.). **Diálogos & Ciência**: mediação em museus e centros de ciência. Rio de Janeiro: Museu da vida / Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz, 2007. p. 76-80.

MAZA, José. **Astronomía contemporánea**. 2ª edição. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1990. 295 p.

MEDEIROS, Luziânia Ângelli Lins de. Cosmoeducação: uma abordagem transdisciplinar no ensino de astronomia. In: JAFELICE, Luiz Carlos (Org.) **Astronomia, Educação e Cultura**. Natal: EDUFRRN, 2010. p. 147-212.

MEES, Alberto Antonio. **Astronomia: motivação para o ensino de Física na 8ª série**. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MEGALITHIC Astronomy at the Ceremonial Center of Nabta Playa. Disponível em <<http://www.colorado.edu/APS/landscapes/nabta/index.htm>>. Acesso em 12 jul. 2011.

MENEZES, Luis Carlos de. As mudanças no mundo e o aprendizado de ciências como um direito. In: UNESCO (Org.). **Ciência e cidadania: seminário internacional de ciência de qualidade para todos**. Brasília: UNESCO, 2005a. p. 107-126.

_____. Cultura científica na sociedade pós-industrial. In: WERTHEIN, Jorge; CUNHA, Célio (Org.). **Educação científica e desenvolvimento**. Brasília: UNESCO / Instituto Sangari, 2005b. p. 155-160.

_____. **A matéria uma aventura do espírito**: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico. São Paulo: Livraria da Física, 2005c. 277 p.

MENEZES, Luis Carlos de, et al. **Quanta Física**. São Paulo: Editora PD, 2010. 3 v.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Kepler** - a descoberta das leis do movimento planetário. São Paulo: Odysseus, 2003. 241 p.

NOVELLO, Mário. **Do big bang ao Universo eterno**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010. 130 p.

OLIVEIRA, Fátima Régis de. **Tecnologias informacionais de comunicação, espacialidade e ficção científica**. 2004. Disponível em <<http://hdl.handle.net/1904/17807>>. Acesso em 03 jul. 2008.

OSTER, Ludwwig. **Astronomía moderna**. Tradução de José Chabás Bérgon. Barcelona: Reverté, 1978. 539 p.

PAVÃO, Antonio Carlos; LEITÃO, Ângela. Hands-on? Minds-on? Hearts-on? Social-on? Explainers-on! In: MASSARANI, Luisa; MERZAGORA, Matteo; RODARI, Paola. (Org.). **Diálogos & ciência**: mediação em museus e centros de Ciência. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, 2007. P. 40-46.

PIVETTA, Marcos. As pedras do Sol. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 186, p. 84-85, ago. 2011.

QUEIROZ, Alex Sander Barros et al. Representação simbólica, arqueoastronomia e ensino de astronomia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, n.15, Curitiba, 2003. **Atas...** Curitiba: CEFET-PR, 2003. p. 3025-3030. 1 CD-ROM.

RATCLIFFE, Martin. The planetarium revolution. **Astronomy**, Waukesha, v. 29, n.10, p. 78-83, out. 2001.

ROCHA, Everardo Pereira Guimarães. **O que é etnocentrismo**. 11^a ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.

RONAN, Colin A. **História ilustrada da ciência**. Tradução de Jorge Enéas Fortes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987. 4 v.

ROW, Isaias. Ensino de Ciências e ensino experimental. In CRESTANA, Silvério; CASTRO, Miriam Goldman; PEREIRA, Gilson R. de M. (Org.). **Centros e Museus de Ciências, visões e experiências**. São Paulo: Saraiva, 1998. p. 75-79.

RUMJANEK, Franklin. Darwin e Protágoras. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 231, p.17, out. 2006.

SAAD, Fuad Daher. Centros de ciências: as atuais vitrinas do mundo da difusão científica. In CRESTANA, Silvério; CASTRO, Miriam Goldman; PEREIRA, Gilson R. de M. (Org.). **Centros e Museus de Ciências, visões e experiências**. São Paulo: Saraiva, 1998. p. 21-25.

SAGAN, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. Tradução Rosaura Eicheberg. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 442 p.

SANTOS JUNIOR, Cleber Tavares, KLAFKE, Júlio César, FALCÃO, Douglas. Elaboração e avaliação de métodos e recursos para as atividades de observação do céu. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 19, n.1, p. 157-158, 1999.

SILVEIRA, Fernando Lang da. A premissa metafísica da revolução copernicana. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 407-410, dez. 2002.

SIMAAN, Arkan; FONTAINE, Joëlle. **A imagem do mundo**: dos babilônios a Newton. Tradução Dorothée de Bruchard. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. 351 p.

SODRÉ, Nelson Werneck. **Síntese de história da cultura brasileira**. 11ª edição. São Paulo: Difel, 1983. 136 p.

SOUSTELLE, Jacques. **A civilização asteca**. Tradução Maria Julia Goldwasser. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987. 107 p.

SOUZA, Renato Rocha. **Uma proposta construtivista para a utilização de tecnologia na educação**. 200-. Disponível em:

<http://umbu.ied.dcc.ufmg.br/moodle/file.php/11/Nivel_0/Pedagogia/Umapropostaconstrutivista.pdf> . Acesso em: 03 de julho de 2008.

TORRES CISNEROS, Gustavo. **Mëj xëew**: la gran fiesta del Señor de Alopetec. México: CDI, 2003. 408 p.

TREVISAN, Rute Helena. A Astronomia no ensino fundamental e no ensino médio. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ENSINO DE ASTRONOMIA, 4, 1999, Rio de Janeiro, **Resumos...** Rio de Janeiro, Fundação Planetário, 1999.

TREVISAN, Rute Helena et al. O aprendizado dos conceitos de astronomia no ensino fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, n.15, Curitiba, 2003. **Atas...** Curitiba: CEFET-PR, 2003. p. 1877-1884. 1 CD-ROM.

VARGAS, Víctor Angles. **Machupijchu**. Lima: Industrial, 1986. 454 p.

VIEIRA, Valéria; BIANCONI, Maria Lucia; DIAS, Monique. Espaços não-formais de ensino e o currículo de ciências. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 57, n. 4, p. 21-23, out./nov./dez. 2005.

WAGENSBERG, Jorge. Principios fundamentales de la museología científica moderna. **Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales**. Barcelona, n. 26, p. 15-19, out. 2000.

ZERECEDA, Luis Oscar Chara; GÍL, Viviana Caparó. **Cusco, leyenda y aventura**. Cuzco: Bartolomé de las Casas, 2007. 196 p.