

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Educação

**ASTRONOMIA NO ENSINO
FUNDAMENTAL:
Natureza e Conteúdo do Conhecimento
de Estudantes e Professores**

Sérgio Mascarello Bisch

Tese apresentada à Faculdade de
Educação da Universidade de São Paulo,
como requisito parcial para a obtenção do
título de Doutor em Educação

Orientadora:

Profa. Dra. Yassuko Hosoume

São Paulo
1998

À
*Marcia e Viviane,
pelo amor.*

AGRADECIMENTOS

À Yassuko, pela orientação e confiança.

À Cristina Leite e José Alves da Silva, sem cuja colaboração nossa incursão pelo universo das crianças jamais teria sido possível.

Às professoras, crianças e adolescentes do ensino fundamental que nos permitiram compartilhar de seus universos.

Aos colegas de pós-graduação da FEUSP e da área de ensino do IFUSP, pela amizade e companheirismo.

Aos colegas do Departamento de Física e do Centro de Ciências Exatas da UFES pelo apoio e assunção de encargos em meu lugar, durante o período de meu afastamento.

Aos funcionários e monitores do Observatório Astronômico da UFES que, durante minha ausência, não deixaram a chama apagar.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

RESUMO

As concepções de estudantes e professores do ensino fundamental relativas ao universo foram investigadas em dois estudos paralelos.

No primeiro, dezoito estudantes de 6-14 anos foram entrevistados individualmente numa atividade semi-estruturada durante a qual desenhavam e construíam modelos tridimensionais da Terra, da Lua, do Sol e de uma estrela. Na última etapa da entrevista, o estudante era induzido a montar um modelo tridimensional do universo através de uma viagem imaginária. As entrevistas foram filmadas. Sua análise evidenciou diversos tipos de modelos a respeito da Terra, do céu, dos astros e de sua disposição espacial no universo. Observou-se que a natureza do conhecimento dos estudantes, fortemente realista ingênua, baseada na aparência sensorial dos objetos, era determinante na construção dos modelos.

No segundo estudo, sobre as concepções dos professores, os dados foram coletados em um curso de extensão universitária de 80 horas sobre Astronomia, por meio de questionários, desenhos e registro de depoimentos orais e ações durante as atividades do curso. Sua análise revelou diversas concepções e modelos distintos sobre os astros, o céu e o universo. A natureza do conhecimento dos professores, uma mescla de realismo ingênuo e noções conceituais fragmentadas, bem como a natureza de sua representação do espaço, marcadamente topológica, era determinante na elaboração de suas concepções e modelos. O conhecimento conceitual dos professores revelou-se feito de chavões verbais ou gráficos baseados no conhecimento científico, mas reinterpretados de acordo com o seu senso comum.

A comparação dos resultados obtidos nos dois estudos demonstrou que a natureza do conhecimento sobre Astronomia tanto de estudantes como de professores apresenta três traços marcantes: o realismo ingênuo, um conhecimento conceitual feito de chavões reinterpretados de acordo com o senso comum e uma representação qualitativa/topológica do espaço.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I - O UNIVERSO DAS CRIANÇAS	5
I.1. Representações do universo de estudantes do ensino fundamental da cidade de São Paulo	8
I.1.1. As Entrevistas	9
I.1.2. Considerações epistemológicas: realismo ingênuo, objetividade e racionalismo	12
I.1.3. Resultados:	16
A Terra	17
A Lua	38
O Sol	43
A relação entre o Sol e a Lua	46
As estrelas	49
Os planetas	51
O céu e o espaço	54
Os modelos de universo	63
I.1.4. Conclusões	84
I.2. Resultados referentes às representações do universo de estudantes do ensino fundamental apresentados em artigos internacionais	88
A Terra	90
Os dias e noites	102
As fases da Lua e as estações do ano	105
I.3. Representações do universo na criança: contribuições de Jean Piaget	108
A representação do mundo	109
A representação do espaço	113
I.4. Convergências, divergências e articulações	114

CAPÍTULO II - O UNIVERSO DOS PROFESSORES	119
II.1. O curso “Astronomia no 1º Grau”	121
II.1.1. O programa	122
II.1.2. Ênfases do curso:	
A observação do céu	124
A consideração das concepções iniciais	125
O caderno individual	126
A utilização de modelos tridimensionais	126
II.1.3. A metodologia	128
II.2. As concepções dos professores	131
II.2.1. O levantamento das concepções	131
II.2.2. Resultados:	
A Terra	133
A forma	134
Tamanho e idade	144
Os pólos, o equador e o eixo de rotação:.....	146
Orientação e localização: os pontos cardeais, latitude e longitude, meridianos e paralelos	157
A gravidade	166
Movimentos da Terra: rotação, translação e a órbita em torno do Sol	169
As estações do ano	185
Síntese das concepções acerca da Terra	197
A Lua	202
O Sol	206
As estrelas	208
Os planetas	210
O céu	212
O universo	218
II.3. O ensino como transmissão: o uso de chavões	225
II.4. A representação do espaço: espaço geométrico x espaço topológico ...	233
O espaço gráfico: realismo intelectual x realismo visual	236
II.5. A natureza do conhecimento astronômico dos professores	242

CAPÍTULO III - O UNIVERSO DO ENSINO FUNDAMENTAL	244
.....	
III.1. Os universos das crianças e dos professores: contrastes e convergências	245
III.2. Indicações para a melhoria do ensino da Astronomia no ensino fundamental	255
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	270
.....	
 Bibliografia	273
Apêndice A	277
Apêndice B	282
Apêndice C	291

ÍNDICE DAS FIGURAS

Capítulo I - Universo das crianças

Figura 1: Desenho da “Terra-chão” (Gab e Cris)	19
Figura 2: Desenho da Terra esférica achatada, feito por Thi	33
Figura 3: Esquema indicando a posição da casa no equador orientada segundo uma vertical absoluta	33
Figura 4: Universo de Cris	65
Figura 5: Universo de Gab	65
Figura 6: Universo de Hel	69
Figura 7: Universo de Jos	71
Figura 8: Universo de Fer	71
Figura 9: Universo de Lau	73
Figura 10: Universo de Mare	73
Figura 11: Universo de Fla	76
Figura 12: Universo de And	76
Figura 13: Universo de Rob	79
Figura 14: Noções de Terra inferidas por Nussbaum e Novak (1976)	91
Figura 15: Noções de Terra inferidas por Nussbaum e Novak (1976), incluindo a representação do céu/espço	91
Figura 16: Noções de Terra inferidas por Nussbaum (1979)	91
Figura 17: Exemplos da noção 1 de Nussbaum e Novak (1976)	93
Figura 18: Exemplos das noções 1 e 2 de Nussbaum (1979)	93
Figura 19: Exemplos das subdivisões da noção 1(a-c) inferidas por Mali e Howe (1979)	95
Figura 20: Noções de Terra inferidas por Baxter (1989)	97
Figura 21: Noções de Terra inferidas por Vosniadou e Brewer (1992)	99
Figura 22: Noções acerca do ciclo dia/noite inferidas por Vosniadou e Brewer (1994)	103
Figura 23: Noções acerca do ciclo dia/noite inferidas por Baxter (1989)	104
Figura 24: Noções acerca das fases da Lua inferidas por Baxter (1989)	106
Figura 25: Noções acerca das estações do ano inferidas por Baxter (1989)	107

Capítulo II - Universo dos professores

Figura 26: A Terra com os pólos bem achatados	136
Figura 27: Planisférios terrestres	137
Figura 28: Vertical absoluta	141
Figura 29: Eixo de rotação inclinado em relação aos pólos	152
Figura 30: Conceituação gráfica dos meridianos e paralelos	163
Figura 31: Terra na vertical	165
Figura 32: Desenhos da órbita da Terra	176
Figura 33: Desenhos da órbita da Terra	177
Figura 34: Desenhos que acompanham a explicação das estações nos livros didáticos	178
Figura 35: Desenhos da órbita da Terra com mistura de perspectivas	181
Figura 36: Desenhos da Terra em sua órbita nas 4 estações do ano	188
Figura 37: Desenhos da Terra em sua órbita nas 4 estações do ano	189
Figura 38: As fases da Lua como decorrentes da sombra da Terra sobre a Lua	204
Figura 39: Desenhos do céu de um ponto de vista topocêntrico	213
Figura 40: Desenhos do céu visto do espaço	214
Figura 41: Universo sem estrutura	220
Figura 42: Universo heliocêntrico	222
Figura 43: Universo composto por galáxias	223
Figura 44: Desenhos com mistura de perspectivas	237

INTRODUÇÃO

Há vários anos, desde 1986, o autor deste trabalho tem estado envolvido com projetos de extensão universitária voltados ao ensino de conteúdos de Astronomia para estudantes e professores do ensino fundamental¹. Desde o início desta atuação, vimo-nos envolvidos com uma série de preocupações e questionamentos acerca dos objetivos, resultados, limites, qualidades pedagógicas, efeito produzido nas pessoas que participavam de nossos projetos etc.; o que apontava, inevitavelmente, para a necessidade de um aprofundamento no estudo e investigação da realidade do ensino fundamental e num trabalho de elaboração de uma proposta pedagógica adaptada a esta realidade, numa integração efetiva entre a extensão e a pesquisa. A possibilidade de concretamente levar a cabo este projeto, do qual o presente trabalho é uma conseqüência, surgiu em 1993, quando tivemos a oportunidade de ingressar no curso de pós-graduação da FEUSP.

Em nossa ação extensionista tivemos contato com os três níveis de ensino, contudo optamos por colocar o foco de nossa atenção especificamente no ensino fundamental, pelo fato de ser o nível onde a demanda por uma melhoria no ensino de temas de Astronomia parece ser maior. Ao menos quantitativamente não resta a menor dúvida de que a demanda do ensino fundamental é maior: o número de alunos e professores envolvidos neste nível supera em muito o dos níveis médio e superior. Conteúdos diretamente ligados à Astronomia fazem parte dos currículos oficiais e são efetivamente ensinados no ensino fundamental, com graves problemas, “do jeito que dá”, pelo professor, que, em geral, não possui formação e domínio suficientes sobre esses temas e acaba usando o livro didático deste nível de ensino como a principal fonte de seu próprio conhecimento.

Por outro lado, é notório o enorme interesse e curiosidade das crianças com relação ao céu e o universo, o que se, por um lado, deixa o professor

¹ Apresentamos um relato a esse respeito, pouco antes de nosso ingresso no doutorado, em painel apresentado no X Simpósio Nacional de Ensino de Física (BISCH, 1993).

ainda mais embaraçado, pela sua falta de capacidade de responder às perguntas e de corresponder às expectativas das crianças, por outro ressalta a oportunidade excelente, geralmente desperdiçada, de se promover uma iniciação à Ciência que seja altamente motivadora, que mostre como a natureza é bela, interessante e desconhecida, usando o fio condutor da Astronomia, tarefa para a qual ela se mostra especialmente talhada.

O presente trabalho visa, portanto, investigar as características de que se reveste o ensino de Astronomia no ensino fundamental; mais especificamente buscaremos levantar a natureza e conteúdo do conhecimento astronômico apresentado por professores e estudantes deste nível, como eles concebem o seu entorno cósmico, quais as características desse seu conhecimento, qual o cenário cognitivo que se esboça no ensino fundamental com relação ao universo. Deste modo, como decorrência desta investigação, além de atingir uma compreensão aprofundada acerca das representações dos estudantes e professores sobre o universo, esperamos também obter subsídios que auxiliem na definição de rumos a serem seguidos em ações que visem uma transformação e melhoria deste ensino.

Perseguindo esse objetivo, nossa investigação percorre as trilhas de dois universos distintos: o das crianças e o dos professores, que, conjuntamente, auxiliam a compor o quadro do universo maior do ensino fundamental. Reconhecemos ausências importantes neste trabalho, trilhas que, por limitações espaço-temporais, não foi possível percorrer e que, sem dúvida, contribuiriam em muito para uma composição mais completa do quadro do universo do ensino fundamental. Citamos duas: a do universo do livro didático e a do universo da sala de aula, no qual todos os demais interagem e se encontram, onde as trilhas se cruzam. Obviamente, estamos usando aqui a palavra “universo” tanto no sentido metafórico como direto, ou seja, tanto referindo-nos ao contexto geral em que algo existe como especificamente à representação do universo físico, pois nosso recorte sempre se refere ao ensino de Astronomia.

Apesar das importantes ausências, acima referidas, do universo do livro didático e do universo da sala de aula, cuja investigação seria um complemento

natural do presente trabalho, o quadro que obtivemos através da composição dos resultados obtidos no percurso dos universos dos dois principais personagens envolvidos no ensino fundamental – os estudantes e os professores –, permitiu chegar a algumas conclusões importantes, evidenciando algumas grandes convergências quanto à natureza do conhecimento apresentado por professores e estudantes, que aparenta ser marcado por noções baseadas na interpretação ingênua do que informam os sentidos acerca da natureza que nos cerca, por noções conceituais feitas de chavões que são interpretados de acordo com o senso comum e por uma representação do espaço que é mais qualitativa que quantitativa. Estes resultados apontam, assim, para a possibilidade de um fechamento provisório de nosso percurso pelos dois universos, representado pela apresentação desta nossa tese de doutorado.

A forma como travamos contato com esse universos, ou seja, como obtivemos os dados acerca de cada um deles, foi a seguinte:

- O universo das crianças foi investigado através de uma série de 18 entrevistas semi-estruturadas com crianças de 6 a 14 anos, durante as quais elas deveriam construir modelos da Terra, do Sol, da Lua e de uma estrela com massa de modelar, realizar desenhos livres destes mesmos objetos e do céu e, principalmente, construir livremente um modelo tridimensional de universo. A construção do modelo tridimensional era feita usando como material o isopor e tendo como pretexto uma viagem imaginária com um foguete de brinquedo a astros que ela própria escolhia, representava e posicionava no espaço, através de fios suspensos do teto da sala de entrevistas. Além das entrevistas, para o mapeamento do universo das crianças, valemo-nos também de resultados acerca das concepções infantis sobre aspectos do universo, como a concepção de Terra e do ciclo dia/noite, apresentados em artigos de revistas internacionais e também na obra de Jean Piaget, que aborda os temas da representação do mundo e do espaço na criança.

- O universo das professoras, por sua vez, foi investigando por meio de dados colhidos ao longo de um projeto de extensão de formação em serviço de professores do ensino fundamental, promovidos pelo IFUSP e coordenados

pela Profa. Dra. Yassuko Hosoume, nos quais o autor esteve diretamente envolvido, que foi denominado “Astronomia no 1^o Grau” e realizado durante o segundo semestre de 1995 e o primeiro de 1996. Durante o curso, que foi dividido em oito módulos, os dados foram coletados de diversas formas: através de questionários (um questionário inicial e um questionário em cada módulo, que, inclusive, servia de roteiro para o desenvolvimento das próprias atividades do módulo) que visavam captar as concepções iniciais das professoras; de desenhos espontâneos do céu e do universo, feitos no início do curso; dos diários das professoras, onde eram anotados os resultados de suas atividades de observação do céu e do registro de depoimentos e ações dos professores durante as próprias atividades realizadas no decorrer do curso.

Esclarecemos que nossa investigação é centrada nas concepções prévias apresentadas por estudantes e professores. Portanto, tendo em vista o presente trabalho, utilizamos apenas os dados que colhemos durante o curso relativos às concepções iniciais dos professores.

Alguns resultados finais referentes a transformações observadas nos professores em virtude do curso serão citados apenas como subsídio à discussão acerca de indicação de possíveis rumos para o ensino de Astronomia no ensino fundamental, à luz das conclusões que extraímos em nossa pesquisa, o que é feito no último capítulo, na seção III.2.

No primeiro capítulo discutimos e apresentamos os resultados obtidos em nossa investigação com as crianças. No segundo fazemos o mesmo com relação aos professores e, no terceiro e último, buscamos compor ambos os resultados e esboçar um quadro mais amplo acerca da natureza do ambiente conceitual onde se desenrola o ensino de Astronomia no ensino fundamental, abarcando as representações dos estudantes e os professores. Na segunda seção desse último capítulo apresentamos também as linhas gerais de uma proposta para o ensino de Astronomia no ensino fundamental embasada nos resultados que obtivemos.

CAPÍTULO I

O UNIVERSO DAS CRIANÇAS

Neste capítulo nosso objetivo será descrever as representações relativas ao universo em crianças e adolescentes na faixa etária do ensino fundamental, procurando explicitar o seu conteúdo e caracterizar a sua natureza. Faremos isso com base nas seguintes fontes:

- no levantamento das representações de universo que efetuamos através de entrevistas com 18 crianças da cidade de São Paulo, na faixa etária de 6 a 14 anos, descrito na primeira seção deste capítulo;

- nos resultados apresentados em 6 artigos publicados em revistas internacionais², cujo objetivo também é o levantamento de concepções de crianças acerca de fenômenos astronômicos, principalmente da noção de Terra, discutidos na segunda seção;

- na obra de Jean Piaget, sobretudo nos livros “A Representação do Mundo na Criança”³, onde são abordadas a questão da origem dos astros, a causa e natureza da noite e concepções infantis acerca do céu, do Sol e da Lua, e “A Representação do Espaço na Criança”⁴, que investiga a evolução das representações espaciais das crianças, que, como veremos, condicionam suas representações do universo. Na terceira seção deste capítulo discutiremos algumas das conclusões de Piaget relacionadas ao nosso tema.

Na quarta e última seção, discutiremos as convergências que existem entre os resultados obtidos por nós, na cidade de S. Paulo, e os apresentados nos trabalhos internacionais acima citados, realizados em países tão diversos

² NUSSBAUM e NOVAK, 1976; NUSSBAUM, 1979; MALI e HOWE, 1979; BAXTER, 1989; VOSNIADOU e BREWER, 1992 e 1994.

³ PIAGET, 1926.

⁴ PIAGET e INHELDER, 1993.

como os Estados Unidos, Inglaterra, Israel e Nepal, bem como com algumas das conclusões de Piaget. Buscaremos também esclarecer e discutir as diferenças de enfoque e resultados entre nosso trabalho e os demais.

Veremos que a evolução das representações infantis segue uma trajetória que vai desde a predominância de um realismo ingênuo, onde a criança acredita que o universo é do jeito que seus sentidos lhe informam: com uma Terra plana sobre a qual se estende, como uma camada, um céu com pouca profundidade, em que a Astronomia se confunde com a meteorologia, onde o espaço é apenas um semi-espaço que se prolonga do chão para cima e a direção vertical é absoluta; até uma visão que tende a ser predominantemente conceitual e descentrada, extraída da cultura científica, com uma Terra esférica, em cuja superfície vivem as pessoas, em que a direção vertical é relativa, que é cercada por um espaço que se estende em todas as direções e possui grande profundidade, onde a Terra é apenas um planeta entre outros.

Veremos que o caminho que vai da concepção realista ingênua à conceitual é cheio de meandros, sendo marcado por uma interação e uma tensão constantes entre estes dois pólos, presentes, por exemplo, ao longo de toda a faixa etária coberta em nosso trabalho na cidade de S. Paulo (6 a 14 anos); mesmo entre as crianças mais jovens já há traços da visão conceitual (por exemplo, de idéia de uma Terra esférica) e, mesmo entre os adolescentes, existem ainda sinais de um realismo ingênuo (por exemplo, imaginando que as estrelas ficam “no alto”). Assim, longe de se constituir num processo de simples substituição de uma visão pela outra, ao que parece a construção da complexa noção de universo, nas crianças e adolescentes, é um processo em que há uma coexistência permanente de traços de ambas as visões, com diversas tentativas de conciliação e assimilação de uma pela outra, que conduzem a diversas “soluções” originais, sincréticas, equilíbrios provisórios entre os dois pólos, revelados tanto no trabalho que realizamos na cidade de S. Paulo como em todos os artigos internacionais acima citados.

Verificamos que o estágio atingido pelas crianças ao final do ensino fundamental, no início da adolescência, nem sempre está próximo do ideal da

construção de uma visão conceitual do universo, e, muito menos, de que esta visão conceitual consiga articular e assimilar compreensivamente o que revela a observação do céu.

Acreditamos que esta questão remete diretamente a um dos principais nós do ensino de Astronomia no ensino fundamental: a necessidade de conciliação e articulação entre o que nos informam os sentidos e a cultura.

I.1. REPRESENTAÇÕES DO UNIVERSO DE ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL DA CIDADE DE SÃO PAULO

Durante o ano de 1996, como parte de um projeto de iniciação científica, foi realizada na cidade de São Paulo, no Instituto de Física da USP, uma série de entrevistas semi-estruturadas com 18 crianças e adolescentes, cobrindo a faixa etária do ensino fundamental, de 6 a 14 anos, com dois representantes de cada idade. Os indivíduos de nossa amostra distribuíam-se de maneira aproximadamente homogênea entre as diversas classes sociais e faixas de escolaridade dos pais, incluindo tanto estudantes de escolas públicas como particulares.

O objetivo das entrevistas foi o de investigar as noções que os estudantes apresentavam com relação ao universo, mais especificamente com relação à sua composição e estrutura espacial: que tipos de objetos o constituem, qual a sua forma e como eles estão espacialmente estruturados na composição do universo.

Nossa investigação situou-se assim, prioritariamente na esfera do espaço, não na do tempo. Não tivemos como objetivo investigar a explicação causal de fenômenos astronômicos, mas sim a consciência dos estudantes com relação aos objetos e à configuração do espaço em seu entorno cósmico. Apenas subsidiariamente colhemos alguns dados referentes ao movimento e causalidade envolvidos em certos fenômenos como, por exemplo, na sucessão de dias e noites.

I.1.1 - AS ENTREVISTAS

Inicialmente realizamos uma série piloto de dez entrevistas que serviu para o desenvolvimento da metodologia que por fim utilizamos. Nesta série inicial começávamos perguntando se moramos dentro ou fora da Terra, depois apresentávamos um modelo pronto de Terra – uma bola de isopor com os continentes desenhados – e solicitávamos à criança que indicasse onde morávamos, colocando um boneco na posição que ela achasse correta. A seguir, pedíamos que ela imaginasse um navio que, saindo do Brasil, navegasse sempre em frente e, depois, um foguete que, saindo da Terra, viajasse sempre para o alto. Nos dois casos perguntava-se onde eles iriam chegar. Essas perguntas eram do tipo *“generativo”*, no sentido dado a este termo por Vosniadou e Brewer para descrever perguntas que *“pedem às crianças para explicar fenômenos que elas não podem observar diretamente e sobre os quais elas provavelmente não devem ter recebido qualquer instrução direta”*, e que, portanto, *“tem um potencial muito maior para prover informações sobre a estrutura conceitual subjacente das crianças”*⁵.

O ponto crítico destas entrevistas iniciais, como logo percebemos, era a imposição às crianças de um modelo esférico de Terra, pois nem sempre é este o modelo por elas concebido para o lugar onde vivemos. Muitas crianças, como pudemos verificar em nossas entrevistas, e é confirmado por diversos outros trabalhos realizados no exterior, como os que analisaremos na segunda seção deste capítulo, concebem a Terra em que vivemos como plana.

Para contornar este problema e permitir a expressão das concepções realmente adotadas pelas crianças, decidimos reformular a nossa entrevista e estruturá-la de modo que a criança tivesse mais liberdade de expressão e pudesse representar a Terra e os astros, tridimensionalmente, tanto com massa de modelar como com objetos de isopor de sua própria escolha.

Organizamos também a entrevista de maneira tal que, através de uma viagem imaginária com um foguete, que propúnhamos ao final da mesma, se obtinha uma representação tridimensional do universo construída pela criança.

⁵ VOSNIADOU e BREWER, 1992, p.542.

Para isso equipamos a sala da entrevista com uma estante cheia de objetos diversos feitos de isopor (esferas coloridas, discos, meias-luas, placas planas, etc.) e deixamos fios de nylon suspensos a partir do teto da sala, nos quais a criança poderia prender os objetos que escolhesse para representar os astros. A entrevista seguia as seguintes etapas:

1^a) Solicitávamos à criança que fizesse a Terra, a Lua, o Sol e uma estrela usando massa de modelar.

2^a) Pedíamos que desenhasse livremente a Terra, o Sol, a Lua, uma estrela e o céu.

3^a) Solicitávamos que escolhesse um modelo de Terra dentre os objetos de isopor da estante, dando-lhe a liberdade de acrescentar qualquer modificação que achasse necessária, e o colocasse na posição que quisesse, usando os fios de nylon para prendê-lo. Pedíamos então que ela indicasse, neste modelo, onde ficavam as pessoas, a sua casa (neste momento, lhe era fornecida uma casinha de brinquedo, para representar a sua própria casa, para que a criança a colocasse na Terra na posição que achasse correta), o mar, o Japão e o céu.

4^a) Apresentávamos à criança um foguete de brinquedo e pedíamos a ela que escolhesse um lugar qualquer do universo para o qual ela gostaria de viajar, um objeto para representá-lo, dentre os disponíveis na estante, e o colocasse na posição que quisesse, de maneira semelhante à que havia sido feita com a Terra. Pedíamos então que ela fizesse a viagem da Terra até o astro apanhando o foguete com a mão e mostrando como seria o percurso até lá. Após concluída a viagem até este primeiro astro, pedíamos à criança que escolhesse um novo lugar para visitar e repetíamos o procedimento. Este processo era repetido até que a criança não quisesse mais ir a lugar algum. Se, ao final, ela não tivesse representado o Sol, a Lua ou estrelas, pedíamos que ela o fizesse. Deste modo obtínhamos uma espécie de modelo tridimensional de universo construído pela própria criança que deveria refletir suas concepções acerca do mesmo.

Durante e entre as “viagens” eram feitas algumas perguntas buscando entender melhor como era esse universo. Por exemplo: como era o astro escolhido, porque ela o havia escolhido, se ele ficava próximo ou distante da

Terra, se era possível ver a Terra de lá, como ela era vista, como era o céu deste lugar, onde ficava o Sol a noite e a Lua de dia etc.

As entrevistas foram filmadas em vídeo e transcritas para a realização da análise. A metodologia que seguimos foi essencialmente qualitativa, de estudo de caso, na qual procurávamos indícios a respeito das representações de cada criança em todas as suas manifestações registradas através da filmagem, tais como falas, gestos e expressões não verbais. Os episódios mais relevantes e indicativos dos tipos básicos de representações que pudemos discernir são relatados ao longo de nossa apresentação de resultados.

Antes de apresentarmos os resultados que obtivemos, faremos uma discussão geral acerca da natureza do conhecimento astronômico (isto é, referente ao universo) apresentado pelas crianças. A partir desta discussão será possível vislumbrar um fio condutor que será fundamental na interpretação de nossos dados e que irá permear a apresentação dos resultados: a polarização do conhecimento das crianças entre um realismo ingênuo, segundo o qual a aparência sensorial dos objetos corresponde à realidade, e uma representação conceitual do universo.

I.1.2 CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS: REALISMO INGÊNUO, OBJETIVIDADE E RACIONALISMO.

Uma característica essencial da Astronomia, que vai marcar indelevelmente o seu conhecimento e ensino, é o fato de que o seu objeto de estudo – o universo – apresenta uma face que é familiar e acessível a todos, com a qual toda a criança trava contato desde os seus primeiro anos: o céu e os astros visíveis a olho nu: o Sol, a Lua e as estrelas⁶. De fato, o céu é a nossa grande janela para o universo.

Outro objeto astronômico com o qual, obviamente, temos um contato extremamente próximo é o próprio planeta em que vivemos, a Terra. Destas duas realidades – o céu e a Terra – toda a criança forma uma imagem baseada em sua própria experiência cotidiana, no contato espontâneo que trava com elas, praticamente desde a primeira infância.

Estas primeiras representações infantis do universo serão duplamente marcadas pelo egocentrismo: primeiro por ser esta a disposição mental natural das crianças mais jovens, como já foi extensamente demonstrado pela psicologia infantil; segundo porque a nossa visão (não só a da criança, mas a de nós todos) do universo, quando contemplamos o céu e observamos a Terra, acha-se inescapavelmente marcada pelo nosso ponto de vista local, do chão, do ponto particular em que estamos sobre a superfície desta esfera imensa, em relação ao nosso próprio tamanho, que é a Terra, que gira sobre si mesma e em torno do Sol. Um ponto cujo horizonte é limitado e sobre o qual existe uma atmosfera. Este último “egocentrismo”, em verdade, poderia ser melhor caracterizado como um “topocentrismo”, isto é, uma apego ao ponto de vista local, ligado ao ponto particular da superfície da Terra em que estamos.

O egocentrismo psicológico infantil tem origem numa indiferenciação original entre o eu e o mundo externo, na falta de consciência do próprio eu por parte da criança jovem, consistindo num egocentrismo radical e inconsciente, num “narcisismo sem Narciso”, como diz Piaget⁷.

⁶ Não citamos aqui os planetas porque os mesmos são invariavelmente confundidos com estrelas pelas pessoas leigas.

⁷ PIAGET, 1991, p.22.

Uma consequência epistemológica deste egocentrismo inato é que a criança jovem ainda não consegue construir uma representação objetiva da realidade, isenta das particularidades e especificidades de seu ponto de vista pessoal; ao contrário, sua tendência é formar representações realistas do mundo, de um realismo ingênuo e infantil que, na sua relação com o mundo físico, assume sempre como real, verdadeiro, absoluto e geral o seu próprio ponto de vista, a sua percepção particular da realidade. Piaget faz uma boa distinção entre este realismo ingênuo e a objetividade no seguinte parágrafo:

“Há, porém, duas maneiras de ser realista. Ou melhor, é preciso distinguir a objetividade e o realismo. A objetividade consiste em se conhecer muito bem as mil intrusões do eu no pensamento de todos os dias e as mil ilusões que daí derivam – ilusões dos sentidos, da linguagem, dos pontos de vista, dos valores etc. – que, para que se permita julgar, inicia-se por desembaraçar os entraves do eu. O realismo, ao contrário, consiste em ignorar a existência do eu e a partir daí assumir a própria perspectiva como imediatamente objetiva e como absoluta. O realismo é então a ilusão antropocêntrica, é o finalismo, são todas as ilusões que abundam na história das ciências. Na medida em que o pensamento não tomou consciência do eu, ele se expõe, efetivamente, às eternas confusões entre o objetivo e o subjetivo, entre o verdadeiro e o imediato; ele enquadra todo o conteúdo da consciência sobre um único plano, sobre o qual as relações reais e as emanações inconscientes do eu estão irremediavelmente confundidas”⁸.

Encontramos também uma boa conceituação do que é o realismo ingênuo, no sentido expresso acima por Piaget e no qual utilizaremos este termo neste trabalho, na própria Filosofia, na teoria do conhecimento:

“A primeira [modalidade de realismo], tanto histórica como psicologicamente, é o realismo ingênuo. Este realismo não se acha ainda influenciado por nenhuma reflexão crítica acerca do conhecimento. O problema

⁸ PIAGET, 1926, p.29-30.

*do sujeito e do objeto ainda não existe para ele. Não distingue em absoluto entre a percepção, que é um conteúdo da consciência, e o objeto apercebido. Não vê que as coisas não nos são dadas em si mesmas, imediatamente, na sua corporeidade, mas somente como conteúdos da percepção. E como identifica os conteúdos da percepção com os objetos, atribui a estes todas as propriedades incluídas naqueles. As coisas são, segundo ele, exatamente tais como as percebemos.”*⁹.

No caso da Astronomia, o que irá ocorrer é que a criança jovem, realista ingênua, tenderá a representar para si o universo exatamente como o percebe: a Terra é plana, o céu é uma camada ou abóbada azul que está sempre no alto, acima de nossas cabeças, a direção vertical é absoluta, única, válida para todo o universo, o Sol e a Lua são discos luminosos, as estrelas são pequenas e com pontas, a Lua nos segue quando saímos a passear a noite etc.

A esta representação realista ingênua do cosmos se contrapõe uma representação conceitual e racional do universo, fornecida pela ciência e culturalmente hegemônica em nossa sociedade. Mesmo a um nível elementar, como deve ser trabalhada no ensino fundamental, esta representação conceitual implica conceber a Terra como um planeta de forma esférica, circundado pelo espaço, em cuja superfície vivemos, onde a vertical é uma direção relativa que varia conforme a posição em que nos encontramos em sua superfície, que descreve movimentos regidos por leis racionais etc. O conceito de planeta por sua vez, também deve ser compreendido dentro do contexto de uma estrutura maior que é o sistema solar, passando a Terra a ser considerada como apenas um planeta entre outros deste sistema. O Sol, por sua vez, passa a ser encarado como uma estrela – um absurdo do ponto de vista realista ingênuo! –, mas que faz pleno sentido no âmbito científico. No contexto do racionalismo adotado na ciência, o conhecimento é sempre sistematizado, os conceitos nunca vêm isolados, mas acham-se sempre inter-relacionados: “os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais”¹⁰; “a própria noção de conceito científico implica uma certa posição em relação a outros conceitos, isto é, um lugar dentro de um sistema de conceitos.”¹¹.

⁹ HESSEN, 1987, p.93.

¹⁰ MORTIMER, 1997, p.9.

¹¹ VYGOTSKY, 1996, p.80.

Os “novos” conceitos de Terra e de universo forjados assim dentro de um contexto racional, científico, são veiculados à população em geral e incorporados à cultura escolar; porém, freqüentemente, de uma maneira desvinculada da rede original de relações racionais em que ele achava-se inserido, resultando assim num conhecimento fragmentado, como será extensamente discutido no próximo capítulo¹².

As crianças acham-se, portanto, submetidas a uma dupla influência na formação de sua representação do universo: num pólo temos o realismo ingênuo, vindo de sua percepção sensorial do mundo, e noutro as representações conceituais/racionais veiculadas pela cultura escolar e através da mídia. Essa dupla influência, e a interação que ocorrerá entre elas, terá, como veremos, um papel determinante na formação e evolução das concepções infantis.

¹² Especialmente na seção II.3.

I.1.3 - RESULTADOS

Com as questões e atividades que propusemos às crianças, durante a entrevista, foi possível obter dados com relação às suas concepções de Terra, Lua, Sol, estrelas, planetas, céu e espaço (cósmico), bem como acerca de como imaginam a configuração tridimensional dos astros na composição do universo.

Ao apresentarmos os resultados utilizaremos, para exemplificação, diversos episódios em que há falas da entrevistadora e dos entrevistados, na transcrição dos quais buscamos ser fiéis ao que foi realmente dito pelas pessoas e não à gramática, assim é comum o aparecimento de palavras como “tá”, “pra” etc. Porém os trechos que correspondem a transcrições são sempre claramente indicados pelo uso da letra maiúsculas “E”, no início da frase dita pela entrevistadora, e o código, geralmente com três letras, que identifica o entrevistado, como “GAB”, “LAU” etc., também em maiúsculas. Nas citações, as explicações que julgamos necessário fornecer para a compreensão do contexto das falas e de gestos significativos utilizados pelo entrevistado ou pela entrevistadora vêm sempre entre colchetes.

A TERRA

A concepção de Terra de cada criança foi inferida a partir das questões que pediam a ela a representação da Terra com massa de modelar, através de desenho e com isopor, e ainda através de indicações dadas pela criança durante a última parte da entrevista, durante a “viagem” com o foguete, ou seja, eram obtidas informações acerca da Terra em todas as quatro etapas em que foi dividida a entrevista.

Nem sempre havia consistência nas respostas dadas pela mesma criança nas quatro etapas. Por exemplo, no trabalho com massa de modelar e no desenho a representação utilizada pela criança podia ser a de uma Terra plana (p. ex.: a representação correspondia a uma paisagem, seja urbana ou bucólica, como é vista da superfície da Terra, com um chão plano, pessoas, casas ou árvores e o céu no alto), entretanto o modelo de isopor por ela adotado era o de uma esfera.

Como discutiremos mais extensamente no final desta seção, de modo algum descartamos esses casos de nossa amostra, bem ao contrário, consideramos esses “lapsos” como altamente significativos e reveladores da tensão subjacente ao processo de representação do mundo pela criança, da tensão entre os pólos do realismo ingênuo e da conceitualização. Contudo, mesmo nos casos em que apareciam tais “inconsistências”, elas tomavam a forma de uma alternância entre concepções diversas acerca das quais, freqüentemente, a criança fornecia elementos suficientes para a caracterização de cada uma delas, ou, ao menos, da predominante. Ou seja, mesmo quando apareciam estes “lapsos”, isso não impedia a identificação da(s) concepção(ões) básica(s) de Terra utilizada(s) pela criança. O que pudemos observar é que algumas das crianças, em vez de trabalharem unicamente com uma destas concepções básicas, dependendo do contexto, alternavam, passavam a utilizar outra concepção.

Evidentemente a(s) concepção(ões) realmente apresentada(s) pela criança sempre envolvia(m) matizes pessoais, entretanto percebemos que elas podiam ser descritas em termos de cinco tipos básicos, considerando-se a forma da Terra e a posição onde se encontram as pessoas: Terra plana, Terra dupla, Terra oca, Terra esférica achatada e Terra esférica. A seguir

descrevemos e exemplificamos cada um destes tipos, bem como algumas de suas variantes mais interessantes:

1. A Terra Plana: concepção que se confunde com a própria noção de “chão”, no qual vivemos, que é plano, onde há árvores, casas, automóveis etc., e sobre o qual se estende o céu como uma camada azul que fica acima do chão, onde aparecem as nuvens, o Sol, a Lua e as estrelas, por onde voam pássaros e aviões. É a concepção mais próxima do que nos revela nossa percepção imediata do mundo que nos cerca, mais presa a um ponto de vista local, topocêntrico, parecendo ser totalmente espontânea, natural e formada com pouca intervenção da cultura. Podemos considerá-la como o ponto de partida, a visão mais primitiva e próxima do pólo do realismo ingênuo. Devido à sua proximidade com a noção de “chão” (embora também inclua o céu que é visto do chão), por vezes denominamos a esta concepção de uma Terra plana de “Terra-chão”.

Exemplos claros de uso deste tipo de representação da Terra são dados por algumas das crianças mais jovens:

Na 1ª etapa da entrevista, quando pedimos a Gab (7 anos) para fazer a Terra com massa de modelar, ele apanha um bastão verde escuro, amassa-o entre os dedos e contra a mesa, formando uma placa, depois, apanhando mais massinha faz uma árvore de tronco escuro e copa verde-claro que procura colocar de pé sobre a placa. Após, com mais massa de modelar, ele constrói um homem e também o coloca de pé sobre a placa verde-escuro. Tanto a árvore como o homem foram feitos por Gab de maneira “bidimensional”, apenas esboçando seu contorno ou grudando placas planas, umas sobre as outras, por isso eles não se sustentam muito tempo quando colocados em pé sobre a placa, mas sua intenção não deixa dúvidas: representar a Terra como sendo uma placa plana sobre a qual existem árvores e pessoas. Na 2ª etapa da entrevista, quando pedimos a Gab que desenhe a Terra, seu desenho é o de uma paisagem da superfície da Terra, com uma casa, uma árvore, nuvens de contorno azul e o Sol em um dos cantos da folha. O chão é representado por um contorno verde cheio de pontas, representando a grama (veja fig. 1(a)).

Cris (8 anos) faz coisa semelhante: na 1ª etapa ela trabalha com a massa de modelar de maneira bidimensional, construindo objetos planos e dispendo-os sobre uma folha de papel à semelhança de um desenho. A sua representação de Terra é, como no caso de Gab, a de uma paisagem vista da superfície da Terra: faz uma árvore, um arco-íris, um Sol com uma cara sorrindo, nuvens azuladas, um passarinho, uma flor e, no pé da página, um chão feito com massa marrom. Seu desenho da Terra, na 2ª etapa, praticamente repete esta representação, sendo novamente uma paisagem da superfície da Terra, desta vez incluindo também uma pessoa (veja fig. 1(b)).

É importante notar que tanto Gab quanto Cris, embora nas duas primeiras etapas da entrevista tenham dado evidências inequívocas de uso de uma representação de Terra do tipo “Terra plana”, na terceira etapa, ao escolher o modelo de isopor, ambos escolhem uma bola para representá-la. Ou seja, ambos apresentam não apenas a noção de que a Terra é plana, mas também de que ela é uma bola. Quando questionados pela entrevistadora se estas duas Terras são a mesma, Gab respondeu que sim, mas não soube explicar porque; já Cris encontra uma solução: segundo sua resposta as duas Terras não são iguais: *“A redonda é a Terra que fica no céu e a outra a que fica aqui embaixo...”*, formulando assim a concepção de uma “Terra dupla”, que a seguir discutiremos.

2. A Terra Dupla: segundo esta concepção existem duas Terras: uma Terra plana, onde vivemos e que se confunde com a noção de “chão”, como anteriormente descrevemos, e uma outra que seria “o planeta Terra”, que é uma esfera e fica no céu ou espaço, junto com os outros astros e planetas, onde podem existir astronautas, mas que não é o lugar onde vivemos.

O importante a ser notado é que, nesta concepção – apresentada por algumas das crianças mais jovens de nossa amostra – as duas noções de Terra: a de uma “Terra-chão” e a de uma “Terra-planeta” permanecem como coisas que são completamente distintas, estanques. Há uma separação completa entre a noção do lugar onde vive, que a criança obtém pela observação direta (a “Terra-chão”), e a informação que lhe chega através da escola ou da mídia, de que vivemos em uma “Terra-planeta” esférica.

O exemplo mais explícito do uso desta concepção, em nossa amostra, é o de Cris (8 anos). Ao longo de sua entrevista, ela dá vários indícios de utilizá-la:

Tanto com a massa de modelar como no desenho, como já citamos anteriormente, Cris representa uma Terra plana, com árvores, passarinhos, arco-íris etc. (fig. 1(b)), enquanto que, com isopor, após hesitar bastante, escolhe uma bola azulada (embora, na estante, houvesse placas planas, que poderiam ser utilizadas para a construção de um modelo mais parecido com os anteriores). Logo que ela faz esta escolha a entrevistadora pergunta:

E: Esta Terra é a mesma que você fez antes? [Cris está com a Terra esférica na mão e a entrevistadora aponta para o desenho e o modelo de massa de modelar representando a Terra feitos por ela e que estão bem à sua frente, sobre a mesa.]

CRIS: Que Terra?...

Esta réplica de Cris é surpreendente, já que o desenho e o modelo de massa de modelar estão bem visíveis, na sua frente, e são apontados pela entrevistadora – é como se ela tivesse “esquecido” completamente o que havia feito pouco antes e agora só estivesse pensando na Terra esférica que tem entre as mãos, ou como se não quisesse enxergar o que havia feito antes. Essa reação surpreendente parece ser um sintoma do tratamento estanque que ela dá às suas duas noções de Terra, e de uma evitação de confronto entre elas.

Como a entrevistadora insiste na comparação entre as duas Terras, repetindo a pergunta e apontando as diferentes representações usadas por Cris, por fim ela responde:

CRIS: A redonda é a Terra que fica no céu e a outra a que fica aqui embaixo...

Evidenciando de maneira inequívoca o uso da idéia de que existem duas Terras.

Quando é solicitado a Cris que ela escolha uma posição nos fios suspensos para colocar a sua Terra-planeta (a bola azulada de isopor) ela escolhe um lugar bem alto e diz:

CRIS: Ela fica lá em cima no céu ...

Pelo que é dado a entender ao longo da entrevista, o “céu”, para Cris, significa exatamente o céu que é visto de nossa posição, no chão, ou seja, ela dá mostras de conceber uma distinção entre a posição em que nos encontramos, aqui “*embaixo*”, e o planeta Terra, que fica “*lá em cima*”, interpretação que será confirmada de maneira ainda mais explícita no final da entrevista.

Ao lhe ser solicitado que escolha um lugar para viajar com o foguete de brinquedo, partindo da Terra, primeiro ela deseja viajar para uma cidade (Nova Iorque) ou um país, mas a entrevistadora explica que ela está num foguete e não num avião, que é como se ela fosse uma astronauta que vai viajar para o espaço. Então, surpreendentemente, ela escolhe como destino “o *planeta Terra*”!... Ou seja, pensa em viajar de onde está (aqui embaixo, na Terra) para o planeta Terra; da sua Terra plana para a “Terra-planeta”!...

Ao final da entrevista, ao fazer perguntas acerca de como é o céu imaginado por Cris, a entrevistadora novamente pergunta sobre a Terra, e Cris mais uma vez torna explícita a sua noção de uma Terra dupla:

E: E a Terra, fica no céu?

CRIS: A Terra fica bem em cima.

E: Em cima da onde?

CRIS: Bem em cima do céu, porque ninguém vê a Terra... A gente não vê a Terra porque a Terra é muito distante...

Esta fala de Cris não deixa dúvidas, mostra de maneira transparente a distinção que ela faz: há um lugar onde vivemos e de onde olhamos para o céu (a “Terra-chão”), e há outro lugar (a “Terra-planeta”) que fica no céu, muito distante, bem “*em cima*”, tão distante que não pode ser vista pelas pessoas que estão aqui “*embaixo*”, na “Terra-chão”.

É interessante notar o uso, por Cris, de maneira bem marcada, das noções de “*em cima*” e “*embaixo*”, associadas a uma verticalidade absoluta que faz parte da essência da noção realista ingênua da “Terra-chão”.

Jos (7 anos) exemplifica bem o dilema em que a criança as vezes fica frente a estas duas noções: tanto com a massa de modelar como no desenho, a Terra por ele representada é uma Terra-chão muito simplificada: fez uma placa marrom com a massa de modelar e desenhou apenas uma faixa escura no pé

da folha, já o modelo de isopor por ele escolhido foi o de uma bola azul com continentes esboçados. Quando ele escolhe o modelo de isopor, a entrevistadora o questiona acerca desta grande diferença de representação. Pressionado pelas perguntas da entrevistadora, Jos, que é bastante tímido, acaba totalmente embaraçado:

E: Bom, quando você desenhou a Terra e fez na massa de modelar, você fez daquela maneira. [Aponta para as representações anteriores.] É igual a essa? [Aponta para a bola de isopor.]

JOS: [Faz que não com a cabeça.]

E: Qual que é a diferença?

JOS: É que ali eu fiz a Terra assim [fazendo um gesto com a mão indicando que fez uma placa sobre a mesa] e aqui tá uma bola.

E: As duas são Terra?

JOS: [Faz que sim com a cabeça.]

E: Onde você mora, nessa ou naquela?

JOS: Nessa. [Diz isso apontando de maneira dúbia, mais para a bola, mas também um pouco em direção à “Terra-chão”, a entrevistadora repete:]

E: Nessa [aponta para a bola] ou naquela [aponta para a placa de massa de modelar]?

JOS: Naquela. [Diz Jos apontando para a placa.]

E: Naquela lá, é?

JOS: [Jos confirma com a cabeça.]

E: São diferentes as duas?

JOS: [Faz que sim com a cabeça.]

E: Tem mais de uma Terra?

JOS: [Faz que sim com a cabeça, mas de maneira hesitante...]

E: Tem quantas Terras?

JOS: Duas.

E: Essa e aquela?

JOS: [Faz que sim.]

E: E você mora naquela? [Aponta para a placa.]

JOS: É.

E: E por que você disse que mora aqui? [Diz a entrevistadora, apontando para a bola.]

JOS: *[Fica um tempo sem responder nada, de cabeça baixa, embaraçado...]*

E: Não sabe?

JOS: *[Jos faz que não com a cabeça...]*

Ao contrário de Cris, Jos não chegou a “resolver” o problema através de uma separação completa e explícita entre as duas noções, parecendo perceber, no fundo, que a Terra deveria ser uma só, porém não deixa de evidenciar que trabalha com duas idéias bem diferentes de Terra, cuja relação ele não estabelece. No trecho transcrito acima, pressionado pela entrevistadora acerca do *lugar onde vive*, após alguma hesitação, Jos acaba optando pela noção de “Terra-chão”, indicando que mora na Terra em forma de placa. Contudo, mais adiante, na última etapa da entrevista (etapa da “viagem”), após Jos ter escolhido a Lua para viajar com o foguetinho, quando a entrevistadora pergunta como ele veria a Terra da Lua, ele dá outra resposta:

E: *Você consegue ver a Terra de lá [da Lua]?*

JOS: *[Faz que sim com a cabeça.]*

E: *Como você vê ela de lá, assim ou assim? [A entrevistadora aponta para as duas representações de Terra que ele usou: a placa e a bola.]*

JOS: *Assim. [Jos, mais uma vez, faz um gesto dúbio com a mão, que parece indicar mais a Terra redonda mas que também aponta para a placa. A entrevistadora insiste:]*

E: *O formato dela é assim [envolve a bola com as mãos] ou é daquele jeito ali [aponta para a Terra-chão]?*

JOS: *Assim. [Fazendo com os dedos das mãos uma circunferência, indicando que é a bola que se vê.]*

E: *É uma bola?*

JOS: *[Faz que sim com a cabeça.]*

Aqui novamente transparece o dilema de Jos. Provavelmente porque agora a pergunta seja não mais a respeito de onde ele vive, mas como a Terra seria vista de um ponto no espaço (da Lua), ou seja, num outro contexto, mais abstrato e conceitual, ele opta pela noção de “Terra-planeta” esférica.

3. A Terra Oca: nesta concepção, a Terra é considerada esférica, porém as pessoas não vivem em sua superfície, mas sim no seu interior, numa superfície plana no meio da esfera, ou no fundo da calota inferior. A calota superior desta esfera seria formada pelo céu e, a inferior, por terra e água. A Terra oca, distintamente da concepção de Terra plana, onde o espaço é apenas um semi-espaço, que se estende do chão para cima, já é concebida como cercada de espaço por todos os lados.

Fer (8 anos) é um exemplo típico desta concepção. No início da terceira etapa da entrevista, em que a criança deve escolher um modelo de isopor entre diversos objetos de uma estante, Fer acaba escolhendo uma esfera branca. A entrevistadora pergunta então sobre a localização da água naquela Terra, pois antes, falando do modelo de massa de modelar que ele havia feito (uma simples circunferência marrom), ele já havia dito que *“o planeta Terra que tem mais água do que terra”*:

E: E aonde que ficaria a água aqui nessa... nessa representação de Terra?

FER: A maioria do espaço aqui teria água, a maioria...

E: Aí aonde?

FER: Aqui dentro [e bate com a ponta do dedo na bola, que está em suas mãos, indicando o interior dela].

E: Dentro?

FER: Dentro.

E: Ó, tem uma redonda aqui que é oca... [a entrevistadora diz isso apanhando uma das bolas maiores, que são ocas e divididas em duas calotas que podem ser separadas]. Essa aqui não é oca [diz a entrevistadora segurando a bola anterior, que estava nas mãos de Fer]. Então você vai escolher uma das duas. Essa aqui ela é toda maciça, e essa aqui ó, dá pra abrir [e abre a bola oca].

FER: Ah! Eu prefiro essa daqui. [Diz apanhando a bola oca já aberta.]

E: Você prefere essa? Então vamos deixar esta aqui [guarda a esfera maciça na prateleira].

FER: É só que a Terra não dá pra abrir...

E: É a Terra não dá pra abrir, faz de conta que a gente tá abrindo só pra ver, como se a gente tivesse abrindo só pra ver como é que tá lá dentro. Então

seria mais ou menos isso? [Diz a entrevistadora mostrando a bola oca aberta, com uma calota em cada uma das mãos.] E o que que teria aqui dentro?

FER: Aqui ó [Fer passa a mão por dentro de uma das calotas, em volta, mais na periferia] teria água. Aqui... [Fer mostra uma região mais ou menos no centro do interior da calota], quase aqui no centro teria terra.

E: Aqui no centrinho vai ter terra?

FER: É.

E: E onde que a gente tá vivendo: fora, dentro?

FER: Dentro.

E: Dentro? A gente tá vivendo aqui dentro?

FER: É, mas na terra. [Diz isso porque ele já tinha indicado que havia terra e água no interior da Terra.]

Mais adiante a entrevistadora pergunta sobre a outra calota que formaria a Terra e, após uma pequena hesitação inicial, não deixa dúvidas de que, na sua concepção, ali fica o céu:

E: Esse outro lado tem alguma coisa? [A entrevistadora mostra a outra calota da Terra.]

FER: Aí tem, igual a essa daqui. [Referindo-se àquela em que ele havia dito que havia água e terra.]

E: Igual a essa aqui?

Fer faz que sim com a cabeça, mas logo em seguida muda de idéia:

FER: Não, não! [Fer se dá conta que a outra calota deveria ir por cima da anterior. Levanta-a como quem vai encobrir a debaixo]. Porque essa daqui ó... [passa a mão no interior da cavidade da nova calota] vai existir o céu, aqui...

Interessante notar que Fer generaliza este modelo, da Terra oca, para todos os demais planetas que ele representa. Quando, por exemplo, na quarta etapa da entrevista, a entrevistadora pede a ele que faça a viagem do planeta que tem anéis (que ele acha que é Marte) para o planeta “mais perto do Sol” (que ele não lembra o nome) com o foguetinho de brinquedo, Fer diz que ele “entra dentro” do planeta:

FER: Tô nesse daqui, né? [Coloca o foguete sobre o hemisfério superior do planeta com anéis e o move na direção do planeta “mais perto do Sol”. Ao chegar no destino toca com a ponta do foguete num ponto da calota superior do

planeta “mais perto do Sol” e diz:] Aí ele entra aqui dentro. [Faz gestos com as mãos de quem está querendo abrir as calotas do planeta, para entrar lá dentro.]

E: Tem alguma coisa lá? [A entrevistadora percebe que ele está querendo abrir o planeta e o ajuda a fazer isso. Assim que ela abre, Fer joga o foguetinho dentro da calota de baixo e diz:]

FER: Aí entrei...

E: E na parte de cima o que que tem?

FER: É o céu!...

E: É o céu? Hum..., legal...

FER: E tudo aqui fora é o espaço [Fer faz um gesto largo de quem se refere ao espaço em volta do planeta e entre os planetas todos que ele montou]

Uma variante interessante desta concepção é apresentada por Rob (6 anos), que utiliza uma noção de Terra oca, não para a Terra inteira, mas para cada país!... Começa aplicando-a para o Brasil, depois o Japão e, a seguir, para outras nações (Itália e França), como se cada país fosse uma “Terra” diferente, independente, cada uma delas com as características de uma Terra oca, conforme acima descrevemos: uma Terra que tem a forma esférica mas na qual as pessoas não vivem na superfície, mas no interior, que se divide em duas calotas, na superior ficando o céu e, na inferior, a terra e os oceanos. Denominamos assim, a esta concepção de Rob, como sendo a de uma “Terra-país” oca. Rob demonstra utilizar esta concepção em várias passagens de sua entrevista:

Quando, na terceira etapa, lhe é pedido que escolha, dentre os objetos de isopor da estante, o que ele acha mais parecido com a Terra, Rob parece não entender e pergunta:

ROB: Como assim com a Terra? Ou com... um estado, é assim: Brasil?

E: Não, é Terra.

ROB: Terra, terra, dentro do Brasil?

E: Não sei, quero a Terra, o que você acha mais parecido assim, com a forma...

Após demorar bastante tempo olhando os objetos da estante, Rob apanha uma bola com um anel plano de papel em volta (usada para representar Saturno) e diz:

ROB: Ó, tem uma bola e tem esse negócio no meio [mostrando o anel].

E: E onde a gente vive?

ROB: Aqui dentro da Terra.

A entrevistadora apanha então uma outra bola de isopor maior, que é oca e dividida em duas calotas, no interior da qual foi colocado um disco de isopor encaixado na “boca” da calota de baixo, abre-a e pergunta:

E: É assim, é aqui dentro que a gente vive?

ROB: É aqui dentro [Pondo a mão dentro de uma das calotas ocas]. Aqui é a Terra [referindo-se à bola e fechando-a novamente], e é aqui dentro que a gente vive [batendo com os dedos na bola].

E: Tem alguém que mora aqui assim? [Apontando para o exterior da calota.]

ROB: Ah, aqui em volta da Terra não tem, é só no meio [e toca com a mão no fundo da calota, indicando:], é só aqui no meio.

E: E onde fica o céu?

ROB: O céu? Tem que ficar aqui [apanha o disco e cobre a calota que estava com uma casinha de brinquedo no fundo, dando a entender que o céu ficaria no disco, cobrindo o fundo, onde está a casa]. Se a casinha... [aponta para a casa no fundo] tem que ficar aqui, não dá pra fazer o céu lá embaixo, tem que fazer o céu lá em cima...

E: E o mar, onde fica?

ROB: O mar? No chão.

E: No chão onde?

ROB: Assim, lá embaixo da Terra. [Retira o disco que cobria a casinha, dando a entender que o mar ficaria lá no fundo da calota] Só que o mar tá na praia, ou então no rio...

E: Imagina que essa é uma casa na praia [apontando para a casinha], onde que fica o mar?

ROB: [Retira a casinha do fundo da calota e agora a coloca em cima do disco que havia deixado sobre a mesa, no seu centro.] Aqui, ó [mostra a casa sobre o disco], a casa tá aqui, aí a pessoa sai e o mar fica aqui [mostrando com a mão que mar ficaria na periferia do disco].

E: Então a casa fica em cima deste negócio aqui [o disco]?

ROB: É, a casa fica em cima da areia, ela fica em cima da areia.

E: Assim? [A entrevistadora recoloca o disco com a casa em cima na boca da calota]

ROB: [Coloca a calota superior por cima, fechando a Terra e dando a entender que é assim... (neste momento, com uma certa intervenção da entrevistadora, é mudado ligeiramente o modelo usado por Rob: antes a casa ficava dentro da Terra, mas “no fundo” da sua calota inferior, agora ela passa a ficar no meio, no centro da Terra)]

E: E onde que tá o céu desta casa?

ROB: O céu tá aqui em cima. [Rob abre a bola e toca com a mão no interior da calota superior.]

E: E o mar tá...

ROB: Tá aqui [faz gesto com a mão dando a entender que o mar está na borda do disco que fica no interior da bola].

E: E o japonês, a casa do japonês, onde é que fica?

ROB: Fora do Brasil.

E: Mas aonde que fica? Isso aqui é só o Brasil? [mostrando a bola onde ele havia colocado a sua casa]

ROB: Aqui é o Brasil [mostrando a bola fechada com a casinha lá dentro]. E aqui é o Japão [apanhando rapidamente na estante uma outra bola igual à do Brasil].

A entrevistadora pede confirmação:

E: Aqui é o Brasil e aqui é o Japão? [Apontando para cada uma das bolas.]

ROB: É.

E: Então põe a casa do japonês aqui.

Rob faz o mesmo que havia feito para o Brasil: coloca-a dentro da bola que representa o Japão, mantendo o disco que havia sobre a “boca” da calota inferior no lugar e colocando a casinha de pé, em cima deste disco, no meio da bola. A entrevistadora pergunta novamente pelo céu e o mar na bola do Japão, Rob dá as mesmas respostas anteriores: mar na periferia do disco que está no interior da bola e céu no interior da calota de cima. A entrevistadora faz ainda novas perguntas:

E: E o Sol onde fica?

ROB: Aqui em cima também [mostrando o interior da calota superior].

E: E a Lua?

ROB: Aqui em cima [mostrando novamente o interior da calota superior].

E: As estrelas?

ROB: Aqui em cima [mostrando mais uma vez a calota superior].

Nesta passagem Rob parece imaginar que o Sol, a Lua e as estrelas ficam todos dentro da calota que forma o céu da Terra-país. Mais adiante, porém, ele irá explicar melhor este ponto, dando a entender que imagina que os astros não estão sempre neste céu calota, mas entram e saem dele, como mostraremos no item sobre a relação entre o Sol e a Lua.

No início da 4ª etapa da entrevista, após ele já ter indicado que o Japão era representado por outra bola, diferente da que representava o Brasil, e ficticiamente viajado até ele, a entrevistadora lhe mostra e entrega o foguetinho de brinquedo:

E: Agora você vai pegar este foguete e vai fazer um viagem. Uma viagem fora da Terra. Que lugar você gostaria de ir, assim, fora da Terra, com o foguete? Você é um astronauta.

ROB: Eu tinha ido já pro Japão. Aí do Japão eu ia pro Brasil, entendeu?

E: Você tá indo pra fora da Terra. Não é mais nem no Brasil, nem no Japão. Não é dentro da Terra, certo? Você vai pra um lugar fora da Terra. Como é que você faz, que lugar você gostaria de ir?

ROB: Pra Itália.

E: A Itália é na Terra, não é?

ROB: Na Terra?... É?... Eu acho que não...

E: Não é não? Fica aonde a Itália, se não é na Terra?

ROB: Fora!

E: Fora?

ROB: Fora! É um estado...

Um pouco adiante, a entrevistadora insiste na viagem com o foguete para fora da Terra:

E: Quando você pega um astronauta, pega um foguete, quando você pensa em viagens espaciais, e pega um foguete, pra onde ele vai? Pra onde que um astronauta já foi?

ROB: Foi prum outro lugar...

E: Qual o nome desses outros lugares, que ele pode ir?

ROB: Pode ir pra... pra França... então, vai pra França...

Nestas passagens Rob parece não deixar dúvidas que concebe cada país, ou “estado”, como ele diz, com sendo uma “Terra” diferente, e uma Terra oca. Provavelmente Rob estabelece uma relação entre a noção de que a Terra é um planeta esférico com uma das acepções que o termo “terra” possui em português: segundo o Aurélio “terra” também significa: “lugar de origem; pátria, torrão, gleba; terra natal”. Rob deve ter ouvido falar, por exemplo, que o Japão é uma outra terra..., em oposição ao Brasil, e assimilou essa idéia de maneira original, identificando-a com sua noção de um planeta Terra esférico e oco, concluindo assim que cada país é uma Terra esférica e oca.

4. A Terra Esférica Achatada: segundo esta concepção, a forma da Terra seria a de uma esfera com o topo e a base achatados, as pessoas viveriam em sua superfície e a Terra seria cercada de espaço por todos os lados, mas a direção vertical seria absoluta, apontando sempre na direção do eixo da Terra. Esta concepção foi apresentada por um dos adolescentes de nossa amostra (Thi, 14 anos):

Na 1ª etapa da entrevista, quando a entrevistadora pede a Thi que faça uma Terra com massa de modelar, ele rapidamente rola uma porção de massa entre as mãos deixando-a quase redonda. Então, com uma das mãos, a deforma, achatando-a. Entrega-a à entrevistadora dizendo: “*Ela parece uma abóbora.*”

O desenho de Thi representando a Terra (fig. 2) mostra um grande achatamento da Terra no topo e na base, sendo o achatamento, na verdade, um aplainamento, ou seja, o desenho indica que haveria uma superfície plana tanto no “pólo norte” como no “pólo sul” da Terra.

Na concepção de Thi, a direção vertical é uma só, é absoluta para toda a Terra, pois, ao colocar a casa de brinquedo na posição em que ele acha que ela ficaria na Terra de isopor que escolheu, que é uma esfera (infelizmente, dentre

os objetos da estante, não havia uma esfera “achatada”, semelhante à concepção que ele expressou em seu desenho e na representação com massa de modelar, que, possivelmente, poderia ter sido escolhida por ele se estivesse disponível), ele coloca a casinha próximo ao equador da Terra, com a lateral da casa encostando na superfície da Terra, e a base voltada para o chão (veja fig.3). Quando a entrevistadora pede a ele para colocar a casinha no Japão, faz a mesma coisa, colocando-a próximo ao equador, só que do outro lado da bola e novamente com a lateral encostada à superfície da Terra e a base voltada para o chão. Quando é pedido que a coloque no “pólo sul”, ela a põe com o telhado encostando na superfície inferior da Terra, isto é, “de pé” em relação à mesma vertical de quem estivesse no pólo norte.

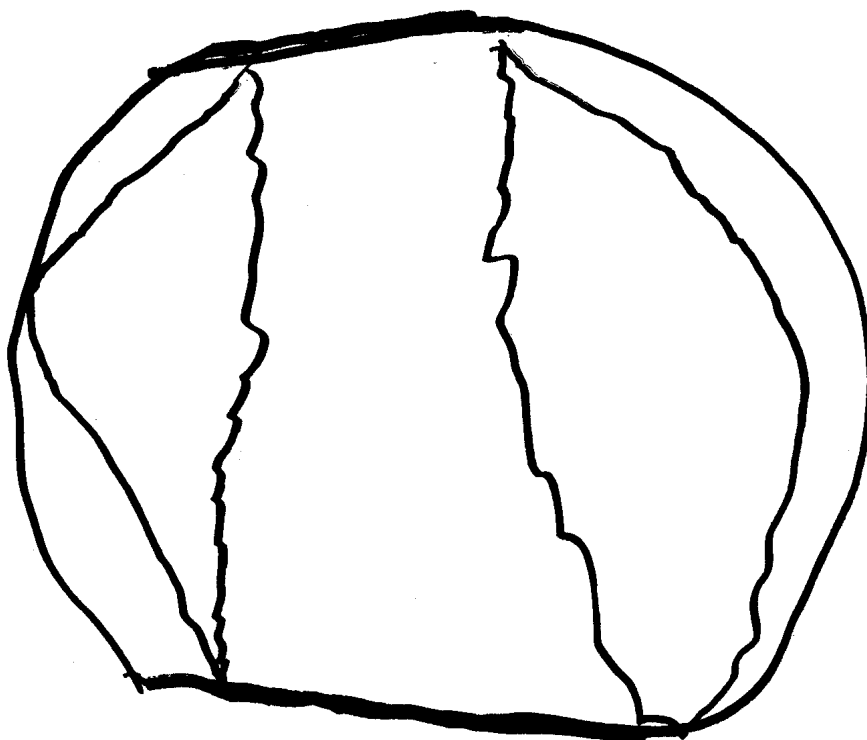


Figura 2: Desenho de Thi (14 anos) representando a Terra.

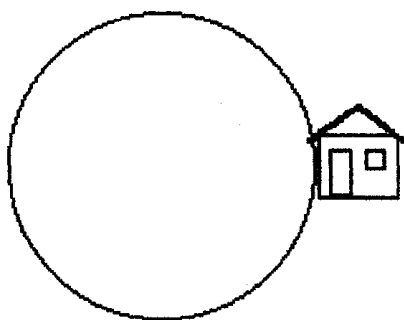


Figura 3: Casa orientada segundo uma direção vertical absoluta.

5. A Terra Esférica: segundo essa concepção a Terra tem a forma esférica, é cercada de espaço por todos os lados, as pessoas vivem em sua superfície e a vertical é relativa, apontando sempre na direção do centro da Terra. É a concepção mais próxima do modelo científico, culturalmente aceito de Terra, ou seja, mais próxima do que denominamos o pólo conceitual, fruto de uma reflexão racional sobre os dados observacionais, cujo resultado final é um modelo de Terra que é, aparentemente, diferente, até mesmo oposto, ao que nos revelam os sentidos.

Lau (10 anos) é um exemplo do uso desta concepção: logo no início da entrevista, quando é pedido que ela faça um desenho da Terra¹³ ela logo pergunta: “*qual Terra?*”, e diz que existem duas “Terras”: “a que a gente planta” e “o nosso planeta”. O seu desenho do planeta Terra é um círculo azul com “continentes” brancos. Quando é pedido que ela faça a Terra com massa de modelar, consistentemente com a sua representação desenhada, Lau constrói uma bolinha azul e nela gruda “continentes” brancos. Quando a entrega a entrevistadora, esta pergunta:

E: Prontinho? Isso aqui é a Terra? Que Terra é essa?

LAU: Nosso planeta.

Parece-nos muito significativa a maneira como Lau repetidamente se refere à Terra como “*o nosso planeta*”, isso parece indicar que ela não só concebe a Terra como um planeta, mas, mais ainda, como sendo de fato o **nosso** planeta, ou seja, o lugar onde vivemos. Podemos comparar essa resposta com, por exemplo, a de Cris, que, como já citamos anteriormente, apresenta a noção de uma Terra dupla e se refere à Terra representada por uma bola – que para ela não é o lugar onde moramos – como sendo apenas “*o planeta Terra*”, nunca o “*nosso planeta*”. Cris separa-se do “planeta Terra”, enquanto Lau o considera seu.

Na 3ª etapa da entrevista, quando é pedido a Lau que escolha na estante alguma coisa que seja mais parecida com a Terra, segundo o que ela

¹³ Na entrevista de Lau, excepcionalmente, a ordem da 1ª e 2ª etapa foram invertidas: primeiro se pediu a ela que realizasse os desenhos e só depois que fizesse os modelos de Terra, Lua, Sol e estrela com massa de modelar.

imagina. Lau escolhe uma bola inteiramente pintada de azul. A entrevistadora pergunta:

E: Eu queria saber onde que a gente vive aí [referindo-se à Terra que Lau escolheu].

LAU: A gente vive na terra, mas aqui não tem terra. [Neste momento, como ficará evidente pelas suas respostas posteriores, Lau está usando o termo “terra” para se referir ao “elemento” terra, ou seja, aos continentes, em oposição à água dos mares e oceanos.]

E: Onde que tem terra?

LAU: Aqui não tem. [Pois a bola está toda pintada de azul, que é a cor da água dos oceanos.]

E: Não? E aí, como que a gente vive? [A entrevistadora, até aqui, ainda não entendeu de que “terra” Lau está falando.]

LAU: Aqui não tem terra, aqui só tem mar...

E: Aí só tem mar?

LAU: É.

E: O mar fica aqui em torno de tudo, como é que é isso?

LAU: Isso daí precisa fazer a terra.

E: Precisa fazer? Como é que faz pra fazer a terra?

LAU: Desenhar a terra...

No trecho anterior Lau dá a entender que a representação de Terra em que ela está pensando é semelhante a de um globo terrestre, com os oceanos em azul e porções de terra (os continentes) indicadas em outra cor, na superfície do globo, que é onde as pessoas vivem. A entrevistadora pede então a Lau, que desenhe a terra de que ela acha que está faltando. Lau apanha uma caneta e desenha o contorno de uma porção de terra sobre a bola azul:

E: Hum..., então a gente fica aí neste pedaço...

LAU: É.

E: É isso? Nessa partezinha aqui [apontando para o desenho que Lau acabou de fazer].

LAU: [Faz que sim com a cabeça.]

E: Tá. Agora quero que você me coloque... faz de conta que aqui é a sua casa [apanha a casinha de brinquedo e mostra a Lau], quero que você coloque a sua casa aí na Terra.

LAU: [Coloca da maneira correta, com a base da casa encostada na superfície da Terra, num ponto da região onde ela indicou, através de seu desenho, que existia terra, próximo ao “equador” do planeta]

Um pouco depois a entrevistadora pergunta sobre como ficaria a casa no Japão:

E: E o japonês? Onde que ele fica?

LAU: Aqui. [Coloca a casinha um pouco acima do equador, no lado oposto ao que ela havia indicado que ficava a sua casa, novamente da maneira correta, com a base da casa tocando a superfície da Terra, de maneira coerente com a concepção de uma vertical relativa, que aponta na direção do centro da Terra.]

Uma variante muito comum desta concepção é a que considera que a Terra é esférica e que as pessoas vivem em sua superfície, porém na qual ainda não se concebe a vertical como relativa, mas sim absoluta, apontando sempre na direção do eixo da Terra. Na nossa entrevista este ponto podia ser avaliado sobretudo através da posição em que a casinha era colocada sobre a superfície da Terra esférica e também através da posição em que o foguetinho decolava ou pousava na Terra e em outros astros esféricos durante a “viagem”. As crianças que concebiam a vertical como absoluta colocavam a casinha e o foguete sempre “de pé”. Por exemplo, quando era pedido que fosse colocada a casinha no “pólo sul” da Terra, elas a colocavam com o telhado encostado à superfície e a base voltada para o chão.

As cinco concepções de Terra que acabamos de descrever correspondem, quase perfeitamente, às “noções” ou “modelos mentais” de Terra apresentados pelas crianças também já descritos por outros autores¹⁴. Esses modelos podem ser interpretados como uma sequência que vai desde uma concepção puramente realista ingênua, de uma Terra plana, até a mais

¹⁴ P. ex.: NUSSBAUM e NOVAK, 1976; NUSSBAUM, 1979; VOSNIADOU e BREWER, 1992.

conceitual e próxima da concepção científica de uma Terra esférica. Os outros modelos, que misturam características realistas e conceituais, sendo por isso chamados de “modelos sintéticos” por Vosniadou e Brewer¹⁵, podem ser interpretados como soluções intermediárias entre os dois pólos:

- No modelo da Terra dupla ocorre uma simples justaposição das noções de uma Terra plana e de uma Terra esférica. A criança ainda mantém uma distinção completa entre ambas, acreditando que existem duas Terras distintas: a que ela vive, que é plana, e outra esférica, que fica no céu, ou no espaço.

- O modelo da Terra oca já é uma solução híbrida: a forma externa da Terra já é esférica, porém o chão, que fica no interior da esfera, continua sendo plano, sendo assim fruto de um esforço criativo de síntese, por parte da criança, entre duas concepções inicialmente opostas.

- A Terra esférica achatada representa outra solução sincrética: a forma da Terra já é aproximadamente esférica, porém existem porções de sua superfície, no topo e em baixo, que são planas.

¹⁵ VOSNIADOU e BREWER, 1992.

A LUA

Sobre a Lua obtivemos informações em três das etapas de nossa entrevista: no trabalho com massa de modelar, nos desenhos e durante a viagem.

As concepções das crianças de nossa amostra quanto à sua forma se resumem a apenas três tipos básicos: Lua em forma de foice, de disco e esférica. Os dois primeiros são representações bidimensionais, em que a Lua é essencialmente plana, as quais correspondem exatamente ao que o nosso sentido da visão nos informa diretamente, pois a enorme distância em que a Lua se encontra impede completamente a percepção direta de sua profundidade. Apenas o terceiro tipo é tridimensional. Os dois primeiros acham-se próximos do pólo do realismo ingênuo, da crença de que a Lua é exatamente da maneira como a percebemos, enquanto que o terceiro tipo filia-se ao pólo conceitual. Entre as crianças até 8 anos de nossa amostra, predomina claramente a concepção de uma Lua plana, sobretudo a da Lua em forma de foice: dos 12 modelos (2 por cada criança) feitos com materiais que permitiriam uma representação tridimensional (a massa de modelar e o isopor), 6 foram de luas falcadas (em forma de foice), 2 em forma de disco, uma indeterminada e apenas 3 de forma esférica (veja tabela 1).

Código-idade	FORMA DA LUA		
	Massa de modelar	Desenho	Isopor
Rob-6	falcada	falcada	falcada
Hel-6	falcada	falcada	disco
Jos-7	indefinida	indefinida	bola
Gab-7	falcada	falcada	falcada
Nad-8	bola	círculo	bola
Cris-8	disco	círculo	falcada

Tabela 1. Representações da forma da Lua pelas crianças de até 8 anos.

Poder-se-ia objetar que as crianças que representaram a Lua de uma forma plana na nossa entrevista, poderiam, em verdade, estar apenas utilizando

este tipo de representação por elas serem usuais, sobretudo a da Lua em forma de foice, mas que, em verdade, sabem que ela é tridimensional, esférica.

Entretanto não é isso que os dados colhidos com nossas entrevistas indicam. O que verificamos é que algumas crianças, sobretudo as menores, parecem de fato acreditar que a Lua é daquele jeito, e não apenas isso, pensam também que existe mais de uma Lua: a Lua em forma de foice e a Lua na forma disco, que seria a Lua cheia, seriam duas luas distintas: ora apareceria uma, ora outra. Segundo uma das crianças existiriam quatro luas diferentes (concepção derivada, muito provavelmente, do fato de se definirem quatro fases para a Lua: nova, crescente, cheia e minguante), já para outra existiria também uma Lua esférica, mas que seria uma outra Lua, distinta da falcada, como constatamos nos trechos de entrevistas a seguir:

Fer (9 anos) fala espontaneamente da existência de dois tipos de Lua no momento em que a entrevistadora solicita que ele faça o seu desenho:

E: Pronto? [Ele acaba de entregar o desenho da Terra] E agora você vai fazer um desenho da Lua.

FER: Tem régua?

E: [Apanha uma régua e entrega a Fer]

FER: [Com a régua Fer traça apenas um segmento de reta e diz:] Têm dois tipo de Lua...

E: Tem vários? Se quiser pode colocar todos que você sabe...

FER: São só dois. [Com a mão, Fer completa o seu desenho: faz um semicírculo aproveitando o segmento de reta que havia traçado e, ao lado, traça uma circunferência.] Essa aqui é a Lua cheia [aponta para a circunferência], essa aqui [aponta para o semicírculo] eu não lembro, só sei que tem uma assim.

Mais adiante, na etapa da “viagem”, Fer escolhe viajar para a Lua, quando a entrevistadora pede que ele então escolha um modelo de isopor para a Lua, ele vai até a estante e, coerentemente com a sua idéia anterior, escolhe duas luas amarelas: uma lua falcada e uma lua cheia na forma de um disco. Na hora de suspendê-las nos fios contudo, prefere ficar apenas com a falcada.

Já Rob (6 anos), na representação com isopor, escolheu apenas uma lua falcada, porém, no momento da viagem até ela com o foguetinho, no momento do “pouso”, ele sente que há algo de errado com sua lua e diz:

ROB: Mas como que ele vai ficar aqui na Lua? [Fala consigo mesmo, referindo-se à dificuldade de manter o foguete na vertical e fazê-lo aterrissar numa lua falcada também “em pé”.] Já sei! Assisti num desenho... aí que eles tavam indo lá pra Lua... aí só que a Lua não era que nem... [pega a Lua em foice na mão, dando a entender: “que nem essa daqui”, que ele não sabe o nome]. Uma Lua bola! Numa Lua bola eles vão pousar na bola nesta parte aqui ó [apanha rapidamente uma bola na estante e mostra como o foguete faria, encostando a sua base na superfície superior da bola]. Nessa parte, como se tivesse uma casa aqui. Entendeu?

E: Entendi. Mas essa aqui não é a Lua? [Aponta para a Lua falcada que Rob havia escolhido]

ROB: É.

E: Então?

Rob não responde nada, apenas leva o foguetinho até a Lua falcada e o mostra “pousado” nela, fugindo assim do confronto entre os dois modelos: o da Lua em foice e o da “Lua bola”, entre o realista ingênuo e o conceitual. Parece assim que ele tem presente em si os dois modelos, mas os mantém bem separados, exatamente como já vimos que ocorria no caso da Terra, com a concepção da Terra dupla.

Mais adiante, a entrevistadora tenta verificar se Rob tem uma explicação para a aparência em forma de foice da Lua através de uma pergunta em que fica implícita a idéia de que a Lua é uma só, porém sua resposta é a de que existem várias luas:

E: Quando ela [a Lua] tá só com aquela metade ali [referindo-se à Lua de isopor que Rob escolheu e indicando, através do movimento de um lápis sobre um disco branco, uma Lua em forma de foice], onde tá a outra parte dela?

ROB: Às vezes tem uma Lua... escura, escura... às vezes... Têm 4 Luas diferentes...

E: E uma hora aparece uma, outra hora aparece a outra?

ROB: É.

As crianças que acreditam que só há uma Lua costumam responder ao tipo de pergunta acima dizendo ou que as nuvens tapam, ou que é a sombra da

Terra que escurece uma parte da Lua – a mesma Lua que também aparece cheia.

Hel (6 anos) tanto no desenho como com massa de modelar fez uma Lua falcada, mas, com isopor, escolheu um disco branco para representá-la. A entrevistadora questiona:

E: Aqui no desenho e na massinha você tinha feito assim [aponta para as luas falcadas] e por que agora você fez ela assim [apontando para a Lua de isopor, que é um disco]? Têm duas luas ?

HEL: Têm.

E: Têm duas?

HEL: Têm.

Cris (8 anos), por sua vez, logo na primeira etapa da entrevista, quando lhe é pedido para fazer a Lua como massa de modelar, pergunta;

CRIS: Posso fazer a lua redonda e aquela lua... [faz em gesto, com o dedo, sobre a mesa como se estivesse traçando uma Lua em forma de foice, já que não lembra o nome].

E: Quantas luas são?

CRIS: [Faz um jeito de quem pensa, conta nos dedos e começa a responder:] Tem a lua cheia... [Novamente dá a impressão que Cris quer falar um nome, mas não lembra.]

E: As luas são diferentes?

CRIS: Tem uma lua redonda e outra que... [Faz um gesto no ar indicando uma lua falcada.]

E: Pode fazer as que você quiser...

Cris acaba fazendo só a lua redonda, representando-a por um disco amarelo com uma “cara”, onde põe olhos, nariz e boca.

Estes trechos de entrevista parecem indicar que os pequenos têm a tendência de achar que, a cada fase da Lua, é uma outra lua que surge, não

a mesma que se transformou, ou seja, parece revelar uma certa dificuldade das crianças menores (de 8 anos ou menos) em figurar processos, atentando apenas para estados finais e iniciais, como já o afirmava Piaget¹⁶.

Outros aspectos ligados à Lua que nossas entrevistas revelaram foram:

- Ela é o astro mais familiar e lembrado no caso de viagens espaciais, pois foi, de longe, a preferida como destino para a primeira “viagem” com o foguetinho de brinquedo.

- É concebida como branca (uma noção realista) pela maioria das crianças e é lembrada, por algumas, como possuindo muitas crateras.

- Apenas duas das crianças de nossa amostra pareciam cientes do fato de que a Lua é visível também durante dia, em geral a consideravam como um astro exclusivamente noturno e oposto ao Sol.

Foi também possível perceber que as crianças estabelecem uma forte relação ao mesmo tempo de oposição e complementaridade entre a Lua e o Sol, que será especificamente discutida mais adiante no item “A relação entre o Sol e a Lua”.

¹⁶ Isso é referido, p. ex., em PIAGET, 1973, p.11.

O SOL

Como no caso da Lua, sobre o Sol também obtivemos informações em três das etapas da entrevista: na construção do modelo com massa de modelar, no desenho e durante a viagem fictícia.

As concepções acerca da forma do Sol são apenas duas: disco ou esfera. Como no caso da Lua, a primeira delas corresponde a uma concepção realista ingênua, pois também o Sol, pela sua grande distância, faz com que percamos a noção de sua profundidade, parecendo plano à nossa percepção imediata. Já o Sol esférico é uma noção conceitual.

A concepção realista, de um Sol plano, foi comum entre as crianças mais jovens, como pode ser visto na tabela 2, a seguir:

Código-idade	FORMA DO SOL		
	Massa de modelar	Desenho	Isopor
Rob-6	disco	círculo	bola
Hel-6	bola	círculo	disco
Jos-7	indefinida	indefinida	bola
Gab-7	disco	círculo	disco
Nad-8	bola	círculo	bola
Cris-8	disco	círculo	bola
Fer-9	disco	círculo	disco
Mai-9	disco	círculo	disco

Tabela 2. Representações da forma do Sol pelas crianças de até 9 anos.

Uma característica invariavelmente associada ao Sol, seja sua representação bi ou tridimensional, são seus raios, que parecem fazer parte da própria essência de sua concepção. O fato de, na estante com objetos de isopor, não ter sido colocada a disposição uma bola, ou disco, com raios em volta, criou um certo embaraço em algumas crianças que, ao que parece, desejariam um sol de isopor que os tivesse.

Foi o que ocorreu, por exemplo, com Cris: quando a entrevistadora pediu que ela apanhasse na estante alguma coisa para fazer de Sol, Cris demorou

bastante olhando a prateleira com objetos. Depois de muito hesitar, escolheu uma bola amarela, e perguntou:

CRIS: Pode ser esse aqui? Porque o Sol é amarelo...

E: Esse Sol é o mesmo que você fez aqui? [Aponta para o Sol que Cris havia feito como massa de modelar, que era um disco amarelo com raios.]

CRIS: Não. É que quando a gente olha o Sol, pra cima, quando a gente olha o Sol em cima, em volta dele tem uma luz também [faz um gesto com o braço indicando que a luz é em torno do Sol] porque... o Sol é... tem fogo...

Interessante notar que a entrevistadora tinha feito a sua pergunta mais para questionar a diferença na dimensionalidade dos objetos usados por Cris para representar o Sol: um *disco* de massa de modelar e uma *bola* de isopor, mas o que Cris realmente sente falta é dos raios, a sua ausência é que parece ter feito ela hesitar tanto na hora de escolher o Sol de isopor.

Com Hel aconteceu algo muito parecido, só que ao inverso: ela fez uma *bola* com raios, com massinha, e escolheu um *disco* de isopor para o Sol. A entrevistadora então questiona acerca dos dois sóis:

E: Eles são iguais?

HEL: Não.

E: O que tá faltando para deixar eles iguais?

HEL: Os raios...

E: Só isso?

HEL: É.

Numa concepção realista ingênua do Sol, como as crianças menores costumam apresentar, a cor (amarela) e, sobretudo, os raios parecem ser muito mais importantes que a dimensionalidade (esfera ou disco) do objeto usado para representá-lo.

Frente à pergunta acerca de onde que fica, ou para onde vai o Sol a noite, somente algumas crianças ou adolescentes que tinham uma concepção de Terra e céu mais próxima da concepção científica – de que a Terra é um corpo esférico, com as pessoas vivendo em sua superfície, cercada de céu ou espaço a toda volta – deram uma explicação em termos da rotação da Terra.

As crianças menores, com concepções de Terra e céu mais realistas ingênuas, deram respostas do tipo: o Sol vai para outro lugar e fica iluminando outro país (p. ex., o Japão, ou a China), vai para o espaço, fica coberto por nuvens, ou que ele simplesmente apaga.

Outras características do Sol freqüentemente mencionadas foram as de que ele é quente, tem fogo e que é de cor amarela.

A RELAÇÃO ENTRE O SOL E A LUA

Na maioria dos modelos de universo construídos pelas crianças durante a entrevista foi possível perceber uma preferência especial em dispor o Sol e a Lua em posições opostas com relação à Terra, ficando a Terra aproximadamente entre o Sol e a Lua, ou com o Sol e a Lua num nível mais elevado e a Terra um pouco abaixo (coerentemente com a visão realista de que o Sol e a Lua aparecem no céu, acima da Terra), mais ainda numa posição intermediária entre os dois primeiros.

Certas respostas das crianças durante a entrevista dão respaldo à interpretação de que essa disposição não é casual, que ela tem um significado que é o de uma oposição entre o Sol e Lua: segundo a concepção da grande maioria das crianças o Sol só aparece de dia, a Lua só a noite¹⁷; quando o Sol está visível, a Lua não está e vice-versa; quando um desaparece o outro automaticamente aparece; se um está iluminando o Brasil, o outro ilumina o Japão e vice-versa; quando um vem (para o céu), o outro vai (embora do céu). Haveria assim uma oposição permanente e sincronizada entre ambos, concepção que Vosniadou e Brewer¹⁸ apropriadamente denominaram “modelo hidráulico”. A seguir alguns exemplos de passagens em que essa noção é evidenciada:

A entrevistadora havia pedido a Fer (cuja concepção de Terra, como já vimos, é a de uma Terra oca) que indicasse onde ficavam o Brasil e o Japão na sua Terra e ele havia mostrado que o Brasil ficaria na superfície interna da calota inferior, num ponto próximo à borda, e o Japão também, só que num ponto diametralmente oposto, ambos no interior da Terra. Ele começa então, espontaneamente, a explicar o dia e a noite:

FER: Quando no Brasil é dia [Fer apanha o Sol que havia feito com massinha e o segura com a mão esquerda sobre o ponto em que havia dito que ficava o Brasil] no Japão faz noite [apanha a Lua de massinha que havia feito e segura-a, com a mão direita, sobre a posição do Japão] e vice-versa [troca o

¹⁷ Como já mencionamos, poucas crianças de nossa amostra revelaram ter ciência de que a Lua é visível também de dia, para a maioria a Lua aparece exclusivamente a noite.

¹⁸ VOSNIADOU e BREWER, 1994, p.177.

Sol e a Lua de posição, trocando-os de mão], quando no Japão é dia, no Brasil é noite. E quando no Brasil é noite no Japão é dia e vice-versa [faz um movimento com os braços, cruzando-os e indicando que o Sol e a Lua trocam de posição].

Rob, como vimos anteriormente, possui a concepção de uma “Terra-país” oca, ficando cada país dentro de uma esfera em que a calota superior é formada pelo céu do lugar e, a inferior, pela terra e o mar. A entrevistadora o questiona sobre onde estão os astros neste seu modelo, se eles ficam no céu da Terra-país como ele já havia insinuado antes:

E: Fica tudo no céu?

ROB: Não é tudo no céu assim... Primeiro as estrelas, tudo, fica tudo fora, aí quando vem o Sol, vai chover, vem o frio e a chuva. Quando vai... fazer o Sol, aí vem o Sol, e quando vai anoitecer, vem a Lua.

E: Vem a Lua e fica no céu?

ROB: É.

E: E aí eles saem e vão pra onde?

ROB: Se aqui, aqui no Brasil [indica a bola que representa o Brasil] tá...tá... como se diz, tá de dia, lá no outro país tá noite. Se aqui tá noite, lá no outro país tá de dia.

E: Aí o Sol vai prá lá? Aí o Sol, por exemplo, o Sol sai de dentro do Brasil e vai prá dentro do Japão [que é outra “Terra-país” oca]?

ROB: Isso.

E: Sai daqui de dentro e vai pra cá? [Indicando, com as mãos, um movimento da bola que representa o Brasil para a que representa o Japão.]

ROB: É.

E: Como é que ele sai daqui e vai pra cá?

ROB: Ó, aqui [se referindo à calota de isopor que representa o céu do Brasil] não é assim... Não é assim duro assim [bate com os dedos no isopor], tem as nuvens, vem pelas nuvens, porque as nuvens não estão aqui? [Faz um gesto indicando o espaço no alto entre as bolas do Brasil e do Japão.] Elas são bem... bem... como se diz... elas são... elas são como se fosse uma fumaça. Aí o Sol passa por lá a noite... ele vai embora de tardezinha, vai... numa nuvem

e vai lá pro... e vai lá pra China, quando anoitece lá na China, quando anoitece na China, aí o Sol vem e a Lua vai [faz com os braços um gesto de que os dois cruzam, trocam de lugar].

Jos, por sua vez, concebe o Sol e a Lua indo, alternadamente, para o mesmo lugar, no espaço, quando não estão aparecendo no céu, permutando assim permanentemente de posição entre o céu e o espaço:

E: A Lua fica no céu, mas você não consegue ver ela de dia?

JOS: [Faz que não com a cabeça.]

E: O céu a gente vê de dia?

JOS: Vê.

E: Mas não tem Lua?

JOS: Não.

E: Só de noite?

JOS: [Faz que sim com a cabeça.]

E: Onde que ela tá quando a gente não consegue ver ela no céu?

JOS: Tá... no espaço.

Um pouco depois:

E: E o Sol, dá pra gente ver ele de noite?

JOS: Faz que não.

E: Onde que ele tá de noite?

JOS: Ele tá lá... lá onde a Lua fica... quando tá de dia. O Sol fica onde a Lua fica de dia.

E: E de dia o Sol fica aonde?

JOS: No céu.

E: No céu? E aí de noite ele vai embora?

JOS: É.

E: Ele vai pro espaço?

JOS: [Faz que sim.]

AS ESTRELAS

Assim como o Sol e a Lua, sobre as estrelas também obtivemos dados acerca de sua concepção em três etapas da entrevista: na sua confecção como massa de modelar, através de seu desenho e da escolha do modelo de isopor.

Com exceção de uma única adolescente, que representou as estrelas de isopor através de pequenas esferas, em nossa amostra predominou amplamente a representação tradicional de estrela na forma de um objeto plano e com pontas. Evidentemente trata-se de uma concepção realista ingênua, pois é exatamente esta a aparência com que elas se apresentam aos nossos sentidos, seja a olho nu, ou mesmo através de telescópios, tamanha a distância até elas.

Uma das crianças (Fer, 9 anos) chegou a mencionar espontaneamente, ao longo da entrevista, que leu num livro que *“o Sol também é uma estrela”*, mas não deu nenhuma mostra adicional de que tenha estabelecido efetivamente alguma relação entre as suas concepções de estrela e de Sol.

Outro componente que parece essencial na concepção de estrela, e foi mencionado por praticamente todas as crianças é o de que elas são luminosas. Fer (9 anos), por exemplo, define uma estrela simplesmente como *“uma luz que fica no céu”*.

Um dado interessante que obtivemos foi o de que mesmo as crianças que já apresentavam a concepção de Terra mais avançada e próxima do pólo conceitual – a “Terra esférica”, como anteriormente denominamos –, em sua grande maioria mantinham uma concepção de estrela com fortes traços realistas:

- consideravam-nas pequenas e relativamente próximas, isto é, não mais distantes que os demais astros do sistema solar;
- representavam-nas quase exclusivamente na tradicional forma plana com pontas;
- dispunham-nas geralmente “no alto” do modelo de universo construído durante a “viagem”.

O último ponto merece um esclarecimento maior: durante a “montagem” do universo que ocorria a medida que a criança ia realizando as viagens fictícias aos astros escolhidos por ela própria, ou indicados pela entrevistadora (quando

a criança ainda não tivesse “viajado” para algum dos astros considerados essenciais: o Sol, a Lua e as estrelas), percebemos algo muito interessante: havia uma correlação entre o tipo de concepção do astro – realista ingênua ou conceitual – que a criança apresentava e a posição em que o mesmo era disposto no seu modelo de universo. Por exemplo, crianças que escolhiam um Sol na forma de disco ou uma Lua também plana, em forma de disco ou falcada – concepções realistas ingênuas – geralmente os colocavam numa posição acima daquela da sua Terra de isopor e da sua própria cabeça, enquanto que as crianças que optavam por representações mais conceituais, como o de uma Lua e um Sol esféricos, e de planetas (as representações destes, como discutiremos no próximo item, são sempre conceituais), geralmente tendiam a colocá-los no mesmo nível que a Terra e na mesma altura que a sua cabeça, em frente aos seus olhos, ou um pouco abaixo. Assim a própria posição em que os astros eram dispostos fornecia um forte indício acerca da natureza da concepção que a criança possuía sobre aquele astro: quando se tratava de uma concepção realista ingênua, a criança geralmente o imaginava “no alto”, acima de sua cabeça – posição em que sempre o vê quando o observa no céu –, já quando se tratava de uma representação conceitual, a criança geralmente imaginava o astro como é visto pelo “olho da mente”, objetivado, à sua frente, não “no alto”.

Com as estrelas, o fato interessante que observamos é que, em geral, elas eram as últimas a “descer”, isto é, as últimas a serem concebidas conceitualmente e dispostas no mesmo plano que a Terra e os demais astros do sistema solar. Mesmo no caso de algumas crianças que já apresentavam uma visão bem conceitual da Terra, do Sol, da Lua e dos planetas, as estrelas ainda se dispunham numa camada acima dos demais astros, constituindo-se assim, ao que parece, no último baluarte do realismo ingênuo. Lau (10 anos) é um exemplo típico: possui uma concepção de Terra inteiramente de acordo com a visão científica, com a gravidade apontando para o seu centro, o céu a toda a sua volta; o seu Sol e a sua Lua eram esféricos, situavam-se no mesmo plano que a Terra, bem como o planeta Vênus; o Sol dispunha-se num canto, afastado dos planetas e da Lua, dando a entender que havia uma hierarquia no sistema solar por ela concebido, com o Sol desempenhando um papel de destaque. Entretanto, todas as seis estrelinhas que ela escolheu, eram da forma

tradicional, planas, com pontas, e dispostas num nível acima dos demais astros (veja fig. 9), formando claramente uma camada “realista” acima do sistema solar “conceitual” por ela esboçado.

As explicações dadas pelas crianças menores acerca do desaparecimento das estrelas do céu durante o dia são semelhantes às dadas para o desaparecimento do Sol a noite e do pretenso desaparecimento da Lua durante o dia: as nuvens tampam ou as estrelas vão para longe, ou para o espaço.

OS PLANETAS

No conjunto de dez entrevistas iniciais que serviu de piloto para a elaboração da estrutura das dezoito entrevistas que estamos analisando, já havíamos percebido que a noção de “planeta” era mais abstrata que as anteriores, de Terra, Lua, Sol e estrelas. Pouca ou nenhuma referência sobre planetas foi feita pelas crianças menores naquele trabalho piloto, o que foi corroborado na série cujos resultados estamos discutindo: as quatro crianças mais jovens de nossa amostra, de 6 e 7 anos, não escolheram ou fizeram qualquer menção acerca de planetas na sua “viagem” e, das duas crianças de 8 anos, uma também não fez qualquer citação, enquanto a outra (Cris) só falou no “planeta Terra”, disse que não sabia o nome de nenhum outro planeta e nem os escolheu para a viagem. Já com as crianças de 9 anos ou mais desta nossa amostra a situação inverte-se completamente: todas espontaneamente mencionaram e escolheram algum planeta para a sua viagem, embora nem sempre soubessem os seus nomes corretos, porém conheciam algumas de suas características: um é o planeta mais distante, outro o mais próximo do Sol, outro é o que tem anéis etc.

Este fato que pode, a primeira vista, parecer surpreendente, pode ser bem explicado no contexto da discussão que temos feito, de que as concepções acerca do universo são marcadas pela oposição entre um pólo

realista ingênuo e outro conceitual: o que acontece é que, no caso específico dos planetas, praticamente inexistem o pólo realista. A noção de planeta já é, de saída, conceitual, isto é, nenhuma criança parece ter qualquer noção de planeta baseada no uso de seus sentidos, de sua visão, mas apenas a forma através da transmissão cultural, só concebem o que seria um planeta com base na informação que lhes chega seja através da escola ou da mídia.

De fato, embora vários planetas sejam visíveis a olho nu, com base em nossa experiência de vários anos de trabalho com a comunidade em projetos de extensão de Astronomia, podemos afirmar que isso definitivamente não faz parte do senso comum da população, ao menos no Brasil. A grande maioria das pessoas desconhece por completo que planetas possam ser vistos a olho nu, imaginando que só através do uso de aparelhos sofisticados (os telescópios) ou de naves espaciais os cientistas conseguem observá-los e estudá-los. Muitos adultos e crianças já viram e ouviram falar, por exemplo, da estrela d'alva, porém pouquíssimos sabem que ela é o planeta Vênus. Todas as pessoas já devem tê-lo visto, pois se destaca pelo brilho extraordinário, porém simplesmente o confundem com uma estrela, como, aliás, o próprio nome popular de *estrela* d'alva o indica. Com os demais planetas visíveis a olho nu (Mercúrio, Marte, Júpiter e Saturno), acontece exatamente o mesmo – todos são confundidos com estrelas.

Nas nossas entrevistas, obtínhamos dados sobre as representações de planeta das crianças somente na quarta etapa da entrevista, durante a “viagem” com o foguete de brinquedo, caso o(a) entrevistado(a) escolhesse algum deles como destino de sua viagem. Neste ponto ocorreu a interessante estratificação etária que acima mencionamos: todas as crianças abaixo de 8 anos não os mencionaram, enquanto que todas acima desta idade o fizeram. Embora deva ser ressaltado que nossa amostra era bastante pequena, julgamos que tal fato tem como razão de fundo o que discutimos nos parágrafos anteriores: a concepção de planeta é, desde o início, puramente conceitual.

Em reforço a essa interpretação há também o fato que já mencionamos no item anterior: em contraste com o que geralmente ocorria com o Sol, a Lua e as estrelas, que, quando achavam-se associados a uma visão realista ingênua, eram preferencialmente afixados num nível superior ao da Terra e à cabeça das crianças (no modelo tridimensional de universo por elas montado), os planetas

geralmente ficavam situados aproximadamente no mesmo nível que a Terra e na altura do rosto das crianças – indício de uma visão conceitual.

Os planetas mais lembrados foram Plutão, Saturno e Marte. Plutão simplesmente por ser o mais distante de todos, Saturno por ser “o planeta dos anéis” e Marte talvez pela sua grande popularidade, na ficção e na mídia. Todos os conceberam como corpos esféricos, sendo Saturno o único com uma forma um pouco diferente por possuir anéis. Alguns os imaginaram menores que a Terra ou mesmo a Lua, mas a maioria simplesmente generaliza para os planetas um modelo semelhante ao adotado para a Terra. Fer, por exemplo, que possui a concepção de uma Terra oca, imagina que os demais planetas também sejam ocos: a calota superior de cada um deles formaria o céu do planeta e a inferior seria sólida, nela podendo aterrissar o foguete. Lau, por sua vez, que apresenta o modelo da Terra esférica, imagina Vênus semelhante à Terra, também esférico e do mesmo tamanho que ela, só mais quente.

O CÉU E O ESPAÇO

Até aqui apresentamos resultados que obtivemos com relação às representações de alguns dos principais objetos que compõem o universo: a própria Terra, o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas. Agora, neste item e no próximo, passaremos a enfocar a questão das concepções das crianças quanto à maneira como eles se dispõem em nosso entorno, ou seja, como elas concebem a estrutura do espaço cósmico que nos cerca. Com relação a este ponto, mais uma vez, como vimos ressaltando ao longo de toda esta seção e discutimos especificamente em seu início, temos duas fontes que concorrem para a constituição de nossas representações: nosso contato imediato, sensorial com o universo e a informação que nos chega, de maneira mediata, através da cultura.

Como já dissemos, a observação espontânea, casual do céu, realizada por toda a criança, constitui o fundamento para a elaboração de suas primeiras representações do meio cósmico circundante, que, como vimos, serão inevitavelmente marcadas pelo realismo infantil: o céu será pensado como uma camada ou abóbada azul, com nuvens brancas, onde aparecem o Sol, durante o dia, a Lua e as estrelas a noite. A própria noção de “céu”, embora, como veremos, também sofra uma evolução no sentido de uma representação mais conceitual, ao que parece permanece para sempre ligada ao pólo realista, uma vez que ele representa, efetivamente, a nossa “janela” para o universo, através da qual efetuamos nosso contato direto, imediato com a grandiosidade do cosmos. Veremos, inclusive, no próximo capítulo, ao examinarmos as concepções dos professores, que, freqüentemente, o céu possui uma forte conotação afetiva e evoca sentimentos estéticos intensos. Fato que não deve ser desconsiderado pelo ensino, pois será determinante no interesse e motivação pelo estudo do universo. De qualquer forma, a noção inicial de céu, constituirá a nossa primeira representação do meio cósmico, a qual, conjuntamente com a noção de Terra, configurará nossa representação inicial do universo.

Já o conhecimento acerca de nosso meio circundante obtido através da segunda fonte, ou seja, através da mediação da cultura, é geralmente expresso através da noção de “espaço exterior”, “espaço cósmico” ou, simplesmente,

“espaço”. Por princípio, a idéia de espaço já nasce como uma representação conceitual, extraída do contexto científico, e tenderá a estar sempre próxima deste pólo: será um espaço não diretamente percebido, mas apenas concebido, através do contato com produtos culturais diversos como livros didáticos, filmes de ficção, histórias em quadrinhos etc. Será associado a astronautas e viagens espaciais e irá compor, junto com as noções de Terra, do céu e dos astros, a visão geral de universo da criança.

Os dados a respeito do céu foram obtidos em três das etapas de nossa entrevista: na dos desenhos, onde era pedido especificamente um desenho livre do céu, na terceira etapa, quando a criança escolhia um modelo de isopor para a Terra e, geralmente, lhe era pedido que indicasse onde ficava o céu naquele modelo, e na última etapa, quando faziam-se perguntas a respeito da localização e visibilidade do céu a medida que se realizava a “viagem”. Conseguimos inferir, a partir das entrevistas, cinco concepções básicas acerca da localização e forma do céu:

1. Céu plano: noção segundo a qual o céu forma uma camada no alto, sobre nossas cabeças, que é plana, azul, limitada e paralela ao chão. Subjaz a esta noção a idéia de uma vertical absoluta, em relação à qual o plano do céu é perpendicular.

Exemplo: em seu desenho de céu, Hel (6 anos) pinta apenas uma faixa azul, paralela ao pé e ao topo da folha, mais próxima do topo, porém deixando uma faixa branca acima do céu. A entrevistadora lhe pergunta:

E: O que é aqui em cima, esta parte branca? [Apontando com o dedo a faixa branca que ficou acima da faixa azul representando o céu]

HEL: Ué, é a parte de cima do céu...

E: E aqui em baixo, essa outra parte? [Indicando a região branca maior, abaixo da faixa azul.]

HEL: É onde a gente mora.

Portanto, para Hel, parece que o céu é uma camada paralela ao chão, “onde a gente mora”, e que existe uma “parte de cima” deste céu, ou seja, ele também possui um limite superior bem definido, formando efetivamente uma camada plana bem delimitada. Mais adiante Hel escolhe um modelo esférico de isopor para a Terra e aponta com o dedo que o seu céu formaria apenas uma

camada um pouco acima do topo da Terra esférica. No seu modelo tridimensional de universo, feito com isopor, o céu que ela constrói com o Sol, a Lua e as estrelas também dispõe-se claramente numa camada plana horizontal (veja fig.6).

2. Céu “semi-espaço”: o céu parece prolongar-se indefinidamente acima do chão, ou do planeta Terra, aparentemente sem limite superior, sendo caracterizado como ficando “no alto” e sendo o lugar onde ficam os astros, formando assim um semi-espaço, limitado apenas inferiormente pelo chão ou pela posição em que acha-se a Terra esférica. Nesta concepção também fica implícita a existência de uma vertical absoluta, que indica a direção “para cima”, ao longo da qual estende-se o céu.

Gab (7 anos), Cris (8 anos) e Thi (14 anos) dão evidências de apresentar este tipo de concepção. Gab e Thi, embora tenham escolhido um modelo esférico de isopor para representar a Terra, indicam que o céu fica “lá em cima” (apontando para o teto) ou só no espaço acima do modelo da Terra. Thi, por exemplo, imagina que podem morar pessoas na parte inferior da Terra esférica, mas que elas só conseguem ver o céu olhando ao longo das “laterais” da Terra, para o alto, para o espaço acima da Terra. Cris imagina a Terra como uma “Terra dupla” e concebe todos os astros dispostos no céu de sua Terra-chão plana, entre eles, surpreendentemente, o próprio “*planeta Terra*”, que ficaria “*lá em cima, no céu*” bem no alto, de modo que ninguém o veria.

3. Céu calota: segundo esta concepção o céu seria limitado e teria a forma de uma calota estendida sobre a Terra, os astros aparecem neste céu mas não necessariamente estão contidos nele. Identificamos duas variantes:

1^a) a calota faria parte da própria Terra, constituindo o hemisfério superior de uma Terra oca;

2^a) a calota não faria parte da Terra, mas ficaria localizada um pouco acima sobre o topo de uma Terra esférica, como um “chapéu”.

Também essa concepção, como as anteriores, assume a existência de uma vertical absoluta, na direção da qual se alinharia o eixo da calota.

Exemplos da primeira variante foram frequentes e já foram dados na discussão das concepções de Terra, ao descrevermos o modelo da Terra oca. Já a segunda foi inequivocamente apresentada por uma das crianças (Mare, 10 anos): ela escolhe uma esfera de isopor azul com continentes esboçados para

representar a Terra. Quando a entrevistadora solicita que indique onde fica o céu, diz que *“fica na parte de cima”* e indica claramente com o dedo a forma curva de uma calota que pairaria sobre o topo da sua Terra esférica. A entrevistadora ainda pergunta se embaixo não tem céu, indicando com a mão o espaço abaixo da Terra. Mare responde que não. Mais adiante, a entrevistadora retoma a mesma questão perguntando se alguém que estivesse no pólo sul da Terra veria o céu, Mare novamente responde que não e indica mais uma vez que o céu só fica sobre o topo da Terra, mostrando mais uma vez, com a mão, o perfil de uma calota que ficaria um pouco acima da superfície da Terra.

4. Céu “casca esférica”: nesta concepção o céu constituiria uma casca esférica, com uma certa espessura, que envolveria completamente a Terra, também esférica, acima de sua superfície, os astros se situariam além deste céu, que confunde-se com a atmosfera da Terra. Nad (8 anos) e Lau (10 anos) apresentaram esta concepção, indicando com a mão e com auxílio de algodão, representando nuvens, que o céu seria uma camada que envolveria toda a Terra.

5. Céu “espaço”: concepção na qual o céu se confunde com a própria noção de espaço, que envolveria completamente a Terra e todos os demais astros, onde todos eles estariam situados. Fla (11 anos) é um exemplo: após ter indicado que ao lado de sua Terra esférica de isopor haveria céu, a entrevistadora lhe pergunta se só haveria céu em volta da Terra ou também no espaço entre os planetas. Fla responde que *“tem céu em todos os lugares”*, fazendo um gesto largo, indicando todo o espaço em que ele montou o seu modelo de universo.

Podemos perceber que as três primeiras noções de céu acham-se ainda associadas a um ponto de vista topocêntrico e impregnadas pela tendência realista de absolutização da direção vertical, enquanto as duas últimas já são mais conceituais, descentradas, envolvem uma visão de como seria o céu visto do espaço exterior, com a própria Terra sendo vista de fora, e não mais implicam na existência de uma vertical absoluta.

É interessante observar que a evolução da concepção de céu, esboçada na sequência anterior, especialmente das três primeiras para as duas últimas, que vai de um céu plano ou calota a um céu esférico, é, evidentemente,

solidária da evolução da própria concepção de Terra e do chão onde vivemos: o céu acompanha, como uma cobertura, como o reverso, a forma do chão. Por exemplo: as crianças que imaginam o céu como uma calota também devem imaginar o chão “habitado” não a volta toda, mas só sobre o interior do hemisfério inferior, no caso do modelo da Terra oca, ou só sobre o topo da Terra, no caso do modelo da Terra esférica.

Observamos também que, independentemente do modelo acerca da forma e localização do céu, anteriormente apresentados, duas características (realistas) que lhe são sempre atribuídas são: a sua cor, que sempre seria azul, e a de que ele é o local onde aparecem o Sol, a Lua e as estrelas, mas não os planetas. Como já discutimos anteriormente, os planetas geralmente são associados apenas ao espaço, não ao céu, pois a respeito deles (e do espaço) não temos concepções realistas ingênuas, apenas representações conceituais.

Algumas crianças (p. ex., Fer e Mare) generalizam a idéia que têm do céu da Terra, de um céu localizado apenas sobre ou em volta de nosso planeta (céu plano, calota ou casca esférica), para outros planetas. Nestes casos a concepção de céu destes outros planetas é semelhante à que elas tem do céu da Terra, porém a cor pode mudar.

Outra associação freqüente que percebemos é entre céu e atmosfera: ambos seriam camadas que encobririam a Terra, sendo, por isso, associados ou, simplesmente, considerados indistintos¹⁹.

Terminamos a descrição dos modelos de céu que inferimos a partir de nossas entrevistas pela apresentação da noção de um “céu-espaço”, segundo a qual a idéia de céu se confunde inteiramente com a de espaço, no qual estariam imersos todo os astros. Porém esta não é a regra. De fato, a maioria

¹⁹ Como diz Piaget, para as crianças pequenas “a Astronomia não se distingue em nada da meteorologia” PIAGET (1926, p.230).

das crianças (as que apresentam a concepção de um céu localizado, sobre ou em torno da Terra), parecem fazer uma distinção nítida entre céu e espaço, marcada pela distinção de origem destes dois conceitos que frisamos no início deste item: realista ingênua/sensorial, no caso do céu, conceitual/cultural no do espaço. O céu ficaria localizado na, sobre ou em volta da Terra (dependendo do modelo de céu), e é onde aparecem as nuvens, o Sol, a Lua e as estrelas; já o espaço seria um outro lugar, abstrato, distante, para onde vão os foguetes e astronautas e onde ficam os planetas.

Embora nossas entrevistas não incluíssem questões explícitas sobre o espaço, ao longo das mesmas, sobretudo durante a etapa da “viagem”, surgiram depoimentos espontâneos das crianças a respeito de como o imaginavam, com base nos quais pudemos inferir três tipos de concepções:

1. Espaço localizado: segundo essa concepção o espaço seria um lugar específico, limitado, fora da Terra, para onde vão os astronautas e que pode ser representado por uma forma arredondada, semelhante a dos astros. Esta concepção surpreendente foi apresentada por uma das crianças de nossa amostra, Gab (7 anos). A seguir o trecho em que ele a expressa:

Após Gab já ter escolhido viajar para a Lua e ter feito a “viagem” até ela com o foguetinho, na 4ª etapa da entrevista, a entrevistadora lhe pergunta se haveria outro lugar que ele gostaria de visitar:

E: Você tem vontade de ir assim em algum outro lugar, no espaço, com seu foguete?

GAB: Ahã. [Dando a entender que sim.]

E: Que lugar?

GAB: Pra Minas...

E: Pra Minas?

GAB: [Faz que sim com a cabeça.]

E: Mas Minas é na Terra não é?

GAB: Ahã. [Dá a entender que sim.]

E: Minas não precisa de um foguete pra ir...

GAB: [Gab fica de cabeça baixa, de repente fala:] No espaço...

E: Onde no espaço?

GAB: Ah..., no espaço... *[Faz um gesto rápido com a mão, levantando-a para o alto, como quem diz que o espaço está lá no alto.]*

E: Que que você acha que tem no espaço?

GAB: Não sei...

E: Então vai pro espaço.

Gab pega o foguetinho, olha para o alto rapidamente e logo depois pergunta, apontando para a estante com os objetos de isopor, se pode “catar” alguma coisa para fazer de espaço. A entrevistadora diz que sim. Gab então acaba apanhando um disco azul, volta para onde estão os fios, olha para o alto, fala consigo mesmo:

GAB: O espaço é... *[Aponta para o mesmo fio onde já estão colocadas a Terra e a Lua, acima de ambas. A entrevistadora então o ajuda a colocar o disco azul na posição alta que ele desejava. Após pendurá-lo, pergunta:]*

E: É aí?

GAB: É.

E: Como que é lá? Vai da Lua até lá. Pode subir, pode pisar na cadeira.

GAB: *[Parte com o foguete na posição em pé, no topo da Lua em foice, e sobe até tocar com a ponta do foguete no disco que representa o espaço.]*

E: E lá no espaço, como é que é?

GAB: É legal.

E: É? É bonito lá?

GAB: É.

E: Que que tem lá?

GAB: Tem... *[fica um tempo de cabeça baixa, pensando], tem astronauta...*

E: Tem astronauta..., que mais?

GAB: Tem globo terrestre.

E: Tem globo terrestre...

GAB: Ah, mais eu não sei...

E: Porque “globo terrestre”?

GAB: Parece de astronauta...

Vemos assim que, para Gab, o espaço é um lugar específico, delimitado, como se fosse um certo “planeta”, para o qual vão os astronautas com seus

foguetes, que pode ser representado por um objeto arredondado, como um disco²⁰, onde tem astronautas e o “*globo terrestre*”, que, para ele, é uma coisa associada a astronauta. Percebemos aí, sutilmente, a noção de um Terra dupla, por nós já discutida: Gab concebe uma “Terra-chão” onde ele vive²¹ e também um “*globo terrestre*”, que ele associa a astronautas, e que encontra-se no espaço... A sua representação de Terra com isopor foi a de uma esfera azul com continentes esboçados (um “*globo terrestre*”), embora, ao dar boa parte de suas respostas, ele dê indícios de que pensa na Terra também como se ela fosse uma Terra-chão²². A partir desta Terra, ele já tinha viajado com o foguete para a Lua, e, agora, viaja da Lua para o espaço, no qual “*tem globo terrestre*”. Assim, como no caso de Cris, discutido no item sobre as concepções de Terra, ele acaba imaginando uma viagem da Terra, passando pela Lua, até um lugar (o espaço) onde fica um “*globo terrestre*”, ou seja, uma viagem da Terra até o “*globo terrestre*”, da mesma forma que Cris queria viajar da Terra ao “*planeta Terra*”. Percebemos, por esses episódios, que há um intrincado jogo da alternância, de uso paralelo de concepções distintas, algumas espontâneas, radicadas no uso ingênuo dos próprios sentidos, outras conceituais/racionais, aprendidas através do contato social e cultural.

2. Espaço “esconderijo”: nesta concepção, o espaço é encarado como um lugar para onde vão os astros quando não aparecem no céu, o lugar onde se escondem o Sol, quando é de noite, e a Lua, quando é de dia. Apenas uma das crianças (Jos, 7 anos) apresentou esta noção. No item acerca da relação entre o Sol e Lua já transcrevemos o trecho da entrevista em que ele manifesta a idéia de que, de dia, a Lua não aparece porque está no espaço e, a noite, o Sol também não aparece porque “*fica onde a Lua fica de dia*” (veja p.48).

²⁰ As crianças menores não cuidam muito da terceira dimensão, para elas tanto um disco como uma esfera são “redondos” e não diferem muito.

²¹ Sua representação de Terra, tanto com massa de modelar como no desenho (veja fig.1(a)), foi de uma “Terra-chão” plana, com pessoas e árvores.

²² Por exemplo: ele colocou todos os astros (o Sol, a Lua e as estrelas) de seu universo de isopor exatamente acima da bola que para ele representa a Terra e acima de sua cabeça, numa representação marcadamente realista ingênua, que reproduz exatamente a maneira como estes astros aparecem quando estamos no chão: no alto, sobre nossas cabeças. Quando, no final da entrevista, lhe é perguntado novamente onde fica o céu, ele fica indeciso entre apontar para o hemisfério superior da bola por ele usada para representar a Terra (como no modelo da Terra oca), como ele já havia feito no início da entrevista, e o teto da sala. Quando a entrevistadora o pressiona a decidir, ele opta pelo céu que fica “lá em cima”, apontando para o alto.

3. Espaço continente: segundo esta concepção, que parece ser a mais generalizada, o espaço é o meio onde ficam, ou que contém, todos os astros, inclusive a Terra. Essa concepção parece corresponder aproximadamente à noção da Física Clássica, de que vivemos num espaço tridimensional, absoluto, homogêneo e isotrópico, no qual estão situados todos os corpos, inclusive os astros, embora, entre as crianças, evidentemente, ela seja muito mais uma noção intuída do que racionalizada. Fer (9 anos) é um bom exemplo:

Ele escolheu a Lua como destino para sua primeira “viagem” e vai fazê-la com o foguetinho, partindo da Terra até chegar à Lua. Logo após ele ter “decolado” da Terra a entrevistadora pergunta:

E: E entre a Lua e a Terra, que que tem?

FER: Entre a Lua e a Terra? Tem o espaço, o espaço que fica a Lua.

E: E a Terra onde fica?

FER: No espaço.

E: Também?

FER: No espaço.

E: As duas ficam no espaço?

FER: [Faz que sim com a cabeça.]

Mais adiante, após “viajar” do “planeta do anéis” ao “mais próximo do Sol” (Fer não lembra o nome dos planetas), e falar sobre como ele imagina o planeta a que chegou, espontaneamente diz: “*e tudo aqui fora é o espaço...*”, indicando através de um gesto amplo que se refere ao espaço em volta do planeta e entre os astros todos com que ele compôs o seu universo. Aqui, em verdade, percebe-se um matiz interessante da concepção: o espaço é de fato o meio onde estão inseridos os astros, mas é concebido, sobretudo, como sendo o que fica nas “brechas”, no vazio entre os astros, ou melhor, como o próprio vazio que fica entre os astros. Quando o foguete “entra” em um planeta (na concepção de planeta oco de Fer, é isso que acontece), ele deixa o espaço e vai para o planeta.

OS MODELOS DE UNIVERSO

Um dos principais objetivos de nossa entrevista era obter uma representação tridimensional do universo imaginado pela criança através da construção de um modelo usando objetos de isopor e fios de nylon suspensos. Isso era feito na 4^a etapa da entrevista através de uma viagem imaginária em um foguetinho de brinquedo, conforme já descrevemos (veja p.10). O modelo incluía necessariamente a Terra, o Sol, a Lua e as estrelas, e podia também incluir planetas, se estes fossem espontaneamente escolhidos pelas crianças como destino durante a viagem, o que aconteceu com todas as crianças com mais de 8 anos.

Algumas vezes, na hora de efetivamente posicionar o astro no modelo, prendendo-o nos fios, seja por alguma dificuldade técnica, ou por falta de cuidado da criança, acontecia de ele acabar suspenso em posição diferente da originalmente pretendida (ficando, em geral, mais abaixo). Nestes casos sempre consideramos mais significativa a intenção inicial, a primeira indicação dada pela criança com relação à posição em que achava deveria ficar situado o astro.

Infelizmente, o comportamento desleixado de uma das crianças de nossa amostra (Thi, 14 anos) no momento de montagem do modelo, prendendo os astros que escolhia de maneira desinteressada e aleatória, tornou impraticável a análise de seu modelo. Contudo, todos os demais casos pareceram apresentar estruturas significativas e representativas da visão espacial de universo apresentada pelas crianças. Pudemos inferir quatro tipos de modelos.

Para subsidiar a sua discussão julgamos importante apresentar, nas figuras deste item (figs. 4 a 13) alguns esquemas gráficos representando modelos de universo construídos pelas crianças. Nestes esquemas, não está indicada a profundidade do modelo, cuja reconstituição a partir do vídeo, embora possível a princípio, envolveria dificuldades práticas e uma certa dose de incerteza, pois a câmera ficava fixa na mesma posição durante toda a entrevista²³. Eles representam apenas um rebatimento do modelo num plano x, y vertical e perpendicular à direção z em que ficava apontada a câmera de vídeo.

²³ Uma estimativa da profundidade somente era possível através de indícios indiretos, como a posição das pessoas em relação a outros objetos da sala no momento de prender os astros em sua posição.

As quatro categorias de modelos por nós inferidas foram as seguintes:

1. Universo “Terra embaixo, céu em cima” (incluindo a Terra dupla):

este modelo é caracterizado pela forte diferenciação entre a posição da Terra e a de todos os demais astros: a Terra fica sozinha, isolada, na posição mais baixa e todos os demais astros ficam acima dela. Cinco crianças de nossa amostra apresentaram esta diferenciação básica de maneira marcada em seus modelos, contudo cada um deles apresenta outras características que lhe são específicas e que podem ser encaradas como expressando variantes ou subcategorias desta categoria geral. Analisaremos três casos em detalhe:

Cris (8 anos), cujo modelo acha-se esquematizado na fig. 4, é aquele caso, já discutido na seção acerca das concepções de Terra, que, de maneira mais evidente, apresenta a noção de uma Terra dupla. Assim o seu céu inclui um astro esférico que é “o *planeta Terra*”, que é o mais distante, o que fica mais no alto, em seu modelo, pois, segundo ela, a Terra fica “*bem em cima do céu, porque ninguém vê a Terra*”. A sua outra Terra, a que ela vive, a “Terra-chão” que “*fica aqui em baixo*” (representada tanto em seu modelo feito com massa de modelar como em seu desenho da Terra), parece-nos tacitamente representada, no modelo tridimensional, pela superfície da mesa em que ela havia trabalhado no início da entrevista, situada abaixo de todos os astros. Cris não explicita esta sua “escolha” da mesa como “Terra-chão”, porém, além de ter deixado muito claro, ao longo de sua entrevista, que acredita na existência de duas Terras, uma que fica no céu e a outra “*aqui em baixo*”, no momento em que a entrevistadora lhe pede para fazer a sua primeira viagem com o foguetinho, da Terra até a Lua que ela já havia representado, o ponto de partida que ela espontaneamente escolheu não foi o “planeta Terra” esférico que já estava suspenso nos fios, mas a borda da mesa, “*aqui em baixo*”. Assumimos assim que, para ela, implicitamente, a superfície plana da mesa estava representando a sua Terra-chão.

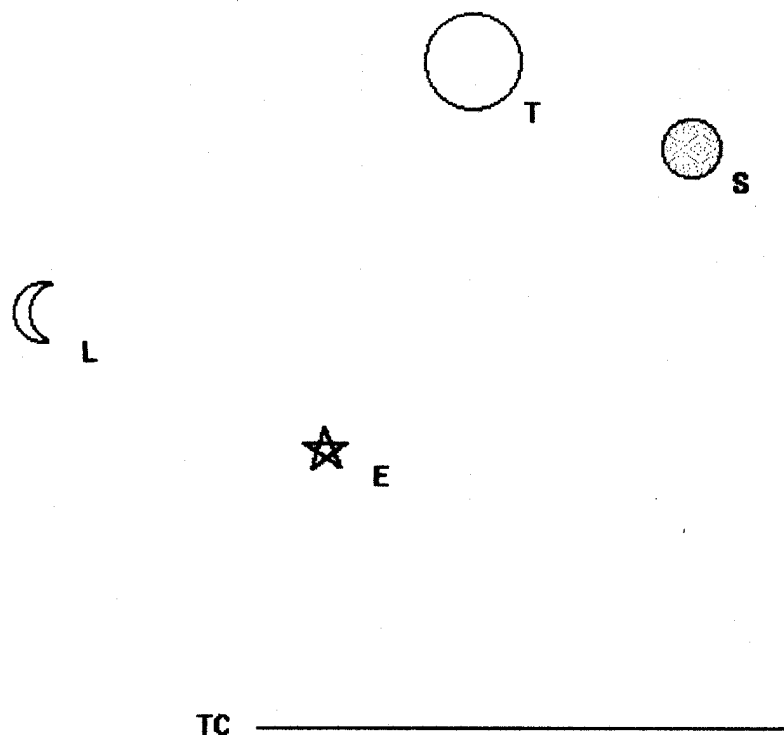


Figura 4: Modelo de universo construído por Cris (8 anos):
T: o “planeta Terra”; L: Lua; S: Sol; E: estrela; TC: a “Terra-chão”.

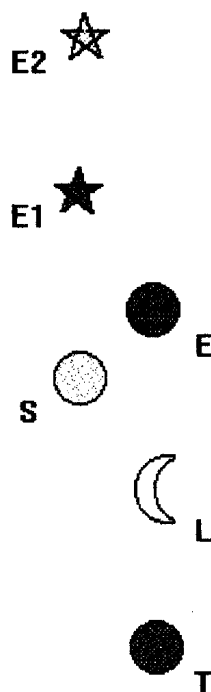


Figura 5: Modelo de universo construído por Gab (7 anos):
T: Terra; L: Lua; S: Sol; E: o “espaço”; E1, E2: estrelas.

O céu que Cris representa acima de sua Terra plana, pela disposição dispersa tanto em altura como para as laterais dos quatro astros representados, parece ser do tipo “semi-espaço”, como anteriormente descrevemos.

Já o modelo de Gab (7 anos), que acha-se esquematizado à fig.5, chama imediatamente a atenção pela disposição vertical, em série, dos astros representados. Ele usa apenas dois fios contíguos para prender todos os seus astros. Numa classificação inicial que havíamos feito, tínhamos chamado o universo de Gab de um “universo coluna”. Imagem que lhe parece bem apropriada. A Terra, distintamente, é o astro que fica mais embaixo. Todos os demais ficam praticamente sobre o seu topo.

Nossa interpretação desta disposição peculiar dada por Gab aos astros de seu céu é a de que ela é fortemente marcada (como todos os modelos desta categoria) pela concepção realista da existência de uma vertical absoluta, de que todos os astros estão no alto, no céu, sobre nossas cabeças; que essa direção “para cima” é única, absoluta. Outra hipótese que também nos parece plausível é a de que a percepção que Gab tem do céu, a maneira como ele o olha, quando o olha e percebe (base na qual sempre estão fundadas as crenças realistas ingênuas), talvez corresponda simplesmente ao gesto de olhar para o alto, para o zênite, e não para os lados, próximo ao horizonte. Esse modo especial de olhar o céu poderia ser determinante para sua representação de céu, fazendo com que ela apresentasse uma verticalidade acentuada. O céu de Gab nos parece ser menos que um semi-espaço, reduzindo-se a um “céu coluna”, praticamente unidimensional.

Outros dois pontos interessantes a serem observados com relação ao modelo de Gab é que ele representa, de maneira semelhante a um astro, através de um disco, algo que para ele é o “espaço”, como já nos referimos no item em que discutimos as noções de céu e espaço. O outro ponto é que, desta maneira, de um modo um pouco mais sutil que o de Cris, ele também revela conceber duas Terras: uma que está embaixo de seu céu realista ingênuo²⁴ – a Terra em forma de esfera – e outra no alto, no espaço, no qual ele diz em sua entrevista que existe “astronauta” e “globo terrestre”; ou seja, para ele existe uma Terra, aqui embaixo, e também um “globo terrestre”, que fica lá no alto, no

²⁴ Além da verticalidade, outras marcas realistas ingênuas neste seu universo são as representações da Lua e do Sol, ambas planas: a Lua falcada, o Sol um disco.

espaço. O que torna mais difícil a compreensão de que este é o seu pensamento é que a Terra que ele está intuitivamente considerando como Terra-chão, nesta sua representação de isopor²⁵, é uma esfera, ou seja, também é uma Terra-planeta, um “globo terrestre”, só que, sutilmente, ela está desempenhando o papel de uma Terra-chão.

Mari (9 anos) também construiu um modelo semelhante ao de Gab, com o Sol, a Lua e as estrelas exatamente sobre a Terra, em coluna, só não representa o espaço localizado imaginado por Gab e acrescenta, acima dos demais astros, um planeta com anéis, que ela diz ser Marte.

Hel (6 anos), cujo modelo acha-se esquematizado à fig.6, por sua vez, também o constrói deixando a Terra destacadamente abaixo de todos os outros astros. Já o seu céu, num contraste interessante com o “céu-coluna” de Gab e Mari, é nitidamente plano: fora a Terra, todos os demais astros por ela representados – a Lua, o Sol e cinco estrelas – dispõem-se ao longo de uma camada plana, horizontal relativamente estreita. É interessante notar a coerência desta sua representação com a que foi expressa em seu desenho, que serviu de protótipo para a categoria “céu plano” discutida no item acerca das concepções de céu e espaço. Podemos formular uma hipótese semelhante à lançada no caso de Gab, baseada no jeito com que a criança observa o céu, que determinaria o tipo de crença realista por ela construída: possivelmente Hel observa o céu olhando não só para o alto (como, supomos, ocorre no caso de Gab), mas também para os lados, próximo ao horizonte, e imagina este céu sobre sua cabeça estendendo-se, como um teto plano, para além do horizonte.

Kel (11 anos) montou um modelo semelhante ao de Hel, com todos os astros formando uma camada plana sobre a Terra, apenas com a diferença que, como ocorreu com todas as crianças com mais de 8 anos, Kel também representou alguns planetas (Saturno e Marte) em seu universo, dispondo-os também nessa camada acima da Terra.

Denominamos esta primeira categoria de “Terra embaixo, céu em cima” para caracterizar de maneira eloqüente o que consideramos como sendo a convicção (realista ingênua) mais forte e evidente embutida nestes modelos: a de que há uma direção vertical absoluta válida para todo o universo, um “para

²⁵ As representações da Terra que Gab fez com massa de modelar e no desenho são de uma “Terra-chão”.

cima” e “para baixo” univocamente definidos, absolutos. O universo assume assim uma forma hierarquizada muito bem definida: a Terra em que vivemos fica embaixo e o céu, com todos os astros, em cima.

Terminamos a descrição desta categoria ressaltando uma observação que já foi feita na discussão do modelo de Gab: embora quatro das cinco crianças que classificamos nesta categoria (Gab, Mari, Hel e Kel) tenham usado para representar “a Terra que fica embaixo” uma bola de isopor, isto é, uma “Terra-planeta” esférica, a impressão com que ficamos é que ela está desempenhando, dentro do contexto destes modelos, como um camaleão, o papel de uma “Terra-chão” plana, pois a visão de universo neles esboçada remete inteiramente à uma perspectiva do céu/universo como ele é visto de nosso referencial local, no chão. Parece-nos assim que as crianças usam uma Terra esférica, mas pensam como se estivessem olhando este universo de um chão plano.

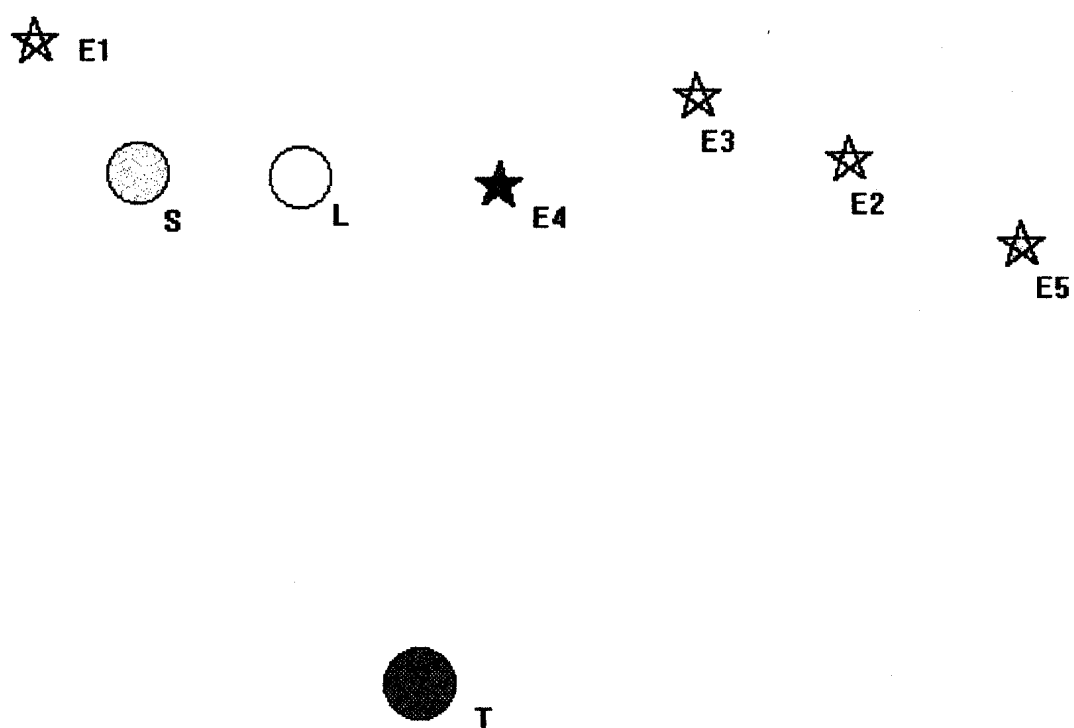


Figura 6: Modelo de universo construído por Hel (6 anos):
T: Terra; L: Lua; S: Sol; E1, E2, E3, E4, E5: estrelas.

2. Universo em camadas: segundo este modelo, o universo é estratificado, sendo constituído por duas ou mais camadas que se superpõem. Cada uma das camadas é formada por astros de natureza semelhante (p. ex.: só planetas, só estrelas, somente astros do sistema solar etc.) ou de alguma forma associados (p. ex.: Sol e Lua). A Terra situa-se sempre na camada inferior e, as estrelas, geralmente, na superior. Os planetas, quando presentes, geralmente localizam-se na camada inferior – a mesma da Terra²⁶.

Esta foi a categoria em que encontramos mais representantes: nove crianças, metade de nossa amostra. Discutiremos quatro casos em detalhe:

Jos (7 anos), cujo modelo é representado à fig.7, escolheu 3 bolas do mesmo tamanho para representar a Terra, o Sol e a Lua e as dispôs quase perfeitamente no mesmo plano horizontal. Acima destes astros, bem fora do plano por eles definido, colocou duas estrelas. Observa-se assim que seu universo divide-se de maneira bem clara em duas camadas: a inferior, formada pelo sistema Terra-Lua-Sol, cada um deles de forma esférica (um tipo de representação mais conceitual), e a superior formada pelas estrelas com a tradicional forma plana, com pontas.

Fer (9 anos), cujo universo é esquematizado à fig.8, dispôs a Terra e mais três planetas (Marte, Saturno e Plutão) de maneira relativamente dispersa, numa região ampla do espaço. Acima dos planetas colocou uma Lua em forma de foice e um Sol em forma de disco exatamente à mesma altura. Em outro nível, mais acima ainda, colocou três estrelas alinhadas na horizontal.

Percebe-se assim que o universo de Fer parece dividir-se em três estratos: o inferior, mais “espesso”, formado só por planetas, todos da forma esférica, um deles com anéis (Saturno); depois uma camada formada apenas pela Lua e o Sol, ambos representados por formas tipicamente realistas ingênuas (o Sol por um disco e a Lua por uma “foice”, ambos planos); por fim uma última camada, bem no alto formada só por estrelas de forma tradicional, com pontas.

²⁶ Houve um único caso (Fel), dentre os modelos classificados nessa categoria, em que os planetas foram dispostos acima da Terra.

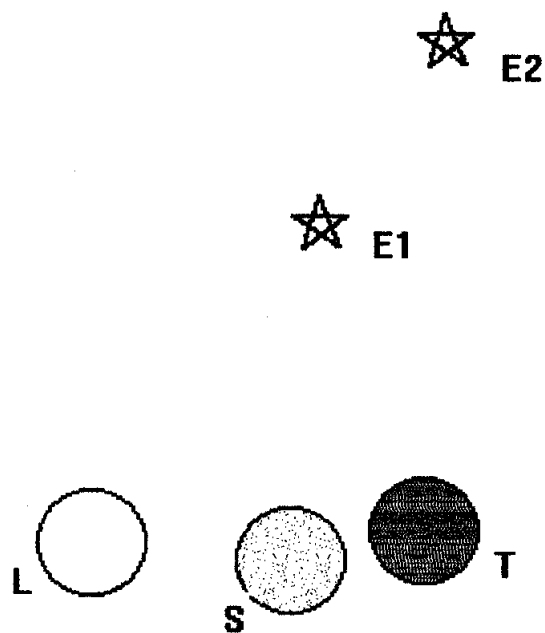


Figura 7: Modelo de universo construído por Jos (7 anos):
T: Terra; L: Lua; S: Sol; E1, E2: estrelas

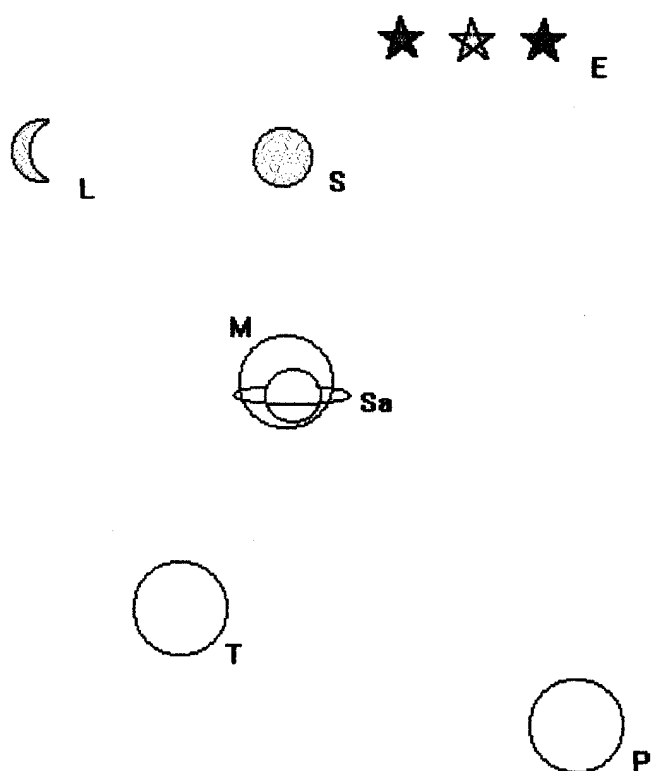


Figura 8: Modelo de universo construído por Fer (9 anos):
T: Terra; L: Lua; S: Sol; P: Plutão; Sa: “o planeta do anéis”;
M: “o mais próximo do Sol”; E: estrelas

Observa-se também que, na montagem da camada dos planetas, parece ter havido um certo cuidado com a sua ordem: a bola que representa o planeta que, segundo Fer, é “*o mais próximo do Sol*” e a que representa Plutão, o mais distante, foram, de fato, colocadas, respectivamente, na posição mais próxima (mais alta) e mais distante (mais baixa) do Sol, representado no modelo na forma de um disco que fica no alto.

Lau (10 anos), cujo modelo aparece esquematizado à fig.9, dispôs quatro esferas, representando o Sol, a Terra, a Lua e o planeta Vênus praticamente no mesmo plano, com destaque para o Sol, que foi representado maior e disposto mais a frente. Um pouco acima destes astros, Lau dispôs seis estrelas de maneira dispersa. Novamente temos uma clara distinção entre duas camadas: a inferior, formada por astros esféricos do sistema solar, e a superior, composta exclusivamente por estrelas.

O caso de Mare (10 anos), cujo modelo acha-se esquematizado à fig.10, é muito interessante e merece uma discussão mais detalhada: logo no início da 4ª etapa, quando a entrevistadora lhe mostra o foguetinho e pergunta para onde ela gostaria de viajar, Mare responde que deseja viajar “*para o espaço*”, diferentemente da maioria das outras crianças que, neste momento, simplesmente escolhia um astro específico (apenas Gab, como já vimos antes, no item sobre o céu e o espaço, tinha dado resposta semelhante). A entrevistadora lhe pergunta então como é o espaço. Ela responde que é “*azul escuro, cheio de estrelas*”. A entrevistadora lhe pede então que represente este seu espaço escolhendo objetos na estante e os prendendo nos fios, onde já estava suspenso o seu modelo esférico de Terra. Mare escolhe cinco estrelas e um planeta com anéis (cujo nome ela não lembra) e os dispõe de maneira dispersa em torno da Terra, todos praticamente no mesmo plano horizontal, na altura do rosto de Mare, envolvendo a Terra. Diz, inclusive, que as estrelas ficam perto da Terra.

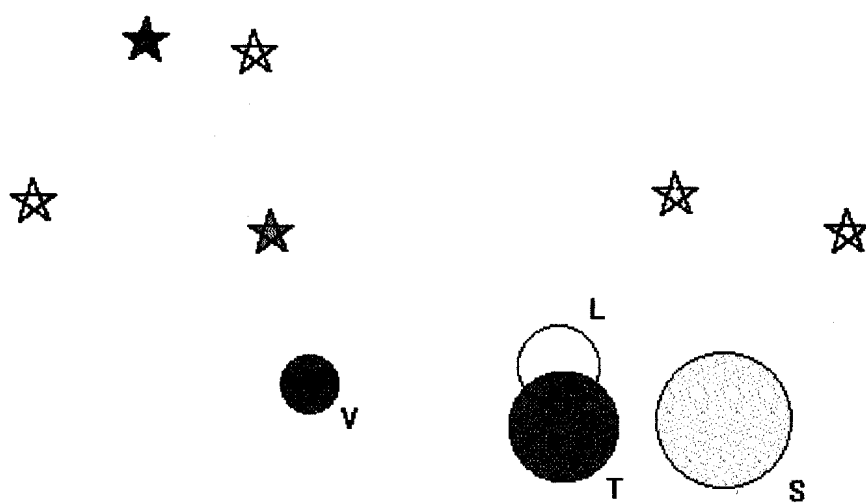


Figura 9: Modelo de universo construído por Lau (10 anos):
T: Terra; L: Lua; S: Sol; V: Vênus; Estrelas.

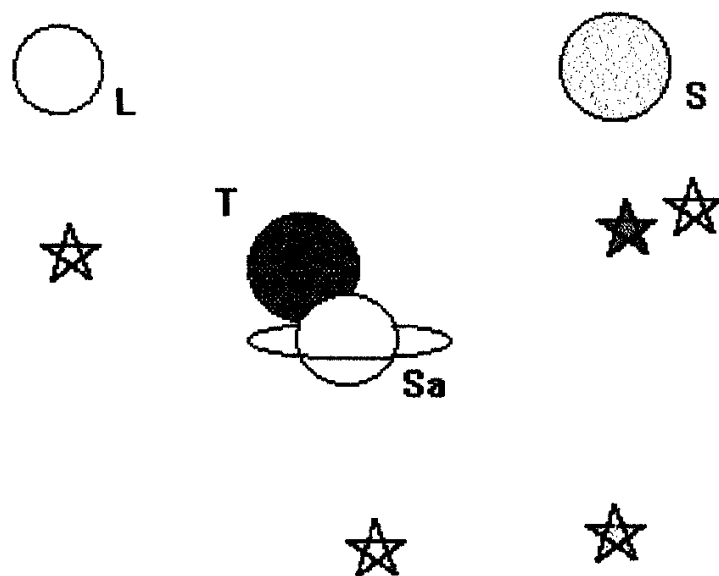


Figura 10: Modelo de universo construído por Mare (10 anos):
T: Terra; L: Lua; S: Sol; Sa: “planeta dos anéis”; Estrelas.

Mais adiante, quando lhe é solicitado que represente também a Lua e o Sol em seu modelo, Mare os posiciona relativamente próximos à Terra, em lados opostos, e – muito importante! – numa altura superior (até onde ela alcança com os braços esticados para o alto) a dos demais astros, que estavam no seu “espaço”. Antes Mare já havia dito que o Sol e a Lua apareciam no céu e mostrado com a mão que o céu ficava situado um pouco acima do topo da Terra, formando uma calota (veja p.57), ou seja, o posicionamento que ela deu ao Sol e a Lua no modelo foi totalmente coerente com esta sua idéia: ela representou o Sol e a Lua no “céu”, sobre a Terra (para ela, inclusive, as pessoas no pólo sul da Terra não vêem o céu).

Percebemos assim que, novamente, o modelo construído pode ser pensado como composto de duas camadas bem distintas: a de baixo, onde estão a Terra, as estrelas e um planeta, e a de cima, com o Sol e a Lua. Na de baixo temos a Terra e o espaço e, na de cima, o céu! A de baixo é uma camada “conceitual”, com a Terra-planeta e o espaço a sua volta, já a de cima é “realista ingênua”, com o Sol e a Lua aparecendo como os vemos do chão da Terra: no alto. Isso, inclusive, explica a exceção que é observada no modelo de Mare: ao contrário da maioria dos demais modelos “em camada”, no de Mare as estrelas não ficam na mais alta, ao contrário, ficam na de baixo. Isso porque aqui elas não acham-se associadas ao céu e sim à idéia de espaço, ou seja, não são estrelas “realistas ingênuas”, mas sim “conceituais”! Outro ponto interessante a ser observado é a posição de cada uma das camadas em relação ao corpo de Mare: a camada conceitual situa-se na altura de seu rosto, já a realista, acima de sua cabeça.

À luz da discussão desse exemplo, revendo os três anteriores (Jos, Fer e Lau), percebemos que eles podem ser interpretados de maneira semelhante: a camada inferior é do tipo “conceitual”, com astros esféricos *no espaço*, cercando a Terra e, a(s) superior(es), “realistas ingênuas”, com o Sol, a Lua e/ou as estrelas no alto, *no céu*, sobre a Terra (veja figuras 7, 8 e 9).

Os outros cinco casos classificados nessa categoria (Nad, Nai, Fel, Mir e Marl) apresentam aspectos semelhantes aos dos exemplos anteriores, sendo sempre possível perceber a sua divisão em camadas, cada uma delas podendo ser caracterizada como “conceitual” ou “realista ingênua”.

Ao finalizarmos a apresentação desta categoria de universo, é importante observarmos que, embora de maneira não tão forte como a anterior, ela também ainda é marcada pela idéia realista ingênua de uma vertical absoluta: a sucessão de camadas por nós identificada é sempre ao longo da direção vertical: a(s) camada(s) superior(es) se define(m) por estar(em) “acima” daquela em que se encontra a Terra (sempre situada na inferior), como se no espaço exterior existisse uma direção privilegiada em termos da qual se poderia definir o que fica “acima” ou “abaixo”.

Outros dois pontos importantes a salientar, aos quais já nos referimos durante a discussão mais pormenorizada do caso de Mare, é que: primeiro, a camada inferior é uma camada onde tendem a estar presentes os astros que são representados de acordo com uma noção mais conceitual, enquanto que a(s) camada(s) superior(es) tende(m) a ser “realista(s) ingênua(s)”, a começar pela sua posição, “no alto”. Por exemplo, os planetas, que, como já argumentamos na seção a eles dedicada, só apresentam representações conceituais, acham-se geralmente presentes só na camada inferior; o Sol e a Lua, quando na camada inferior, são sempre esféricos, conceituais, enquanto que, na(s) superior(es), podem assumir uma representação mais realista ingênua, como no caso de Fer, em que tanto a Lua como o Sol são planos. Em segundo lugar, em relação ao corpo da criança, a camada inferior tende a estar sempre na altura de seu rosto, enquanto que a(s) superior(es) ficam sempre acima de sua cabeça.

3. Universo plano: neste modelo todos os astros se dispõem praticamente na mesma altura, definindo um único plano horizontal onde parece se situar todo o universo. Apenas um pré-adolescente e uma adolescente de nossa amostra evidenciaram este tipo de concepção (Fla e And).

Fla (11 anos), cujo modelo é esquematizado na fig.11, usou esferas para representar o Sol, a Terra, Saturno (com anéis), Plutão e Mercúrio; para a Lua utilizou uma representação falcada. Representou ainda duas estrelas da forma tradicional.

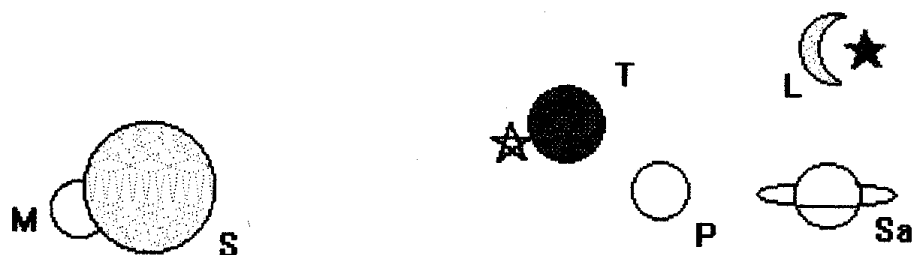


Figura 11: Modelo de universo construído por Fla (11 anos):
T: Terra; L: Lua; S: Sol; Sa: Saturno; P: Plutão; M: Mercúrio; Estrelas.

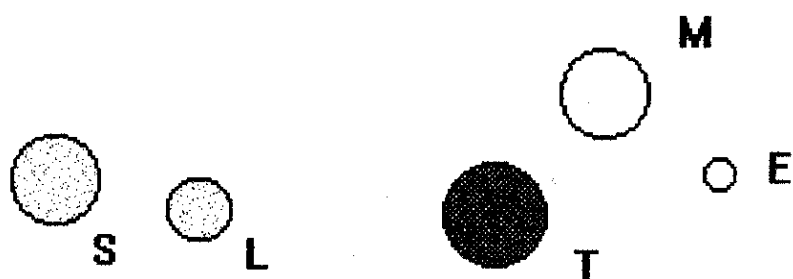


Figura 12: Modelo de universo construído por And (14 anos):
S: Sol; L: Lua; T: Terra; M: Marte; E: estrela esférica.

Podemos notar que Fla dispôs todos os astros praticamente no mesmo plano horizontal. Apenas a Lua falcada e uma das estrelas ficaram levemente acima do nível dos demais astros²⁷.

É interessante notar que, na montagem de seu modelo, Fla colocou o Sol numa posição especial, distante de todos os demais astros, à exceção de Mercúrio que, segundo ele próprio disse, é o planeta mais próximo do Sol, ou seja, ele já parece ter dado uma certa estrutura que lembra a do sistema solar ao seu universo, com o Sol, aparentemente, exercendo um papel especial.

And (14 anos), cujo modelo acha-se esquematizado à figura 12, representou a Terra, o Sol, a Lua, o planeta Marte e até mesmo uma estrela por meio de esferas. Este é o único caso de nossa amostra em que a representação de uma estrela não é feita através da tradicional forma plana, com pontas, e sim de uma esfera²⁸.

Percebemos que os astros do modelo de And encontram-se constituindo praticamente uma única camada horizontal, sendo todos eles, inclusive a estrela, representados de acordo com a noção conceitual de que esses astros têm a forma esférica. Com efeito, o universo de And parece ser quase desprovido de traços realistas ingênuos²⁹, formando assim um única camada “conceitual”.

4. Universo das “Terras-países”: neste modelo, extremamente peculiar, cada país é concebido como sendo uma Terra, isto é, semelhante a um planeta, de formato esférico, cada um deles concebidos à maneira de uma Terra oca, com pessoas vivendo em seu interior, sobre a calota de baixo, e o céu de cada um deles formando o hemisfério superior.

Este tipo de modelo, que parece bastante idiossincrático, foi apresentado por apenas uma criança de nossa amostra – Rob (6 anos) –, cujo modelo de

²⁷ Talvez formando uma pequena camada realista ingênua, suspeita que é reforçada pela forma “em foice” da Lua, tipicamente realista.

²⁸ Sendo que isso não foi por acaso, durante a entrevista And disse explicitamente que sabe que uma estrela é uma “bola de gás”.

²⁹ O tamanho pequeno e a proximidade dos demais astros com que a estrela é representada ainda podem ser consequência de uma visão realista ingênua, segundo a qual as estrelas são pequenas e próximas.

Terra já foi extensamente discutido (veja p.27-31). Uma representação esquemática de seu modelo é mostrada na fig.13.

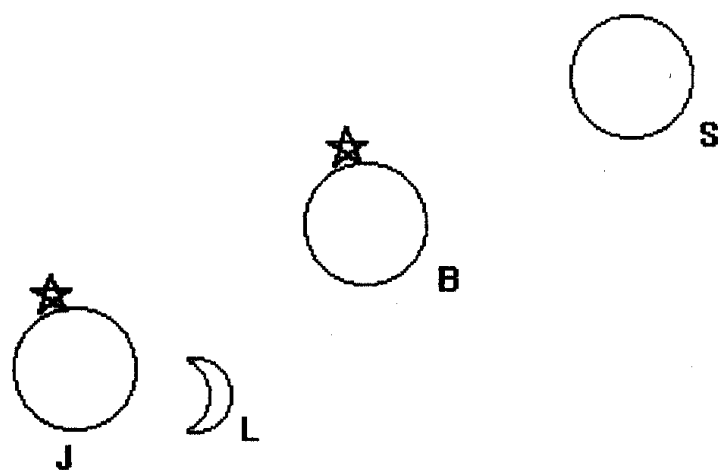


Figura 13: Modelo de universo construído por Rob (6 anos):
J: Japão; L: Lua; B: Brasil; S: Sol; Estrelas.

Rob escolheu duas esferas ocas de isopor para representar o Brasil e o Japão, uma esfera grande para representar o Sol, uma lua falcada para a Lua e duas estrelas da forma tradicional, com pontas. Posicionou o Brasil um pouco mais alto que o Japão, a Lua entre os dois, o Sol mais próximo do Brasil e as duas estrelas tocando a superfície superior de cada uma das “Terras-países”, como elas estivessem no céu “calota” de cada uma delas. Exceto pela posição das duas estrelinhas, que ficam sobre as duas Terras, não é possível perceber nenhuma estruturação em camadas neste modelo. Contudo ele é extremamente coerente com o que Rob imagina: segundo contou durante a entrevista, acredita que todos os astros, e mesmo as nuvens, saem e entram no céu de cada uma das Terras no seu devido tempo: o Sol quando é para fazer dia, a Lua e as estrelas a noite, as nuvens quando é para chover etc., num universo com fortes traços animistas e que segue uma causalidade moral³⁰. Como sabe que, quando no Brasil é dia, no Japão é noite, e vice-versa, Rob imagina que a Lua, o Sol e as estrelas ficam constantemente viajando pelo espaço entre as “Terras-países” para entrar no céu de cada uma no seu devido tempo. Por isso representou a Lua entre as duas Terras-países e o Sol próximo do Brasil.

Das quatro categorias de modelos aqui apresentadas, a última, como já dissemos, nos parece extremamente particular e idiossincrática. Já as três primeiras nos parecem gerais e, o que é mais interessante, parecem representar uma seqüência lógica bem evidente. Esta seqüência vai desde um extremo onde predomina a visão realista ingênua de que o universo estende-se da Terra para cima – que meramente reproduz a visão realista ingênua que temos do universo quando o contemplamos de nossa posição natural, do chão, e vemos o céu sobre nossas cabeças – até uma visão mais conceitual, que considera a Terra como um planeta entre outros que orbitam o Sol, no espaço, rodeado de astros por todos os lados, embora ainda segundo uma concepção de um universo predominantemente plano.

Como estágio intermediário temos a concepção em que o universo é imaginado “em camadas”, parcialmente conceitual, com algumas categorias de

³⁰ Como é descrito por PIAGET (1926).

astros *no espaço* circundando a Terra (sobretudo os planetas), aos quais ela já se nivela, e parcialmente realista, com astros (principalmente as estrelas, e também a Lua e o Sol) permanecendo sobre a Terra, *no céu*.

Com efeito, na tabela 3, a seguir, onde apresentamos a classificação de das crianças e adolescentes de nossa amostra de acordo com as categorias de modelos de universo que inferimos, é possível perceber que o primeiro modelo é mais freqüente entre as crianças mais jovens, o terceiro entre pré-adolescentes e adolescentes e, a segunda categoria, mais numerosa, parece situar-se numa faixa intermediária, começando a ser apresentada a partir dos 7-8 anos, estendendo-se até a adolescência.

Código-idade	MODELOS DE UNIVERSO			
	Terra embaixo, céu em cima.	Universo em camadas	Universo plano	Outros
Hel-6	X			
Rob-6				"Terras-países"
Gab-7	X			
Jos-7		X		
Cris-8	X			
Nad-8		X		
Mari-9	X			
Fer-9		X		
Lau-10		X		
Mare-10		X		
Kel-11	X			
Fla-11			X	
Nai-12		X		
Fel-12		X		
Mir-13		X		
Marl-13		X		
Thi-14				Inválido
And-14			X	

Tabela 3: Classificação das crianças e adolescentes de nossa amostra de acordo com as categorias de modelos de universo.

Percebe-se, assim, uma tendência de evolução com a idade da categoria mais marcadamente realista ingênua, da “Terra embaixo, céu em cima”, até a mais conceitual, do universo plano, embora o modelo intermediário, do universo em camadas, ainda predomine, mesmo próximo do limite superior da faixa etária que pesquisamos.

Esses nossos resultados acerca da estruturação espacial do universo segundo a concepção das crianças foram obtidos, sobretudo, graças à metodologia que adotamos, de trabalho com modelos tridimensionais. Um critério importante usado na interpretação destes modelos, para auxiliar a discernir se a concepção do astro era do tipo realista ou conceitual, e que só foi viável pelo fato de trabalharmos tridimensionalmente, foi o de sempre levar em conta a altura em que cada astro era colocado em relação à Terra (sempre o primeiro astro a ser representado) e ao próprio corpo da criança: como já nos referimos no item sobre as estrelas, percebemos que havia uma correlação entre o tipo de concepção e a posição em que o astro era colocado. Esta correlação é explicada pelo fato de fazer parte da própria essência de uma representação realista ingênua a noção de que o céu e os astros ficam no alto, sobre nossas cabeças, *“lá em cima”*, como dizem as crianças. É assim, no alto, que sempre os observamos. Essa será a tendência natural de representá-lo se a perspectiva usada for a realista ingênua, na qual, como diz Hessen, o sujeito *“identifica os conteúdos da percepção com os objetos, atribui a estes todas as propriedades incluídas naqueles. As coisas são, segundo ele [o realismo ingênuo], exatamente tais como as percebemos.”*³¹.

Quando, ao contrário, a perspectiva é conceitual e a representação do astro é fruto da mediação cultural, formamos uma imagem mental do objeto em que ele aparece num espaço simbólico, em que o vemos com “o olho da mente”, objetivado, a nossa frente, não “no alto”.

Portanto, quando a concepção do astro achava-se subordinada ao pólo conceitual, a tendência das crianças era a de colocar o astro aproximadamente na altura de seu rosto. Talvez essa tendência explique em parte o fato de a categoria de universo mais evoluída que detectamos tenha sido a de um universo plano: como todos os astros eram “conceituais” tendiam a ser colocados na mesma altura, na frente do rosto da criança, ficando assim todos

³¹ HESSEN, 1987, p.93.

num mesmo plano horizontal. Foi isso o que aconteceu no caso de Fla e And, nossos exemplos de universo plano.

Outro fator que, acreditamos, deve concorrer para a formação da concepção de um universo plano é a indistinção (muito freqüente entre estudantes e professores do ensino fundamental) entre o sistema solar e o próprio universo: o sistema solar, ou, ao menos, o seu subsistema constituído pelo Sol, os planetas e seus satélites, é realmente plano, e dessa forma é representado em inúmeras imagens reproduzidas seja em livros didáticos como na mídia em geral, contribuindo assim, provavelmente, para a formação da idéia de um universo plano.

I.1.3 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados que apresentamos até aqui, obtidos a partir da análise do conjunto de entrevistas que fizemos com crianças da cidade de São Paulo, pudemos extrair as seguintes conclusões:

- Apesar da complexidade da noção de universo, que envolve diversas concepções e inúmeras inter-relações, gerando representações individuais bastante diferenciadas e complexas, é possível uma caracterização da natureza destas representações gerais e das diversas noções que as compõem em termos do contexto epistemológico em que foram originadas. Este contexto oscila essencialmente entre dois pólos bem definidos: o realismo ingênuo e o racionalismo. Praticamente todas as concepções das crianças que analisamos podem ser descritas como estando vinculadas seja a uma perspectiva realista ingênua, fundada no uso “ingênuo” de seus próprios sentidos, ou a uma visão conceitual, de fundamento racionalista, construída através da mediação da cultura; ou então, o que é mais comum, elas podem ser interpretadas como o resultado da superposição ou interação entre estes dois pólos, gerando concepções sincréticas (mediante superposição) ou sintéticas (mediante interação) que englobam tanto aspectos realistas como conceituais.

Os modelos tridimensionais de universo, que analisamos por último, parecem sintetizar bem este quadro, vimos que praticamente todos eles, especialmente os modelos “em camadas”, são conformados por uma mescla de noções realistas ingênuas e conceituais.

Este amálgama de conceitos, esse processo de interação entre noções vinculadas à vivência concreta e noções abstratas, científicas, resultantes da mediação cultural, por nós detectado, parece ser bem descrito por Vygostky³²:

“Poder-se-ia dizer que o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente, enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente, para um nível mais elementar e concreto. Isso decorre das diferentes formas pelas quais os dois tipos de conceitos surgem. Pode-se remontar a origem de um conceito espontâneo a um confronto com

³² VYGOTSKY, 1996, p. 93-94.

uma situação concreta, ao passo que um conceito científico envolve, desde o início, uma atitude “mediada” em relação a seu objeto.

Embora os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvam em direções opostas, os dois processos estão intimamente relacionados ... Ao forçar sua lenta trajetória para cima [em direção ao geral e abstrato], um conceito cotidiano abre o caminho para um conceito científico e o seu desenvolvimento descendente [em direção ao particular e concreto] ... Os conceitos científicos, por sua vez, fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos da criança em relação à consciência e ao uso deliberado. Os conceitos científicos desenvolvem-se para baixo por meio dos conceitos espontâneos; os conceitos espontâneos desenvolvem-se para cima por meio dos conceitos científicos.”.

Esta interpretação do processo de desenvolvimento dos conceitos parece bem aplicável ao nosso caso. Por exemplo vimos que as concepções de Terra apresentadas pelas crianças e sua evolução é resultante da interação entre a concepção ligada à experiência concreta de uma Terra plana, com uma vertical absoluta e a noção abstrata de uma Terra esférica cercada de espaço, com uma direção vertical relativa. Vimos que, na sucessão de modelos que detectamos, a concepção espontânea de um chão plano gradualmente vai se transformando, evoluindo e sendo conciliada com a noção de que a superfície da Terra é esférica, ao mesmo tempo que a noção abstrata de Terra acaba evoluindo no sentido de se tornar aplicável ao próprio lugar onde vivemos. Com a noção de céu também pudemos perceber nitidamente este tipo de evolução: iniciando como um conceito espontâneo, realista ingênuo, marcadamente sensorial, acaba por se transformar num conceito abstrato e geral que coincide com a própria noção de espaço cósmico. Nos modelos de universo também percebemos o mesmo: a distribuição espacial dos astros, inicialmente realista ingênua, “no alto”, sobre a Terra, evolui para uma distribuição em que os astros gradualmente vão “descendo” e dispendo-se a toda a volta de nosso planeta, ao mesmo tempo que, aos poucos, a noção abstrata, científica, de universo vai se tornando aplicável aos astros com os quais temos familiaridade: o Sol, a Lua, as estrelas, também a medida que estes vão “descendo” e nivelando-se à Terra.

- A metodologia utilizada, envolvendo a construção de modelos tridimensionais e a filmagem da entrevista, mostrou-se eficaz e foi fundamental

para a obtenção de resultados quanto às concepções das crianças acerca da estrutura espacial do universo, originando dados que forneceram subsídios essenciais à descrição e interpretação dos universos por elas concebidos em termos da natureza de seu conhecimento, marcada pela polaridade realismo-racionalismo. Isso permitiu a construção de uma interpretação dos modelos tridimensionais de universo capaz de explicar o que nos pareceu ser o seu traço mais marcante: a divisão em camadas de grande parte dos modelos.

- A evolução das concepções infantis com a idade vai no sentido do pólo conceitual, porém isto não significa de modo algum que este processo se realize de modo pleno e que as crianças mais velhas e adolescentes acabem por adquirir uma concepção puramente conceitual: é bastante comum, mesmo entre os jovens acima de 12 anos, concepções fortemente marcadas pelo realismo ingênuo. Thi (14 anos), por exemplo, acredita numa vertical absoluta e acha que o céu e todos astros situam-se apenas no espaço que fica “acima” do planeta Terra.

Tampouco o uso de noções conceituais significa que elas tenham sido compreendidas de fato, no seu sentido original. Estas noções são geradas num contexto racionalista, em que os conceitos fazem parte de uma rede de relações racionais, ou seja, o conceito só adquire seu pleno sentido quando se compreendem também as relações lógicas em que acha-se envolvido. Como pudemos perceber, é freqüente uma assimilação descontextualizada de enunciados que são repetidos pelas crianças, mas cujo sentido original se perdeu. Fer, por exemplo, citou que “*o Sol é uma estrela*”, mas em momento algum pareceu estabelecer algum tipo de relação ou associação efetiva entre ambos, Gab diz que “*a Terra fica girando*”, mas não usa isso para dar uma resposta à pergunta acerca de onde estão o Sol e a Lua quando não estão aparecendo no céu.

- As concepções das crianças mais jovens com relação ao universo têm como uma de suas características a fluidez, a alternância entre a perspectiva realista ingênua e a conceitual. A metodologia utilizada, que retomava as

mesmas noções em distintos momentos da entrevista, evidenciou de maneira inequívoca a utilização de concepções diferentes (uma ligada ao pólo realista ingênuo, outra ao conceitual) pela mesma criança, sendo possível notar que o uso de uma ou outra parece ser dependente do contexto. Por exemplo a concepção de Terra que denominamos de “Terra-chão” era utilizada em associação a uma situação mais concreta, quando se perguntava onde vivemos, enquanto que a de “Terra-planeta” era usada quanto se tratava de um contexto mais abstrato, associado a viagens espaciais e astronautas (como nos casos de Gab, Jos e Cris). Em termos da discussão que fizemos no início deste item poderíamos dizer que isso ocorre porque os conceitos, tanto “espontâneos” como “científicos” das crianças mais jovens, relativos ao universo, ainda não acham-se suficientemente desenvolvidos: os primeiros em generalidade e abstração, os segundos em especificidade e concretude, permanecendo assim em esferas distintas.

I.2. RESULTADOS REFERENTES ÀS REPRESENTAÇÕES DO UNIVERSO DE ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL APRESENTADOS EM ARTIGOS INTERNACIONAIS

O tema das representações infantis relacionadas ao universo, sobretudo com relação à Terra, sua forma e características enquanto corpo cósmico, não é novo nas revistas científicas voltadas à pesquisa em ensino e em psicologia cognitiva. Há cerca de vinte anos atrás, Nussbaum e Novak³³ publicaram um artigo que reportava resultados com relação à concepção de Terra de crianças do segundo ano primário do estado de Nova York, nos Estados Unidos. Nele os autores mostravam que as crianças apresentavam uma série de noções qualitativamente distintas, desde uma idéia de Terra plana até a de uma Terra esférica, consistente com a noção científica, e diversas noções intermediárias. Os autores levantaram cinco tipos básicos de noções (veja fig. 14 e 15).

Este trabalho inicial motivou mais duas pesquisas, feitas por Nussbaum e por Mali e Howe³⁴, cujos resultados foram publicados em 1979. Nestes trabalhos os autores basicamente expandiram a pesquisa anterior acerca das concepções de Terra, abrangendo uma faixa etária mais ampla, em países com culturas bem diversas: Nussbaum realizou sua investigação com crianças de quarta a oitava série, em Israel; Mali e Howe com crianças de 8, 10 e 12 anos, de primeira a sétima série, no Nepal. Estes estudos confirmaram a presença, praticamente, do mesmo “espectro” de noções apontado no estudo de 1976 em todas as faixas etárias, nas duas nações, mudando apenas o perfil da distribuição de freqüências de casos classificados em cada categoria de noção, conforme a faixa etária e escolaridade. A tendência observada, como seria de se esperar, foi de um crescimento na freqüência de concepções mais próximas da científica com o aumento da idade e escolaridade.

Um trabalho realizado no Brasil³⁵, cujo objetivo era investigar a noção de campo físico (gravitacional e eletromagnético) mas que, subsidiariamente, também realizou uma sondagem acerca da noção de Terra, abrangendo

³³ NUSSBAUM e NOVAK, 1976.

³⁴ NUSSBAUM, 1979; MALI e HOWE, 1979.

³⁵ NARDI, 1989.

estudantes de todas as séries do ensino fundamental e alguns do ensino médio, também chegou a resultados que revelaram uma “surpreendente semelhança”³⁶ com os dos trabalhos anteriormente citados com relação aos tipos básicos de noções sobre a Terra.

Outra pesquisa, realizada por Baxter na Inglaterra³⁷, com crianças e adolescentes de 9 a 16 anos, investigou não apenas a noção de Terra, mas também com relação a outros fenômenos astronômicos tradicionalmente abordados no ensino fundamental: a sucessão de dias e noites, as fases da Lua e as estações do ano. Com relação à Terra, obteve, mais uma vez, resultado análogo aos trabalhos anteriores no que se refere ao “espectro” de noções. Quanto aos demais fenômenos, Baxter mostra que ocorre algo parecido com o revelado pela noção de Terra: em todos os casos há uma grande dispersão de noções que vão desde as mais ingênuas, que usam elementos familiares, como montanhas e nuvens, para a explicação dos eventos, até as mais próximas das explicações científicas, passando por vários tipos intermediários.

Mais recentemente, há artigos de Vosniadou e Brewer³⁸, o primeiro acerca, mais uma vez, da noção de Terra e, o segundo, sobre o ciclo dia/noite, baseados numa pesquisa feita com crianças de 1^a, 3^a e 5^a séries, do estado de Illinois, EUA. Estes autores se baseiam num novo referencial teórico, inspirado na Psicologia Cognitiva, que utiliza a idéia de “modelo mental” para descrever as concepções das crianças. Uma das principais diferenças entre estes artigos e os anteriores é que neles não é feito apenas o levantamento do “espectro” de noções, que nos parece ser a essência de todos os demais, mas esboçam um modelo teórico que busca explicar este “espectro”, isto é, a seqüência de diferentes noções, como o resultado de uma reinterpretação de pressuposições acerca do mundo físico. Segundo os autores, estas pressuposições, como, por exemplo, “o chão é plano”, seriam extraídas da experiência cotidiana e se oporiam às concepções científicas, impondo restrições aos modelos mentais que as crianças poderiam formar.

A seguir apresentamos um resumo dos resultados apresentados neste artigo com relação às noções das crianças sobre a Terra, o ciclo dia/noite, as fases da Lua e as estações do ano.

³⁶ NARDI, 1989, p.180.

³⁷ BAXTER, 1989.

A TERRA

A noção de Terra foi, de longe, o tema mais investigado, 5 dos 6 artigos o abordam. O artigo inicial de Nussbaum e Novak (1976) desempenhou um papel muito importante, pois serviu de referência para a maioria dos demais. Neste primeiro artigo os autores classificam as respostas das crianças em cinco tipos de “noções” tomando como parâmetros básicos a forma da Terra, a noção do espaço em que ela se acha inserida e a direção da gravidade. Estas noções acham-se esquematicamente representadas nas figuras 14 e 15 e são sucintamente descritas a seguir:

Noção 1: sua característica fundamental é a crença de que a Terra é plana. Algumas crianças nela classificadas referem-se a uma Terra esférica, porém não a consideram como o lugar onde vivemos. Segundo algumas dessas crianças a Terra esférica ficaria no céu e, para vê-la, devemos olhar para o alto. Outras características marcantes desta noção são a ausência da idéia de espaço circundando a Terra e a existência de uma vertical absoluta. Exemplos de concepções classificadas neste tipo de noção são apresentadas à figura 17.

Noção 2: as crianças já afirmam que a Terra é redonda, sendo, inclusive, capazes de apresentar argumentos que comprovam este fato, porém ainda não possuem a idéia de um espaço ilimitado que a cerca, ao contrário, a imaginam num espaço que é limitado superiormente pelo céu e inferiormente por um chão de superfície plana formado por terra ou água. A vertical continua sendo considerada absoluta na Terra e em todo o espaço limitado em que ela se encontra.

Noção 3: as crianças acreditam que a Terra é redonda e já possuem a idéia de que ela se situa num espaço ilimitado, porém ainda acreditam numa vertical absoluta, válida para a Terra e para todo o espaço que a circunda.

³⁸ VOSNIADOU e BREWER, 1992 e 1994.

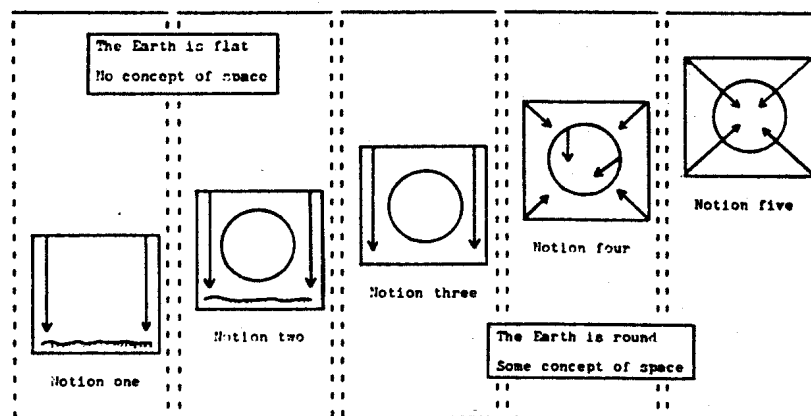


Figura 14: Reprodução da figura 11 do artigo de Nussbaum e Novak (1976): representação esquemática dos tipos de noções das crianças com relação à Terra. As setas apontam na direção e sentido que as crianças imaginam ser “para baixo”.

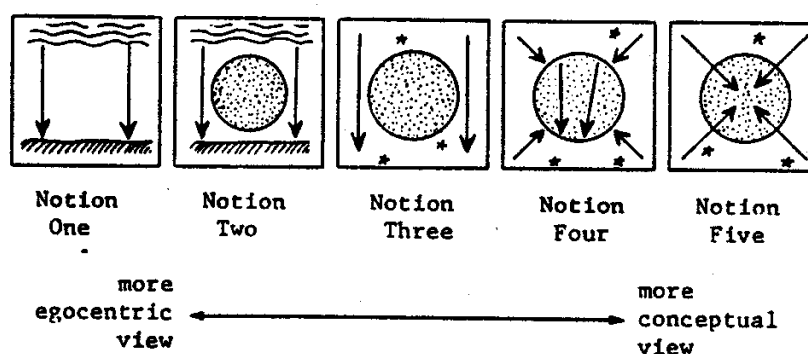


Figura 15: Reprodução da figura 1 do artigo de Nussbaum (1979): representação esquemática dos tipos de noções de Terra levantados no artigo anterior (Nussbaum e Novak, 1976), incluindo a representação do céu/espço imaginado pela criança.

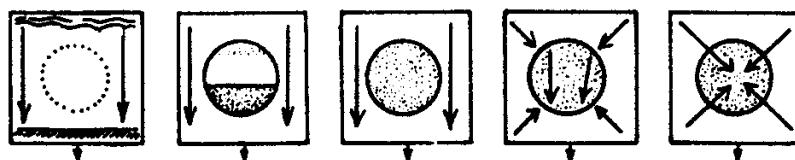


Figura 16: Reprodução de parte da figura 4 do artigo de Nussbaum (1979): representação esquemática da sequência dos cinco tipos básicos de noções de Terra propostos pelo autor, após modificação nas categorias 1 e 2 usadas no artigo anterior (fig.15).

Noção 4: a Terra é redonda, cercada de espaço e a vertical já é considerada relativa sobre a superfície da Terra e no espaço que a cerca, apontando na direção da Terra, porém, no interior da Terra, ainda é considerada absoluta, apontando na direção de seu eixo, “de cima para baixo”.

Noção 5: concepção compatível com a científica: a Terra é redonda, fica num espaço ilimitado e a direção vertical aponta sempre para o centro da Terra.

No artigo posterior de Nussbaum (1979), esta classificação sofreu uma ligeira modificação: as noções 1 e 2 foram fundidas numa única categoria, que passou a constituir a nova noção 1, e uma outra noção foi identificada, passando a ser definida como a nova noção 2.

A fusão das antigas noções 1 e 2 numa única categoria, englobando as duas anteriores, justificava-se, segundo argumenta o autor, pelo fato de serem noções próximas, já que em ambas estava presente a crença de que existe um chão plano, de que o céu é também alguma coisa plana e paralela ao chão e em ambas estava ausente a idéia de espaço cósmico. O critério principal que anteriormente servia de base a uma distinção entre ambas era o de que as crianças classificadas na noção 1 não evidenciavam possuir qualquer informação científica relevante sobre a forma da Terra, enquanto que, no caso da noção 2, as crianças já sabiam apresentar algum tipo de prova ou argumento a favor da idéia de que a Terra é redonda, tais como a viagem de Colombo e projetos espaciais, embora, no fundo, acreditassem na existência de um chão plano. Contudo, exemplos colhidos pelo autor em seu novo estudo mostraram que mesmo estas provas eram interpretadas de maneira totalmente distorcidas pelas crianças, como nos exemplos esquematizados à fig. 18 (a-c), sendo completamente assimiladas à idéia de uma Terra plana. Por esses motivos, o autor optou pela fusão das duas categorias antigas.

The child believes the Earth we live on is flat and . . .

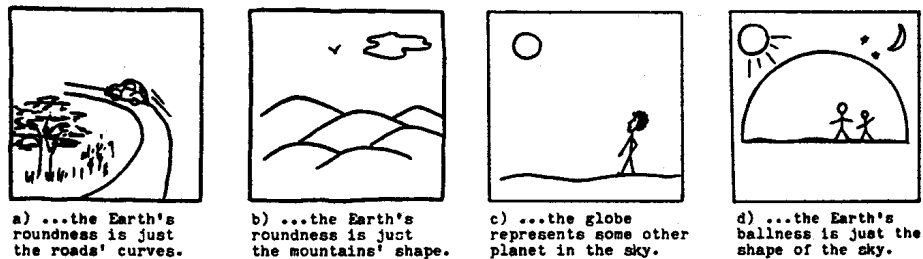


Figura 17: Reprodução da figura 6 do artigo de Nussbaum e Novak (1976): esquemas representando exemplos típicos de respostas de crianças classificadas como possuindo a noção 1 definida neste artigo.

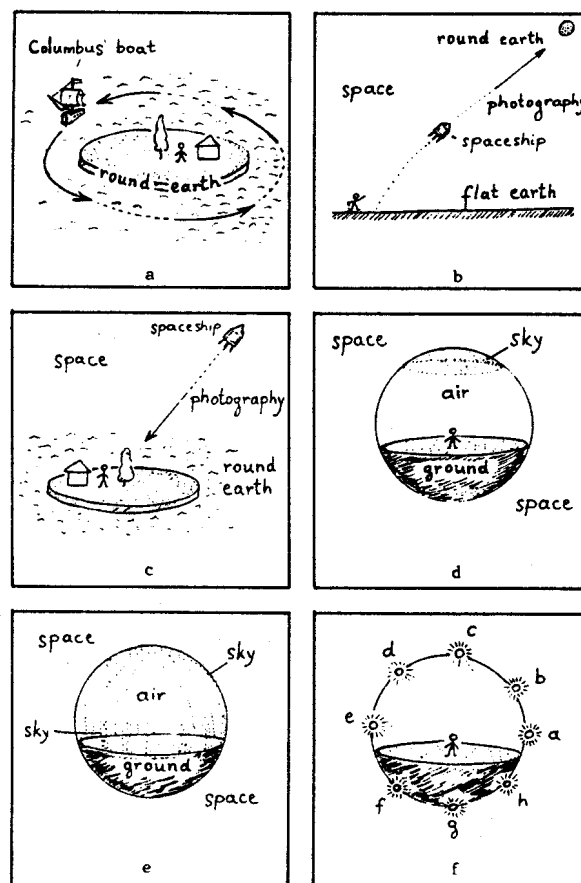


Figura 18: Reprodução da fig. 3 do artigo de Nussbaum (1979): representações esquemáticas de noções apresentadas por crianças classificadas como possuindo as noções 1 (a-c) e 2 (d-f) de Terra definidas pelo autor neste artigo.

O novo tipo de noção identificado por Nussbaum (1979) é o de que a Terra é uma bola imensa que é dividida em dois hemisférios: o inferior, feito de terra e rochas, apresenta uma superfície plana, onde vivem as pessoas, enquanto que, o superior, é feito de ar e/ou céu. Segundo esta concepção as pessoas vivem dentro da Terra. Do lado de fora existe o espaço, que é vazio ou sem oxigênio. Alguns exemplos desta nova categoria, definida pelo autor como sendo a sua noção 2, acham-se esquematicamente representados à figura 18(d-f).

As demais categorias (noções 3 a 5) continuaram sendo caracterizadas da mesma maneira que no primeiro artigo. O conjunto completo de noções utilizadas por Nussbaum neste artigo acha-se esquematicamente representado à figura 16.

O trabalho de Mali e Howe (1979) repetiu exatamente a mesma metodologia e categorização utilizada no artigo original de Nussbaum e Novak (1976), aplicando-as numa pesquisa com crianças do Nepal. Os autores relatam que constataram que as noções apresentadas pelas crianças nepalesas eram similares às levantadas no estudo de Nussbaum e Novak com crianças americanas. A única novidade com relação às categorias de noções foi que, devido ao fato de o número de crianças que apresentaram a noção 1 ter sido bem maior, isso fez com que fosse conveniente subdividi-la em três “subnoções”, exemplificadas esquematicamente à figura 19 e caracterizadas pelos autores da seguinte maneira:

Noção I(a): a criança não tinha qualquer tipo de conceito de Terra, jamais tendo ouvido esta palavra antes. Quando essa palavra e seu significado eram introduzidos, a criança revelava não ter nenhuma idéia sobre a forma da Terra a não ser conforme ela a vê ao seu redor. Não há também qualquer noção de gravidade.

Noção I(b): a criança já tem familiaridade com a palavra “Terra”, já ouviu que ela é redonda, mas pensa que é um grande disco, com tudo que pode ser visto em sua superfície. Podem haver inúmeras camadas deste mundo em forma de panqueca. Não existe espaço livre abaixo. A forma também pode ser triangular ou retangular. A criança pensa que as coisas caem verticalmente “para baixo”.

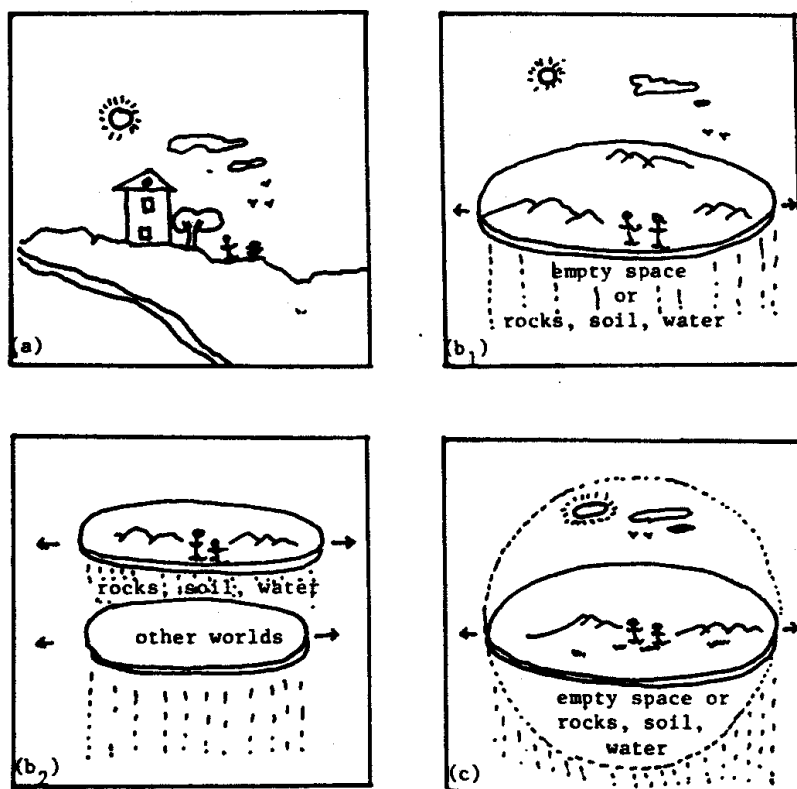


Figura 19: Reprodução da fig. 1 do artigo de Mali e Howe (1979): esquemas representando exemplos de concepções de crianças que foram classificadas pelos autores como sendo subdivisões da noção 1 do artigo de Nussbaum e Novak (1976).

Noção I(c): A criança acredita que a Terra tem a forma de uma esfera mas pensa que ela própria e tudo a seu redor se encontram sobre uma superfície plana que corta o centro da esfera, com a abóbada celeste sobre si e, possivelmente, com uma outra calota por baixo, formando assim uma esfera.

Percebemos que a última “subnoção”, a I(c), corresponde exatamente à nova categoria apontada por Nussbaum (1979) no seu estudo com crianças israelenses.

No artigo de Baxter (1989), o autor relata ter observado quatro tipos de concepções acerca da Terra, tomando como parâmetros a forma da Terra, a região da Terra em que vivem as pessoas e a direção da gravidade (na qual caem as gotas de chuva). Na figura 20 reproduzimos as representações esquemáticas destes quatro tipos de noções, bem como a descrição breve de cada uma delas feita pelo autor. É possível perceber a similaridade desta classificação com as anteriores, de Nussbaum e Novak (1976) e Nussbaum (1979). A atenção, dada por Baxter, à questão da localização das pessoas na Terra fez como que ele discernisse dois tipos de Terra esférica com vertical absoluta: uma com as pessoas vivendo apenas sobre o hemisfério superior (noção 2) e outra com pessoas vivendo sobre toda a Terra (noção 3), embora, curiosamente, ele não faça referência à noção que considera as pessoas vivendo dentro da Terra, como na noção 2 de Nussbaum (1979). Já as noções 1 e 4 de Baxter correspondem, respectivamente, às noções 1 e 4 (ou 5) de Nussbaum (1979).

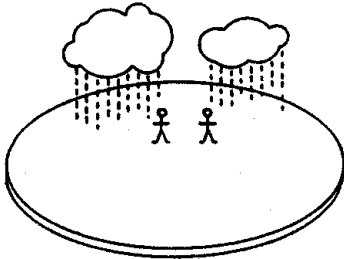
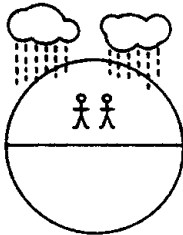
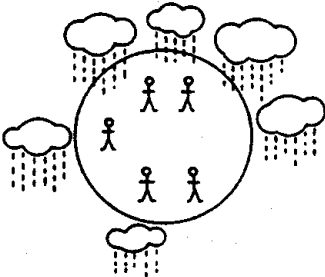
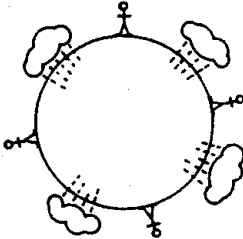
Notion	Drawing
<u>Notion 1</u> Earth shaped more like a saucer.	
<u>Notion 2</u> Earth sphere shaped but idea of up and down still persists. People only live on upper half.	
<u>Notion 3</u> Earth sphere shaped. People living all over the surface but idea of up and down still persists.	
<u>Notion 4</u> Correct view. People living all over the Earth and 'down' towards the centre of the Earth.	

Figura 20: Reprodução da figura 2 do artigo de Baxter (1989): esquemas representando os quatro tipos de noções de Terra e gravidade levantadas pelo autor.

O trabalho mais recente de Vosniadou e Brewer (1992), como já nos referimos, difere dos demais por utilizar na descrição das concepções a idéia de “modelo mental”, que seria um tipo de representação caracterizada por ser “*um análogo do estado de coisas (percebidas ou concebidas) que ele representa*”³⁹, conceituação que é extraída da obra de Johnson-Laird⁴⁰ e que é caracterizada por Moreira⁴¹ como sendo uma “*terceira via para a questão imagens x proposições*”, ou seja, o modelo mental não seria nem uma representação analógica/imagística, nem proposicional, mas uma síntese de ambas que corresponderia a um “análogo estrutural do mundo”⁴². A representação da Terra é concebida, portanto, segundo este ponto de vista, como uma representação que envolve uma articulação de imagens e proposições.

Como base nos dados colhidos em 60 entrevistas, Vosniadou e Brewer levantaram seis tipos de modelos mentais de Terra, esquematicamente representados na figura 21. O modelo da Terra esférica corresponderia ao modelo científico, enquanto que os outros cinco seriam modelos alternativos, divididos pelos autores em iniciais e sintéticos.

Os modelos iniciais seriam aqueles que parecem ser construídos pelas crianças antes de elas serem expostas à informação culturalmente aceita de que a Terra é uma esfera. Nesta categoria estariam incluídos os modelos da Terra retangular e da Terra em forma de disco. As crianças que possuem o modelo da Terra retangular acreditam que ela é plana e tem a forma de um retângulo, enquanto que as que apresentam o modelo da Terra em forma de disco a concebem como plana e redonda.

³⁹ VOSNIADOU e BREWER, 1992, p.543.

⁴⁰ JOHNSON-LAIRD, 1983.

⁴¹ MOREIRA, 1997.

⁴² MOREIRA, 1997, p.1-4.

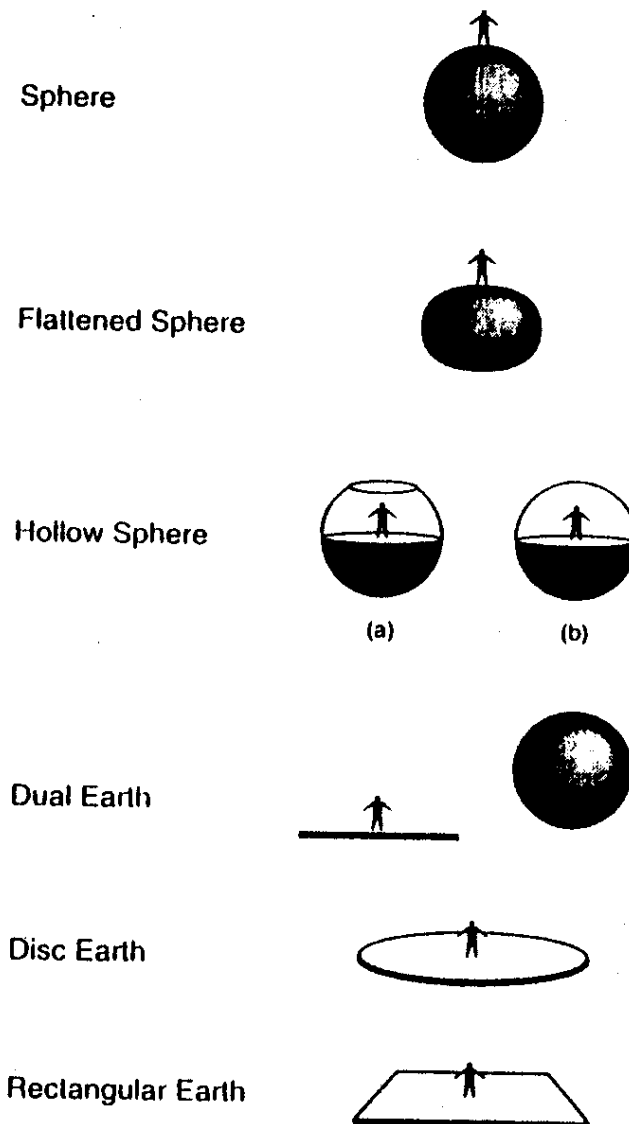


Figura 21: Reprodução da figura 1 do artigo de Vosniadou e Brewer (1992): esquemas representando os seis tipos de noções de Terra levantados pelos autores.

Os chamados “modelos sintéticos”, por sua vez, são interpretados pelos autores como tentativas, por parte das crianças, de conciliar suas pressuposições extraídas de sua experiência cotidiana com a informação que recebem da cultura adulta de que a Terra é uma esfera. Ao formar estes modelos sintéticos, as crianças estariam tentando assimilar a informação de que a Terra é uma esfera, em suas estruturas cognitivas preexistentes, de uma maneira tal que permitisse a elas reter o máximo possível de suas pressuposições.

Os autores apontam duas pressuposições fundamentais que imporiam restrições aos modelos mentais formados pelas crianças: as crenças de que “o chão é plano” e a de que “coisas soltas caem”. Segundo a interpretação dos autores, a razão pela qual as crianças achariam difícil acreditar que a Terra é esférica seria porque seu pensamento operaria sob a restrição destas pressuposições, que são inconsistentes com a informação culturalmente aceita de que a Terra é uma esfera. Somente a medida em que conseguem revisar, ou reinterpretar suas pressuposições é que as crianças iriam sendo capazes de conceber modelos mais próximos do científico. Esta interpretação tem o mérito de poder dar uma certa explicação à sucessão de modelos sintéticos por eles identificados: o da Terra dual, o da esfera oca e o da esfera achatada, através de uma revisão gradual de pressuposições, onde cada uma delas pode ser reinterpretada independentemente da outra.

Segundo o modelo da Terra dual, existe uma Terra redonda que fica no alto, no céu e uma Terra plana na qual as pessoas vivem. Este modelo seria o mais simples dos sintéticos, pois não requer a revisão de nenhuma das pressuposições da criança, correspondendo a uma simples justaposição dos modelos da Terra plana com o de uma Terra esférica.

O modelo da esfera oca é caracterizado pela crença de que a Terra é esférica mas que as pessoas vivem numa superfície plana dentro desta esfera, não em sua superfície. Este modelo já implicaria na revisão, por parte da criança, da pressuposição de que a Terra necessita ser sustentada por alguma coisa, como chão ou água. O pressuposto de que “coisas soltas caem” já não é mais aplicado à Terra como um todo, permitindo que ela seja concebida como suspensa no espaço, porém ainda o é para as pessoas e coisas em sua

superfície. Já a pressuposição de que o chão é plano é inteiramente preservada.

As crianças que apresentam o modelo da esfera achatada, por sua vez, acreditam que a Terra tem a forma de uma panqueca espessa, redonda nos lados, mas plana no topo e embaixo e que as pessoas vivem nestas duas regiões planas. Este modelo já implica na revisão da pressuposição de que “coisas soltas caem” tanto para a Terra como um todo como para as coisas e pessoas em sua superfície, as quais, mesmo estando na parte “debaixo”, já não caem mais.

Embora não tenha sido inferido por Vosniadou e Brewer a partir de seus dados, continuando nesta linha de raciocínio, seria natural imaginar a ocorrência de um modelo em que a forma da Terra é a de uma esfera perfeita, porém no qual as pessoas vivessem só no seu topo, na parte “de cima” da Terra. Neste modelo já estaria levantada a pressuposição de que “o chão é plano”, porém ainda não teria sido revista a pressuposição de que “coisas soltas caem” no que tange às pessoas e coisas. Este modelo, contudo, foi apontado por Baxter (1989), correspondendo à sua noção 2.

Vosniadou e Brewer relatam também que apenas uma minoria das crianças de sua amostra utilizava o modelo científico, sendo mais comum o uso dos modelos sintéticos. O uso destes modelos alternativos, contudo, seria feito de maneira consistente e não contraditória, segundo os autores.

Apesar da diferença de abordagem, mais uma vez, é fácil perceber a grande convergência dos resultados obtidos por Vosniadou e Brewer (1992) com os dos trabalhos anteriores: o mesmo “espectro” de “noções” ou “modelos mentais” repete-se, com ligeiras variações.

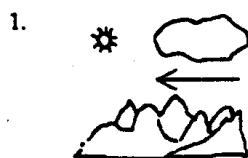
OS DIAS E NOITES

O tema do ciclo dia/noite é abordado em dois artigos: no de Baxter (1989) e em Vosniadou e Brewer (1994). Nas figuras 22 e 23 são apresentados os esquemas e explicações sucintas das noções das crianças acerca das razões de ocorrência deste ciclo levantadas nos dois trabalhos.

Como no caso da Terra, mais uma vez observa-se um “espectro” de noções entre os extremos das concepções mais ingênuas, baseadas na experiência cotidiana e o da concepção científica, com várias concepções intermediárias. Novamente observa-se uma nítida convergência entre os “espectros” levantados em ambos os trabalhos.

Vosniadou e Brewer, como no caso da concepção de Terra, adotam uma abordagem que trabalha com o conceito de modelo mental e dividem o conjunto de modelos por eles inferidos em iniciais, sintéticos e “científicos”, dando a estes termos o mesmo significado que já discutimos no item anterior: os modelos iniciais seriam aqueles que não evidenciam influências culturais, enquanto que os sintéticos representariam tentativas de conciliação entre a os dados da experiência cotidiana e o modelo científico, culturalmente aceito. A formação dos modelos sintéticos é descrita por estes autores através de um modelo teórico semelhante ao usado na interpretação dos modelos de Terra: ela se daria através de um processo de reinterpretação de pressuposições acerca da Terra, do Sol e da Lua, as quais restringiriam os modelos elaborados pelas crianças. As pressuposições que parecem mais significativas no caso de ciclo dia/noite são as referentes à forma da Terra (plana ou esférica) e ao movimento do Sol.

Initial Mental Model



The sun is occluded by clouds or darkness.

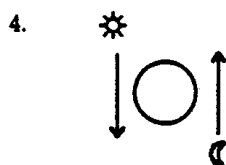


The sun moves out into space.

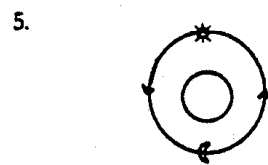


The sun and the moon move up/down on the ground.

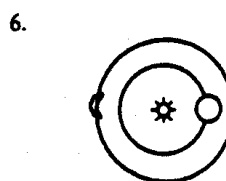
Synthetic Mental Models



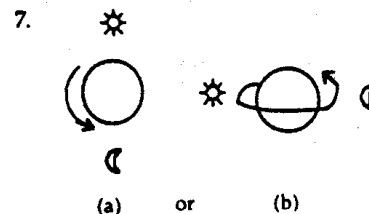
The sun and the moon move up/down to the other side of the earth.



The sun and the moon revolve around the earth once every day



The earth and the moon revolve around the sun every 24 hours.



The earth rotates up/down or west/east. Sun and moon are fixed at opposite sides.

"Scientific" Mental Models



The earth rotates west/east. Sun is fixed but moon revolves around earth.

Figura 22: Reprodução da fig. 5 do artigo de Vosniadou e Brewer (1994): esquemas representando os oito tipos de noções acerca do ciclo dia/noite inferidos pelos autores.

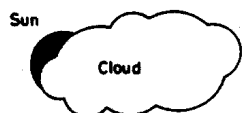
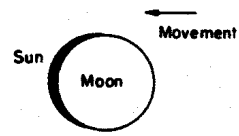
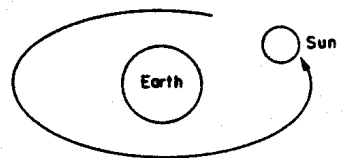
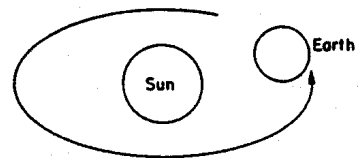
Notion	Drawing
<u>Notion 1</u> Sun goes behind hill.	
<u>Notion 2</u> Clouds cover the Sun.	
<u>Notion 3</u> Moon covers the Sun.	
<u>Notion 4</u> Sun goes around the Earth once a day.	
<u>Notion 5</u> Earth goes around the Sun once a day.	
<u>Notion 6</u> Earth spins on its axis once a day.	

Figura 23: Reprodução da figura 4 do artigo de Baxter (1989): esquemas representando as 6 noções acerca do ciclo dia/noite levantadas pelo autor.

AS FASES DA LUA E AS ESTAÇÕES DO ANO

As noções de crianças e adolescentes acerca das fases da Lua e das estações do ano também são abordadas no artigo de Baxter (1989). Os esquemas indicativos das noções levantadas pelo autor e sua descrição sucinta são apresentados às figuras 24 e 25. Mais uma vez, nos dois casos, percebe-se a ocorrência de diversas noções qualitativamente diferentes que vão desde explicações dadas em termos de objetos próximos e familiares, como as nuvens, até aquelas que coincidem com as explicações científicas, passando por vários tipos intermediários, prevalecendo quantitativamente as noções intermediárias: as fases da Lua geralmente são explicadas pelas crianças em termos da projeção da sombra da Terra sobre o satélite e, as estações do ano, em termos da maior ou menor proximidade do Sol.

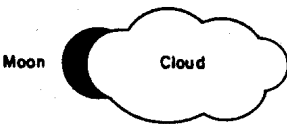
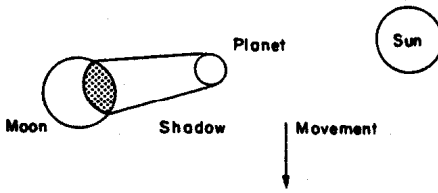
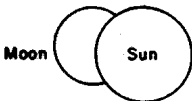
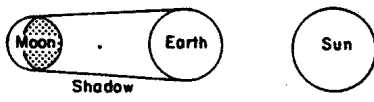
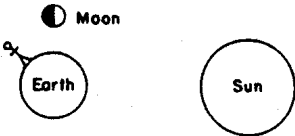
Notion	Drawing
Notion 1 Clouds cover part of the Moon. No pattern but full Moon is seen in summer when there are fewer clouds.	
Notion 2 Planets cast a shadow on the Moon. Pupils thought there may be some regularity to the changes but were not sure what it was.	
Notion 3 Shadow of the Sun falls on the Moon. Pupils unsure about regularity.	
Notion 4 Shadow of the Earth falls on the Moon. Some regularity observed; four related it to a period of one month.	
Notion 5 Phases of Moon explained in terms of portion of illuminated side of the Moon visible from the Earth. One pupil related it to a period of one month.	

Figura 24: Reprodução da figura 6 do artigo de Baxter (1989): esquemas representando as cinco noções acerca das fases da Lua levantadas pelo autor.

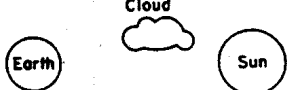
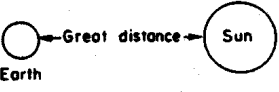
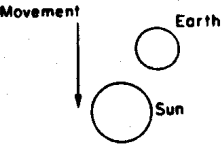
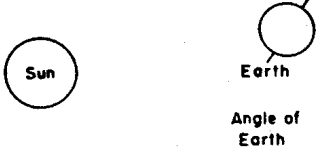
Notion	Drawing
<u>Notion 1</u> Cold planets take heat from the Sun.	
<u>Notion 2</u> Heavy winter clouds stop heat from the Sun.	
<u>Notion 3</u> Sun further away from the Earth in the winter.	
<u>Notion 4</u> Sun moves to the other side of the Earth to give them their summer.	
<u>Notion 5</u> Changes in plants cause the season	No diagram
<u>Notion 6</u> Seasons explained in terms of the Earth's axis being set at an angle to the Sun's axis.	

Figura 25: Reprodução da figura 8 do artigo de Baxter (1989): esquemas representando as 6 noções acerca das estações do ano levantadas pelo autor.

I.3. REPRESENTAÇÕES DO UNIVERSO NA CRIANÇA: CONTRIBUIÇÕES DE JEAN PIAGET

Em sua vasta obra, majoritariamente dedicada ao estudo do desenvolvimento cognitivo na criança, Piaget aborda questões de fundo envolvidas no processo de conhecimento e representação do mundo cuja relevância para o ensino de Ciências é indiscutível: a questão do egocentrismo infantil inato e seus inúmeros desdobramentos (causalidade moral, realismo, animismo, artificialismo, finalismo, sincretismo etc.); a construção e desenvolvimento das categorias de espaço, objeto, tempo e causalidade; o problema da passagem do concreto ao formal; a existência de estágios de desenvolvimento; etc.

Piaget era um psicólogo, não um educador. A ênfase de seus estudos recaía sobretudo na análise das estruturas lógicas subjacentes ao processo de desenvolvimento cognitivo, sem preocupar-se diretamente com a evolução das idéias das crianças com relação a conteúdos específicos trabalhados no ensino. Contudo, o modelo teórico elaborado por ele e seus colaboradores e diversos resultados por eles obtidos constituem auxiliares preciosos à compreensão da origem e evolução das concepções apresentadas pelas crianças.

No nosso caso, em que o objetivo é o levantamento das representações infantis acerca do universo, observamos que, especialmente as suas obras acerca da representação do mundo e do espaço na criança⁴³, fornecem elementos valiosos para a descrição e interpretação dos resultados que apresentamos nas duas seções anteriores.

A seguir apresentamos um resumo das idéias de Piaget expressas nas obras acima citadas que nos pareceram pertinentes à nossa análise.

⁴³ PIAGET, 1926 e 1993.

A REPRESENTAÇÃO DO MUNDO

Em “A Representação do Mundo na Criança” (Piaget, 1926) o objetivo é estudar que representações do mundo surgem espontaneamente nas crianças ao longo dos diferentes estágios de seu desenvolvimento. Segundo o autor, este problema se divide em dois: o da realidade e o da causalidade. O da realidade consiste em saber até que ponto a criança é capaz de distinguir seu próprio eu do mundo externo e, o da causalidade, em descobrir que tipo de causalidade é usada pela criança.

A questão da realidade é desenvolvida pelo autor através da investigação, pelo método clínico, das noções das crianças acerca da realidade do pensamento, dos nomes e dos sonhos, e também através de uma discussão dos sentimentos de participação e da magia infantis. Piaget conclui que, nas crianças mais jovens, o pensamento é materializado, confundindo-se com a voz (“pensar é falar”) e com as próprias coisas, pois, para essas crianças, as palavras fazem parte das coisas e não há nada de subjetivo no ato de pensar. Ocorre também uma indistinção entre o signo e significado, objeto mental e a coisa por ele representada. A idéia e o nome do Sol, por exemplo, são concebidos como fazendo parte do Sol e como emanando dele. O nome do Sol parece, para a criança, implicar o calor, a cor, a forma do Sol. Com os sonhos, semelhantemente, ocorre uma indiferenciação entre os mesmos as coisas sonhadas, a imagem sonhada é suposta como emanando da coisa ou da pessoa que a imagem representa: quando a criança sonha com a escola, por exemplo, para ela o sonho está “na escola”.

Por outro lado também são espontâneas na criança a aparição de sentimentos de participação e a magia. A participação, entendida como a crença de que há relação entre dois seres ou dois fenômenos, uma identidade, uma influência estreita de um sobre o outro, sem que haja entre eles contato espacial ou conexão causal inteligível. A participação desdobra-se em magia quando o indivíduo crê que pode fazer uso das relações de participação para modificar a realidade⁴⁴.

Todos esses resultados, portanto, confluem para a constatação de que a criança jovem não distingue o seu eu do mundo externo. O pensamento infantil

⁴⁴ PIAGET, 1926, p.34, 101-103, 111.

é, assim, fortemente marcado pelo realismo ingênuo, tal como definimos anteriormente no item “considerações epistemológicas” que antecede a apresentação de nossos resultados com as crianças da cidade de S. Paulo. O egocentrismo inato da criança é radical por simples falta de consciência do próprio eu:

“... o pensamento da criança é realista e o progresso consiste em desembaraçar-se deste realismo inicial. Com efeito, durante os estágios primitivos, a criança não tendo ainda a consciência de sua subjetividade, todo o real é disposto em um plano único por confusão dos dados externos e dos dados internos. O real está impregnado de aderências do eu, e o pensamento é concebido sob a forma de matéria física. Do ponto de vista da causalidade, todo o universo é passível de estar em comunicação com o eu e a ele obedecer. Há participação e magia. Os desejos e as ordens do eu são considerados absolutos, porque o ponto de vista próprio é considerado como o único possível. Há egocentrismo integral por falta de consciência do eu.”⁴⁵.

A questão da realidade e, sobretudo, da causalidade infantil é aprofundada ainda através da investigação de mais duas grandes características espontâneas do pensamento infantil: o animismo e o artificialismo. O animismo sendo a tendência de considerar os corpos como vivos e intencionados, enquanto que o artificialismo é a tendência de considerar as coisas como produto da fabricação humana.

Através da investigação, mais uma vez pelo método clínico, da questão da consciência atribuída as coisas, do conceito de vida, e do tipo de necessidade (moral ou determinista) que a criança atribui aos movimentos regulares, às leis da natureza, Piaget conclui que as crianças mais jovens concebem o mundo como uma sociedade de seres vivos obedecendo a um conjunto de regras bem ordenadas, com o homem em primeiro plano. Elas se interessam antes pelo “por que” do que pelo “como” dos fenômenos, onde o “por que” refere-se não à causalidade física e sim à intencionalidade que sempre haveria no mundo físico, como se tudo fosse concebido segundo um plano que beneficiaria os humanos: a noite é para dormir, o sol é para iluminar e aquecer, a Lua para iluminar a noite etc. É a necessidade moral e não o acaso

⁴⁵ op. cit., p.137.

ou a necessidade física que regulamenta o curso das coisas. O mundo natural seria regido, assim, por leis morais e não físicas.

A investigação acerca das concepções infantis sobre a origem dos astros, de fenômenos meteorológicos, das águas, das árvores, das montanhas e da Terra evidenciou o artificialismo espontâneo das crianças, cujas raízes, segundo Piaget, acha-se no fato de a criança conceber qualquer objeto, inclusive os corpos da natureza, como “feitos para...”: o Sol, um lago ou as montanhas são feitos, respectivamente, para esquentar, para ir de navio, para subir; isso porque eles são “feitos para” o homem. Quando se pergunta como se originaram o Sol, o lago, ou a montanha, é no homem que a criança pensa. A tendência de conceber o sol etc. *feitos para* o homem, faz nascer a fórmula: “o sol etc., é *feito pelo* homem”. Segundo Piaget, a passagem do “feito para” ao “feito por” é facilmente explicada se lembrarmos que a criança, cuja existência é organizada pelos pais, considera tudo que é “feito para” ela como “feito por” seu pai ou sua mãe⁴⁶.

As raízes do animismo e do artificialismo repousariam também no egocentrismo, tanto lógico como ontológico:

*“O egocentrismo ontológico é capital para a compreensão do universo infantil. Assim como o egocentrismo lógico nos dá a chave do julgamento e do raciocínio infantis, o egocentrismo ontológico nos dá a da realidade e da causalidade na criança. A pré-causalidade e o finalismo derivam, na verdade, diretamente deste egocentrismo, posto que eles consistem em confundir as ligações causais e físicas com as ligações de motivação psicológica, como se o universo tivesse o homem como centro. O animismo e o artificialismo são as justificações destas ligações primitivas. O dinamismo integral, de que a meteorologia e a física da criança estão impregnadas, constitui-se enfim por meio dos resíduos destas crenças iniciais.”*⁴⁷.

O universo infantil, segundo as conclusões de Piaget nesta obra é portanto marcado por essas três tendências de seu pensamento: o realismo, o animismo e o artificialismo; e a causalidade por elas concebida seria antes moral do que física. Todas essas tendências e o tipo de causalidade seriam fundados no egocentrismo inato e inconsciente apresentado pelas crianças.

⁴⁶ op. cit., p.289-290.

Segundo os dados obtidos por Piaget essas características do pensamento infantil seriam dominantes até a idade de cerca de 6-7 anos, passando, depois disso, por formas mitigadas sendo superadas somente após os 10-12 anos, na medida em que o próprio egocentrismo vá sendo suplantado pela socialização do pensamento.

Para o nosso trabalho será fundamental, como já indicamos na primeira seção deste capítulo, a consideração, sobretudo da primeira destas tendências: o realismo infantil.

⁴⁷ op. cit., p.138.

A REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO

Em “A Representação do Espaço na Criança” (Piaget e Inhelder, 1993), os autores apresentam pelo menos dois resultados que interessam muito de perto a nosso trabalho: primeiramente o fato de que representação do espaço na criança é, originalmente, do tipo topológico, e não euclidiano. A criança só inicia a conceber um espaço em que distâncias, ângulos, medidas e proporções são relevantes, ou seja, um espaço do tipo euclidiano, a partir dos 8-9 anos. Em segundo lugar, os autores mostram que a coordenação de diferentes pontos de vista, a sua relativização só é atingida pela criança por volta dos 9-10 anos.

Com base em extenso estudo experimental com crianças, Piaget e Inhelder mostram que, para as mais jovens, as relações espaciais fundamentais são do tipo topológico, ou seja, relações de vizinhança, separação, ordem, envolvimento e de continuidade e descontinuidade. Isto significa que a sua concepção de universo será moldada por esta concepção de espaço. Elas conceberão um universo em que a disposição espacial dos astros será regida, sobretudo, por relações topológicas. A ênfase recairá, por exemplo, na vizinhança e na ordem dos astros: o mais próximo, o mais distante, a sequência em que estão dispostos, e não na suas proporções, escalas de distância ou ângulos formados.

Já a capacidade de coordenação de diferentes pontos de vista, de relativização de seu próprio ponto de vista é essencial para a compreensão da articulação existente entre o ponto de vista local, preso a superfície da Terra, no qual vivemos, de onde observamos os astros no céu, e o ponto de vista heliocêntrico, ou “do espaço”, de onde se observaria a Terra toda vista de fora, o qual é utilizado em praticamente todas as explicações acerca dos fenômenos astronômicos básicos trabalhados no ensino fundamental, como, por exemplo, a direção da gravidade, os movimentos da Terra, dias e noites, fases da Lua e estações do ano. Portanto, antes que a criança atinja este tipo de coordenação e relativização de pontos de vista, o ensino e compreensão destes fenômenos básicos ficarão comprometidos.

I.4. CONVERGÊNCIAS, DIVERGÊNCIAS E ARTICULAÇÕES

Os resultados que apresentamos nas três primeiras sessões deste capítulo evidenciam uma série de convergências, algumas poucas divergências e, sobretudo, propiciam algumas articulações que passaremos a discutir.

É notável a convergência e constância dos resultados com relação ao “espectro” de noções, ou modelos mentais de Terra, sobretudo considerando-se a diversidade de faixa etária e culturas nas quais se efetuaram os diversos levantamentos aqui relatados. A composição de todos estes resultados nos fornece um panorama bastante completo e detalhado acerca das diversas possibilidades de representação da Terra nas crianças e jovens. A impressionante regularidade destes modelos parece-nos ter uma explicação que é referida direta ou indiretamente em quase todos os trabalhos e que, em termos da interpretação que adotamos na análise dos resultados que obtivemos na cidade de S. Paulo, pode ser expressa da seguinte maneira:

A representação realista ingênua da Terra é essencialmente a mesma em todos os países, pois todos nós que vivemos em sua superfície compartilhamos praticamente do mesmo ponto de vista, do mesmo tipo de percepção imediata: a Terra nos parece plana, coberta por um céu que parece formar uma camada azul sobre o chão onde vivemos e a direção “para cima” ou “para baixo” nos parece única e absoluta. Usando a expressão de Vosniadou e Brewer (1992), diríamos que as “pressuposições” são as mesmas para todos.

Por outro lado, a representação conceitual da Terra, fornecida pela cultura, marcada pela ciência ocidental, também é idêntica para todos os povos civilizados.

Portanto os dois extremos do “espectro” nocional são idênticos e como as soluções intermediárias não passam de tentativas de conciliação lógica entre estes extremos, a quantidade de alternativas que permitem soluções razoáveis a este dilema é limitada. Aí temos o aparecimento dos modelos da Terra dupla, da Terra oca, da esfera achatada, ou da Terra esférica habitada só em seu topo.

Com quase todos os demais elementos que compõem a noção geral de universo: os astros, o céu, os modelos tridimensionais de universo, processos como o ciclo dia/noite, as fases da Lua e as estações do ano, ocorre exatamente o mesmo que descrevemos acima para o caso da Terra: as representações oscilam entre o extremo realista ingênuo e o conceitual, dando origem a diversos modelos intermediários que correspondem a uma espécie de mistura e busca de conciliação entre os dois extremos, nos quais se percebem traços de ambos.

O conjunto dos resultados apresentados nos artigos internacionais confirma, assim, o fato que havíamos apontado em nosso levantamento, de que há uma forte interação entre conceitos espontâneos/realistas ingênuos e científicos/conceituais. Novamente podemos perceber que parece ocorrer um processo de desenvolvimento dos primeiros em direção a níveis mais abstratos e gerais, e, dos segundos, em direção ao concreto e particular, sendo ambos os processos complementares e inter-relacionados, conforme propõe Vygotsky⁴⁸. O “levantamento de pressuposições” referido por Vosniadou e Brewer, por exemplo, pode ser interpretado em termos de um desenvolvimento do conceito espontâneo em direção a uma maior generalidade e abstração, e, reciprocamente, do conceito científico a uma maior concretude e especificidade.

Uma articulação fundamental que já durante a própria exposição dos resultados foi por nós exaustivamente utilizada, servindo de fio condutor de nossa análise, foi a utilização do resultado obtido por Piaget com relação à questão da realidade, mostrando que a criança jovem vive num estado de consciência em que ainda não há diferenciação entre o interno e o externo, em que sua mente se move num único plano, sem distinção entre seu próprio eu e o mundo exterior. A consequência deste estado é o realismo ingênuo, no qual a criança toma seu ponto de vista particular como único e absoluto. O que fizemos foi aplicar esta idéia à descrição das concepções infantis com relação ao universo, considerando que a criança no seu contato com o mundo toma o seu ponto de vista particular, topocêntrico como verdadeiro e absoluto, formando assim concepções realistas ingênuas acerca do universo.

⁴⁸ VYGOTSKY, 1996.

Outra articulação importante entre os resultados de Piaget e os nossos, bem como os apresentados nos artigos, refere-se ao espaço. Há pelo menos duas questões espaciais fortemente imbricadas na formação das representações do universo: primeiramente a questão de que as crianças mais jovens concebem o espaço não de uma maneira euclidiana, mas topológica, de modo que seus modelos mentais de universo quase não contemplam questões como as distâncias e proporções entre os astros, mas apenas relações de vizinhança e ordem. Um exemplo extremo disso parece ser o do universo “coluna” concebido por Gab (veja p.66 e fig. 5) – um universo praticamente unidimensional, em que a única estrutura presente parece ser a de uma seqüência, ou ordem dos astros, a partir da Terra, para o alto. De fato, na maior parte dos modelos tridimensionais de universo montados pelas crianças em geral pouca atenção foi dada às distâncias e proporções e, quando o foi, parece ter sido apenas no sentido de uma ordem, por exemplo, tomando cuidado em dispor o planeta mais próximo, ou o mais distante, de fato mais próximo ou mais distante do Sol.

Em segundo lugar e, parece-nos, ainda mais relevante, há a questão da coordenação entre o ponto de vista topocêntrico e o “espaçocêntrico”, isto é, um ponto de vista do espaço, fora da Terra, de onde a vemos como um todo. A perspectiva “espaçocêntrica” é essencial e indissociável da representação conceitual da Terra. O distanciamento obtido por esta perspectiva é fundamental à sua compreensão como um corpo cósmico. Por trás desta mudança de perspectiva há uma mudança ontológica na concepção de Terra, que passa a ser encarada segundo uma nova categoria, como um planeta entre outros, e não mais apenas como o lugar onde vivemos, como ocorre na perspectiva realista, presa à perspectiva topocêntrica. Contudo, embora as crianças sejam prematuramente expostas à essa noção conceitual isto de modo algum significa que elas consigam compreendê-la e articulá-la com a outra, como ficou extensamente demonstrado por diversos resultados que expusemos neste capítulo.

É muito diferente a criança manipular uma bola que, lhe dizem, representa a Terra, mas que para ela pode ser simplesmente uma bola, e a criança ter consciência de que aquilo é uma representação do lugar em que ela

vive, que ela está em um pontinho de sua superfície, e que ela simplesmente mudou de referencial e a está olhando do espaço. Isto envolve uma operação de coordenação de pontos de vista extremamente complexa. Segundo Piaget, a coordenação de perspectivas de um objeto externo contemplado por uma criança só é atingida por volta dos 9-10 anos. No nosso caso, a coordenação é ainda mais complexa, pois, no caso da Terra, não se trata de um objeto propriamente externo, visto de diferentes pontos de vista, mas sim de um objeto ao qual, no primeiro ponto de vista, somos quase internos, estamos sobre sua superfície e abaixo de sua atmosfera, e ainda somos diminutos em relação a ela. Ou seja, a própria compreensão do modelo conceitual, para a qual parece-nos imprescindível a compreensão da articulação entre os pontos de vista, provavelmente seria problemática antes dos 10 anos.

Ao comparar o trabalho que realizamos com crianças da cidade de S. Paulo com o demais, relatados nos artigos internacionais, percebemos que ele se distingue metodologicamente destes em dois pontos principais: primeiro o fato de trabalharmos com modelos tridimensionais, em segundo o fato de perseverarmos na construção e/ou utilização de modelos do mesmo tipo de astro em mais de uma etapa da entrevista.

Em decorrência do primeiro ponto, nos foi possível obter resultados inéditos acerca das concepções das crianças com relação à estrutura espacial do universo, que apresentamos no item sobre os modelos tridimensionais de universo e também percebermos dificuldades das crianças no que se refere ao trabalho com três dimensões, como, por exemplo, a falta de distinção entre corpos bi e tridimensionais⁴⁹.

Em consequência do segundo ponto, conseguimos perceber a grande frequência com que ocorre uma alternância do modelo mental utilizado pela criança com relação ao mesmo objeto, sobretudo no caso das crianças mais jovens, o que parece indicar o uso paralelo de mais de um modelo. Esta é uma questão na qual divergimos completamente das descrições feitas, por exemplo, nos artigos de Nussbaum e Novak (1976) e de Vosniadou e Brewer (1992). No primeiro há uma enorme ênfase em desvendar qual é o modelo realmente apresentado pela criança, com uma série de questões adicionais planejadas

⁴⁹ Veja, por exemplo, a discussão acerca da forma do Sol à p.44.

para distinguir qual seria o verdadeiro pensamento da criança, obviamente na pressuposição de que a criança possui, de fato, uma única concepção. Vosniadou e Brewer, por sua vez, põem uma grande ênfase no “uso consistente” dos modelos por eles inferidos, concluindo que a grande maioria das crianças, de fato, usa consistentemente a sua concepção, isto é, é fiel o tempo inteiro a uma única concepção.

O que nossos resultados indicam é que, dependendo do contexto, mais concreto ou mais abstrato com que esteja envolvida, a criança pode utilizar, respectivamente, noções mais próximas do pólo realista ingênuo ou do conceitual.

CAPÍTULO II

O UNIVERSO DOS PROFESSORES

Após a discussão, no capítulo precedente, das representações de universo das crianças e pré-adolescentes, na faixa etária do ensino fundamental, neste capítulo abordaremos as representações de universo dos professores deste nível de ensino. Buscaremos, desta forma, complementar a visão anterior – que nos informou acerca do conteúdo e natureza das representações infantis sobre o universo – com um levantamento das noções apresentadas pelos professores.

Como referimos na introdução, nossa investigação sobre as concepções dos professores foi feita a partir de dados colhidos durante o curso de extensão “Astronomia no 1º Grau”, realizado no IFUSP, no final de 1995 e início de 1996. Esclarecemos novamente que, neste trabalho, no recorte que nele utilizamos, o objeto de nossa investigação foi apenas as concepções iniciais dos professores, a sua visão de universo anterior ao curso. Alguns resultados finais obtidos em decorrência do curso serão citados apenas como subsídio à discussão acerca de indicação de possíveis rumos para o ensino de Astronomia no ensino fundamental, que será feita no último capítulo, na seção III.2.

Iniciaremos o presente capítulo fazendo uma breve descrição do curso “Astronomia no 1º Grau” e dos instrumentos e metodologia utilizados na coleta dos dados. Na segunda seção, apresentaremos os principais resultados acerca das concepções dos professores obtidos a partir da análise desses dados. Na terceira, discutiremos a questão da concepção do ensino como um processo de mera “transmissão de conhecimento”, pois uma questão que sobressaiu durante nossa pesquisa foi o uso reiterado de certos chavões, repetidos de maneira padronizada pelos professores, merecendo assim um destaque especial na discussão dos resultados. Na quarta, abordaremos a questão da representação do espaço pelos professores, que foi outro ponto que também destacou-se em nossa análise, pois

percebemos que a natureza dessa representação, em grande parte qualitativa/topológica, em diversos momentos era decisiva na construção do conhecimento dos professores. Na quinta e última seção, fechamos o capítulo com uma discussão acerca da natureza do conhecimento dos professores, com base nos resultados que apresentamos nas seções anteriores.

Ao longo deste capítulo, inúmeras vezes iremos nos referir aos professores de nossa amostra como “professoras”, no feminino, pelo bom motivo de que a sua esmagadora maioria era deste sexo. No curso que promovemos esteve envolvido um único professor, que freqüentou apenas as primeiras aulas. Reservaremos o uso do termo “professores”, no masculino, mais para situações em que estivermos nos referindo aos professores do ensino fundamental de um modo geral.

II.1. O CURSO “ASTRONOMIA NO 1º GRAU”

Durante o final de 1995 e início de 1996, realizamos, no Instituto de Física da USP, um curso de extensão universitária dirigido a professores do ensino fundamental, que denominamos “Astronomia no 1º Grau”. Seu objetivo geral era o de promover uma atualização dos professores em conteúdo e metodologia de ensino de tópicos de Astronomia para o ensino fundamental.

Ele foi desenvolvido através de aulas semanais, com 3 horas de duração, a noite. Sua etapa principal ocorreu no final de 1995, de outubro a dezembro, tendo sido efetivada uma prorrogação que realizou-se durante o primeiro semestre de 1996, em abril e maio. Sua carga horária, com a prorrogação, foi de 50 horas de aula, com mais cerca de 30 horas de atividades “para casa”, fora do horário de aula, totalizando 80 horas.

Alguns pontos enfatizados durante o curso, que serão discutidos em maior detalhe a seguir, foram:

- a observação do céu a olho nu;
- a consideração e discussão das concepções prévias das professoras;
- a manutenção de um caderno individual para registro das observações do céu e de uma síntese pessoal das questões trabalhadas em sala de aula;
- o uso de modelos tridimensionais, feitos com material de baixo custo, para representação de fenômenos astronômicos.

As professoras que participaram do curso, em sua grande maioria, lecionavam nas séries iniciais do ensino fundamental. Todas eram de escolas públicas (estaduais ou municipais), sendo que cerca de metade tinha como formação profissional apenas o curso de magistério, ou o antigo “normal”, enquanto que a outra metade possuía algum curso superior, sobretudo o de Pedagogia, feito em uma faculdade particular.

Durante 1995, o curso contou com a participação de um grupo de cerca de 20 professoras. Na sua prorrogação, em 1996, apenas 6 professoras o freqüentaram assiduamente.

II.1.1. O PROGRAMA

O conteúdo programático do curso foi dividido em duas partes desenvolvidas concomitantemente:

1^a) Atividades práticas e observações do céu a olho nu, que deviam ser realizadas em três momentos:

- De dia: acompanhamento do movimento diurno do Sol, identificação do meridiano local, dos pontos cardeais e localização da Lua, sua posição e fase.
- No crepúsculo: registro das posições de nascimento e ocaso do Sol e identificação e registro da posição dos astros mais brilhantes.
- A noite: reconhecimento de constelações, planetas, estrelas mais brilhantes, movimento da esfera celeste e observação das variações de posição da Lua e as suas fases.

Esta parte do programa foi, em sua maior parte, desenvolvida em casa, pelas professoras, de acordo com roteiros distribuídos semanalmente, porém uma pequena parte foi realizada também durante o horário de aula, no próprio campus da USP, em dias propícios em que o céu não esteve nublado, visando uma orientação (sobretudo acerca do uso das cartas celestes) e o incentivo a esta prática.

2^a) Atividades desenvolvidas em aulas semanais, divididas nos módulos:

1. Forma, tamanho e idade da Terra.
2. Referências e orientação.
3. A gravidade.
4. Meridianos e paralelos.
5. Dias e noites.
6. A órbita da Terra.
7. As estações do ano.
8. A Lua.

Inicialmente, além dos módulos acima, ainda pretendíamos abordar, de maneira introdutória, os temas: o sistema solar, o Sol como estrela e as galáxias, procurando dar uma visão mais geral acerca da estrutura do universo, com ênfase em situar nossa posição dentro dele. Entretanto, logo no início do curso

percebemos que a aplicação da metodologia de desenvolvimento do curso que propúnhamos, demandaria um tempo muito maior que o inicialmente estimado para cobrir cada ponto do programa. Em virtude disso, as dez aulas inicialmente previstas, no final de 1995, tiveram uma prorrogação de mais sete aulas, no primeiro semestre de 1996, e restringimos o programa às observações do céu e à abordagem dos tópicos correspondentes ao sistema Terra-Lua, que era o conteúdo inicial e mais básico do programa. O sistema solar, o Sol como estrela e as galáxias só foram abordados na medida em que as observações e/ou as perguntas suscitadas durante as discussões referiam-se a estes assuntos, porém não foram trabalhados em módulos específicos. Ou seja, optamos por trabalhar um aprendizado significativo daquilo que considerávamos o mais essencial, a um cumprimento mecânico do programa inicial.

II.1.2. ÊNFASES DO CURSO

A observação do céu

Uma novidade importante desse curso, em relação aos conteúdos e metodologias tradicionalmente abordados em cursos semelhantes, foi a ênfase na inclusão de atividades de observação direta do céu a olho nu – uma pequena parte feita durante o horário de aula, no Campus da USP, junto ao Instituto de Física, e, a maior parte, feita em casa, individualmente, pelas professoras. Com isso, nossa intenção foi a de enfatizar um ponto imprescindível e geralmente negligenciado em cursos de Astronomia para professores: a necessidade de promover uma interação direta com o objeto de estudo da Astronomia: o céu.

Como já sabíamos pela nossa experiência anterior e mais uma vez constatamos ao longo desse curso, as professoras (como de resto a maioria das pessoas) apreciam olhar para o céu, algumas até costumam olhá-lo com frequência, porém, quando o olham geralmente é por um motivo sentimental ou estético, de apreciação de sua beleza, das estrelas, da Lua, do crepúsculo e suas cores, ou então por um motivo bem pragmático/utilitarista, de saber como está o tempo, se vai ou não chover, mas raramente o observam com o intuito de conhecer algo sobre os astros, e, portanto, não têm consciência do enorme potencial didático desta observação. Como pudemos confirmar durante o curso, a grande fonte de conhecimento sobre o céu, das professoras do ensino fundamental, é o livro didático, restringindo-se assim a um conhecimento puramente livresco, destituído de qualquer referência à observação da realidade¹.

Decidimos, portanto, tomar como um dos objetivos prioritários do curso ensinar as professoras a observar o céu, a explorá-lo como um imenso laboratório natural para a aprendizagem e o ensino da Astronomia. Pretendíamos, assim, promover também uma sensibilização com relação à importância do contato direto com a natureza, de sua tomada como ponto de referência essencial para a construção de conhecimentos e combater o absurdo de um ensino livresco, teórico, conduzido de uma maneira completamente dissociada de uma realidade –

¹ A surpreendente falta de referência da grande maioria dos livros didáticos do ensino fundamental com relação à observação do céu é também apontada, por exemplo, por TREVISAN et al. (1997) e CANALLE et al. (1996 e 1997).

o céu – tão atraente, bela e facilmente acessível a todos. Acreditamos que uma Astronomia “de gabinete” pode ser justificada no caso de um astrônomo profissional, experiente, adulto, porém julgamos que uma Astronomia livresca, desembelezada, de sala de aula, é completamente fora de propósito no ensino fundamental, onde uma das atitudes mais importantes a exercitar nos alunos é a sua capacidade de observação da natureza, onde é essencial sensibilizá-los com relação à beleza e diversidade do universo, instigar sua curiosidade e imaginação.

Por fim, é importante destacar que consideramos a observação do céu como um dos pontos do conteúdo do curso, como a primeira parte de nosso programa, e não apenas como uma parte da metodologia. Sem dúvida, observar o céu é, ao mesmo tempo, uma forma de se obter conhecimento sobre o céu, ou sobre o próprio ato de observar, mas também, sem qualquer prejuízo deste aspecto, esta ação – e obviamente aqui não estamos nos referindo a uma observação casual do céu, mas a uma observação sistemática, planejada, com o objetivo de conhecê-lo – é também em si um objeto, um conteúdo de conhecimento. De fato é necessário aprender a observar o céu, aprendizado, aliás, nada trivial, e que exige a aplicação e aquisição de um série de conhecimentos (por exemplo, como usar uma carta celeste, como representar o céu observado numa folha de papel, que implicam no uso de noções nada triviais de projeção e perspectiva), como bem pudemos atestar durante o curso.

A consideração das concepções iniciais

Além de desejarmos efetuar um levantamento do conhecimento inicial das professoras tendo como objetivo a investigação de suas concepções relativas ao universo, anteriores ao curso, tendo em vista o presente trabalho, utilizamos também esse levantamento como parte de uma estratégia pedagógica que consistia justamente em tomar como ponto de partida uma conscientização, por parte da professora, de suas concepções prévias acerca dos temas abordados durante o curso, para depois submetê-las a uma crítica, através das discussões e atividades propostas em cada módulo, e, geralmente, indicar a necessidade de sua revisão e de construção de um novo tipo de conhecimento.

Nesse sentido, todos os módulos iniciavam com um questionário acerca de pontos que nos pareciam essenciais sobre o tema a ser abordado (veja apêndice

B), que deveria ser respondido individualmente pelas professoras, do jeito que sabiam, ou seja, de acordo com as suas concepções prévias.

Além dos questionários, as próprias ações e depoimentos verbais das professoras durante a realização das atividades e discussões no decorrer do curso, bem como as anotações feitas em seus cadernos, relativas às observações feitas em casa e em resposta às questões propostas em cada módulo, forneciam elementos que auxiliavam no mapeamento de quais eram e como foram construídas suas concepções prévias, de como era o seu senso comum, a sua visão inicial acerca do universo.

O caderno individual

Com o intuito de trabalharmos com as professoras tanto a sua capacidade de codificação e sistematização de suas observações, bem como a de expressão gráfica e textual de suas concepções, adotamos como norma, durante o curso, a manutenção, por parte das professoras, de um caderno individual onde eram registradas as observações do céu e a resposta final, individual às questões trabalhadas em cada módulo.

Este caderno servia também como um instrumento de acompanhamento da aprendizagem das professoras, uma vez que nele se refletia o seu progresso enquanto observadoras e de sua capacidade de síntese pessoal das questões essenciais trabalhadas em cada módulo, além de auxiliar no levantamento das suas concepções.

A utilização de modelos tridimensionais

A compreensão de boa parte dos fenômenos astronômicos corriqueiros, tradicionalmente abordados no ensino fundamental, como o ciclo dia/noite, as fases da Lua e as estações do ano, depende crucialmente da capacidade de concebê-los num espaço euclidiano², tridimensional, em que todas as dimensões espaciais necessitam ser consideradas. A representação mental destes fenômenos, de sua dinâmica no espaço tridimensional, e ainda a articulação entre

² Estamos nos referindo aqui à concepção clássica, não-relativística de espaço, adotada pela Física Newtoniana, segundo a qual o espaço é absoluto e onde é válida a geometria euclidiana, que é a concepção de espaço com que se trabalha no ensino fundamental e médio.

o ponto de vista heliocêntrico e o geocêntrico, necessária à compreensão do que observamos no céu, aqui da superfície da Terra, à luz do modelo clássico, está muito longe de ser trivial!... Por isso optamos decididamente por enfatizar o uso de modelos tridimensionais³, feitos com material de baixo custo, como lâmpadas e bolas de isopor, nas atividades que realizamos na maioria dos módulos. Durante este trabalho pudemos inclusive constatar o grande número de mal-entendidos surgidos em decorrência da interpretação equivocada das representações bidimensionais presentes nas páginas dos livros didáticos do ensino fundamental.

³ Outros autores também destacam a importância do trabalho com modelos tridimensionais em Astronomia, como, por exemplo, CANIATO (1985) e CANALLE (1995).

II.1.3. A METODOLOGIA

A parte do curso dedicada à observação do céu, foi desenvolvida de acordo com o seguinte procedimento:

- No início de cada aula era feito o relato e discussão das observações e atividades desenvolvidas em casa durante a semana anterior (o que havia sido observado, quais as dificuldades encontradas, dúvidas suscitadas etc.) e distribuídos os roteiros de atividades para casa a serem realizadas ao longo da semana seguinte.

- Em algumas noites propícias, durante o horário de aula, foram desenvolvidas algumas práticas de reconhecimento do céu (localização de planetas, estrelas, constelações, da posição da Lua e identificação de sua fase,) ao ar livre no campus da USP, junto ao Instituto de Física, que foram essenciais sobretudo para o esclarecimento do uso de cartas celestes e para o início do trabalho de reconhecimento de estrelas, planetas e constelações feito em casa pelas professoras.

- Os roteiros de atividades para casa obedeciam uma seqüência que visava uma familiarização gradativa com o reconhecimento do céu, iniciando por aspectos mais evidentes até os mais sutis, ou seja, começando pelas observações do Sol e da Lua, depois planetas brilhantes e, finalmente, estrelas e constelações.

- As observações deviam ser anotadas num diário: cada professora possuía um caderno para registrar suas observações; registro que consistia em anotar a data e a hora da observação, a identificação do(s) astro(s) e sua(s) posição(ões) aproximada(s) e um desenho esboçando o que havia sido observado, incluindo um pedaço do horizonte onde aparecessem algumas referências fixas, como prédios, postes etc.

- No meio do curso e no seu final foram recolhidos os cadernos para um acompanhamento, por parte dos coordenadores, do trabalho desenvolvido pelas professoras.

- Foi programada uma visita a um observatório astronômico (no caso, ao Instituto Astronômico e Geofísico da USP), para permitir um contato das professoras com a astronomia observacional com uso de instrumentos.

Para o desenvolvimento da segunda parte do curso, correspondente aos módulos que eram trabalhados em sala de aula, foi adotada uma metodologia que buscava confrontar as concepções prévias das professoras com resultados e conclusões obtidos em atividades desenvolvidas em grupo, utilizando modelos tridimensionais, feitos com material de baixo custo, e um texto de apoio. Buscava-se também articular momentos de trabalho individual e coletivo: começava-se e terminava-se com o trabalho de resposta individual ao mesmo questionário, acerca de pontos essenciais do tema abordado, intermediado pelas fases de realização de atividades em grupo e de debate envolvendo todos os grupos e os coordenadores. Mais especificamente, as etapas seguidas em cada módulo foram as seguintes:

1. Inicialmente era distribuído um questionário que buscava explorar os pontos essenciais do tema a ser abordado (veja apêndice B), o qual era respondido individualmente, pelas professoras, antes de qualquer atividade, de acordo com as suas concepções prévias. Nesta etapa, o objetivo era conscientizar as próprias professoras acerca das suas concepções iniciais e permitir aos coordenadores um levantamento acerca delas.

2. Formavam-se grupos de no máximo quatro professoras e era distribuído um roteiro de atividades, geralmente acompanhado de um texto de apoio, com base no qual eram desenvolvidas as atividades do módulo, geralmente utilizando modelos tridimensionais, feitos com material de baixo custo (bolas de isopor, lâmpadas, fios, alfinetes etc.), de fácil reprodução pelas professoras, durante o qual, geralmente, pedia-se que fossem respondidas mais algumas perguntas. Ao final, o grupo deveria responder novamente, em conjunto, ao mesmo questionário inicial – momento muito rico em que ocorria tanto a discussão e o confronto com os colegas do grupo como consigo próprio, através da comparação de sua resposta inicial com o que se pensava depois do que havia sido aprendido através da atividade.

3. O coordenador promovia então um debate com toda a turma, pedindo que, num sistema de rodízio entre os grupos, um grupo começasse dando a sua resposta à primeira pergunta do módulo (inclusive registrando os casos de opiniões divergentes dentro do próprio grupo) e, em seguida, expondo esta

resposta a uma crítica por parte de todos os demais grupos e do próprio coordenador. Qualquer outro grupo que tivesse dado um resposta diferente era então convidado a apresentar a sua resposta, a qual, por sua vez, era submetida à crítica dos demais grupos e do coordenador. Seguia-se com este procedimento até esgotarem-se todas as perguntas do módulo.

4. Cada professora deveria responder novamente, individualmente, no seu caderno do curso, a todas as perguntas do módulo, após participar do debate com os demais grupos e o coordenador, na fase anterior. A intenção aqui era que a professora elaborasse a sua síntese pessoal acerca das questões trabalhadas e reiteradamente discutidas no módulo. Esta etapa tanto podia ser realizada na própria sala de aula ou, como geralmente ocorria, por uma questão de tempo, em casa.

Com o propósito de também auxiliar no levantamento das concepções iniciais das professoras com relação ao céu, ao universo e ao ensino da Astronomia, nos primeiros dias de aula solicitamos a elas que respondessem a um questionário inicial (veja apêndice A) e que realizassem desenhos livres do céu e do universo, acompanhados de descrições. No final do curso solicitamos mais desenhos acompanhados de descrições. No primeiro dia também foi feita uma rodada oral a respeito das expectativas das professoras com relação ao curso.

II.2. AS CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES

No que segue, apresentaremos aquilo que nos pareceu fazer parte da visão inicial das professoras com relação aos astros e o universo, o que nos pareceu ser o conteúdo, as características gerais e o fundamento de suas concepções e de sua maneira de pensar acerca dele.

Iniciaremos descrevendo como foi feito o nosso levantamento e, a seguir, apresentaremos os principais resultados que obtivemos.

II.2.1. O LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES

O desenvolvimento do curso permitiu a coleta de dados sobre as concepções iniciais das professoras acerca do universo em diversos momentos:

1. Através do questionário inicial, respondido pelas professoras no primeiro dia de aula (veja apêndice A), no qual foram feitas perguntas sobre o ensino de Astronomia no ensino fundamental, as expectativas das professoras em relação ao curso e perguntas gerais sobre os astros e o universo.

2. Pelas respostas dadas aos questionários que acompanhavam cada um dos oito módulos trabalhados no curso (veja apêndice B), os quais, como já esclarecemos na seção sobre a metodologia do curso, eram respondidos em três etapas, na primeira e na última individualmente e, na segunda, em grupo.

3. Pelas anotações feitas nos cadernos individuais, destinados a registrar as observações do céu e a última etapa de resposta aos questionários de cada módulo.

4. Através dos desenhos livres, acompanhados de descrições, do céu e do universo, feitos no início do curso

5. Pelos depoimentos orais e ações das professoras colhidos durante as aulas (anotados pelos coordenadores), durante a realização de cada um dos módulos.

Com base nisso buscamos levantar qual seria o “senso comum” das professoras em relação ao universo (que é diferente do senso comum da maioria das pessoas, já que elas, profissionalmente, lidam com o ensino de tópicos de

Astronomia, ainda que de forma elementar) e qual a natureza, ou seja, quais as características gerais e o fundamento, desse seu conhecimento.

O número de professoras com que trabalhamos ao longo do curso foi variável, tendo havido um “decaimento” ao longo do mesmo, sobretudo na prorrogação, que só foi executada no ano seguinte, após quase 4 meses de interrupção, o que, parece, acabou representando um desestímulo muito grande à continuidade. Os 5 primeiros módulos foram desenvolvidos no tempo normal e, os três últimos, na prorrogação. Abaixo indicamos o número de professores que responderam aos questionários e participaram das atividades em cada uma das etapas do curso:

Questionário/módulo	Nro. de professores
Questionário inicial	22
Módulo 1: Forma, tamanho e idade da Terra	19
Módulo 2. Referências e orientação	17
Módulo 3: A gravidade	17
Módulo 4: Meridianos e paralelos	14
Módulo 5: Dias e noites	11
Módulo 6: A órbita da Terra	6
Módulo 7: As estações do ano	7
Módulo 8: A Lua	6

Podemos perceber, pelos dados acima, que nossa amostra foi pequena, sobretudo nos módulos finais. Porém isso não impediu que obtivéssemos resultados significativos, pois nossa investigação seguiu uma metodologia muito mais qualitativa, de estudo de casos, que quantitativa, onde trabalhamos mais em profundidade do que em extensão, buscando inferir os modelos de pensamento das professoras, o conteúdo e a natureza de seu conhecimento. Para fundamentação de nossos resultados, optaremos, em geral, por apresentar literalmente as respostas (verbais ou gráficas) mais representativas dadas pelas professoras, analisando-as em detalhe.

II.2.2. RESULTADOS

A TERRA

Os dados relativos à concepção de Terra – de longe a mais explorada durante o curso – foram obtidos, sobretudo, com base nos questionários que acompanhavam cada um dos módulos, pois, do total de oito módulos trabalhados, sete se referiam diretamente a ela. Também obtivemos informações através de algumas perguntas feitas no questionário inicial e das ações e depoimentos orais das professoras durante as atividades com os modelos tridimensionais.

No primeiro módulo pediu-se um desenho da Terra, e eram feitas perguntas acerca de sua forma, de onde vivem as pessoas, de seu tamanho e idade. No segundo perguntou-se sobre o eixo, o equador, os pólos, sobre o sentido de sua rotação e sobre a orientação (pontos cardeais) na superfície da Terra. No terceiro perguntou-se sobre a gravidade em sua superfície. No quarto acerca da localização de pontos em sua superfície (latitude, longitude, meridianos e paralelos). No quinto as questões foram sobre a rotação da Terra, o ciclo dia/noite e a marcação das horas. No sexto sobre o movimento de translação e a órbita da Terra, e, no sétimo, sobre as estações do ano. (Veja apêndice B.)

No questionário inicial foi feita uma pergunta geral sobre como é a Terra e outra sobre sua origem (veja apêndice A).

Durante as atividades com os modelos tridimensionais pudemos observar e anotar mais algumas características das concepções das professoras, principalmente com relação aos movimentos da Terra e à sua órbita.

A análise das respostas aos questionários e a observação das respostas verbais e não-verbais emitidas durante as atividades desenvolvidas em aula, permitiu extrair os resultados que passaremos a apresentar e discutir até o final desta seção.

A forma

Logo nas respostas dadas ao questionário inicial obtivemos uma boa indicação da concepção sobre a forma da Terra predominante entre as professoras de nossa amostra. Frente à pergunta “Como é a Terra?”, vinte das vinte e duas professoras que responderam a este item fizeram referência à sua forma, e, todas elas, responderam que ela é “redonda”, ou “arredondada”, ou algo com um sentido semelhante (uma “bola”, uma “esfera” ou “circular”), sendo que, destas vinte, a maioria (12 professoras) também mencionou que ela seria “achatada nos pólos”.

A caracterização da Terra como sendo “arredondada” e “achatada nos pólos” parece ser a primeira e mais evidente para as professoras, o seu senso comum, pois, dentre as vinte e duas que responderam à pergunta “Como é a Terra?”, nove deram respostas referindo-se unicamente a estas duas características, de maneira notavelmente repetida e uniforme, como podemos verificar a seguir:

“Dizem que é redonda e achatada nos pólos.” (Ben);

“Arredondada, achatada no pólos.” (Dal);

“Dizem que é arredondada com os pólos achatados.” (Den);

“A Terra tem a forma arredondada e é achatada nos pólos” (Der);

“Redonda ligeiramente achatada nos pólos.” (Eun);

“Uma bola, achatada nos pólos.” (Lou);

“Arredondada ligeiramente achatada nos pólos” (Mon);

“Redonda com os pólos achatados.” (The).

Apenas Mam dá uma resposta de mesmo conteúdo mas de uma forma um pouco diferente do padrão anterior:

“A Terra tem forma arredondada, possui um ligeiro achatamento nos pólos que a torna semelhante a um elipsóide em revolução.” (Mam).

Outras professoras também se referem a estas duas características e a outras mais, citadas com menor frequência, como que a Terra possui água, vida ou camadas.

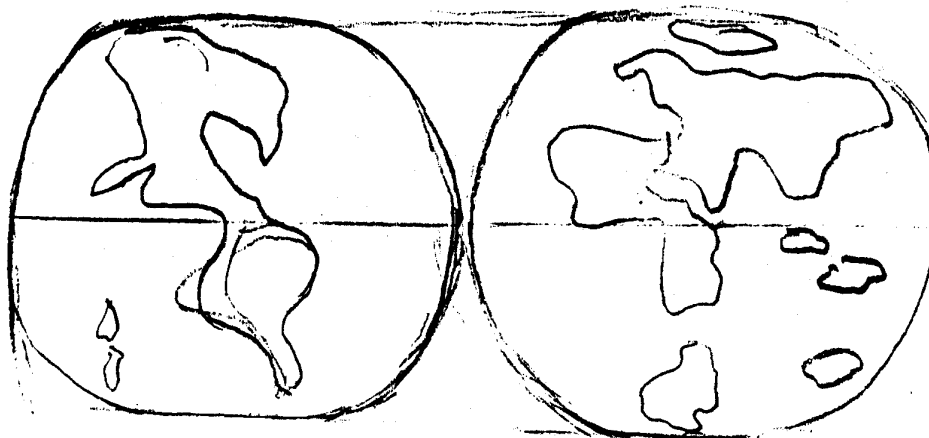
No questionário do módulo 1, por sua vez, logo no primeiro item, foi solicitado que as professoras fizessem um desenho da Terra. Confirmando o que havia sido levantado no questionário inicial, todas as dezenove professoras que responderam a este item desenharam uma Terra “arredondada” e, mais de metade delas, representou a Terra com um achatamento nos pólos, ou seja, todas as professoras representaram graficamente a Terra como uma circunferência ou círculo normais, ou, como fez a maioria, achatados.

Contudo, os desenhos mostraram que a maioria das professoras que acreditavam que a Terra era achatada nos pólos, imaginavam que este achatamento seria, de fato, bem pronunciado, ou seja, não seria apenas um leve achatamento, quase imperceptível, mas um achatamento acentuado, evidente e facilmente visível nas representações da Terra.

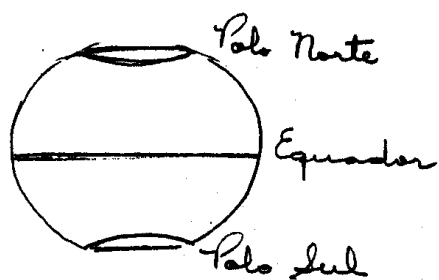
Essa concepção foi confirmada também pelos desenhos feitos em resposta ao primeiro item do módulo 2, onde mais uma vez pediu-se um desenho da Terra, desta vez com a indicação da posição dos pólos e do equador, sendo que as regiões dos primeiros, mais uma vez aparecem bem achatadas em cerca de metade dos desenhos. Na figura 26 mostramos alguns exemplos onde isso é bem evidente.

Qual seria a origem desta concepção tão distorcida com relação à forma da Terra?

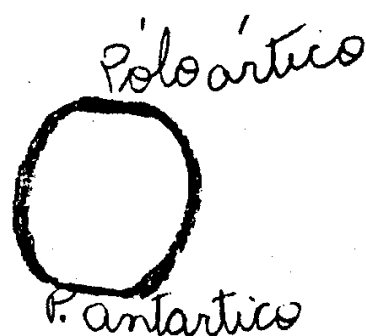
Por um lado, os próprios desenhos parecem fornecer uma boa indicação: podemos perceber a grande semelhança de algumas destas representações – especialmente os desenhos feitos por Dal e The, fig. 26(a) e 26(b) – com as tradicionais figuras que mostram toda a superfície da Terra numa projeção plana, nos chamados “planisférios terrestres”, que costumam aparecer nos livros didáticos e atlas geográficos, nos quais, por uma questão do sistema de projeção geralmente adotado, os pólos aparecem não como pontos, mas como segmentos de reta no topo e na base da figura que representa a Terra, como nos exemplos que apresentamos à fig. 27. Esta passa, então, a apresentar uma forma “arredonda com os pólos achatados”.



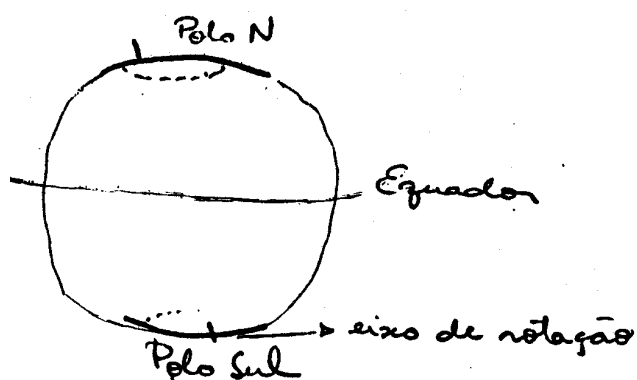
(a)



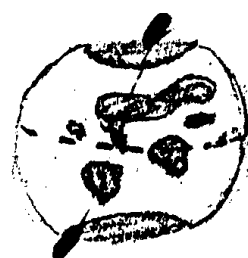
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 26: A Terra com pólos bem achatados. Desenhos feitos por:
(a) Dal; (b) The; (c) Ben; (d) Den e (e) Gin.

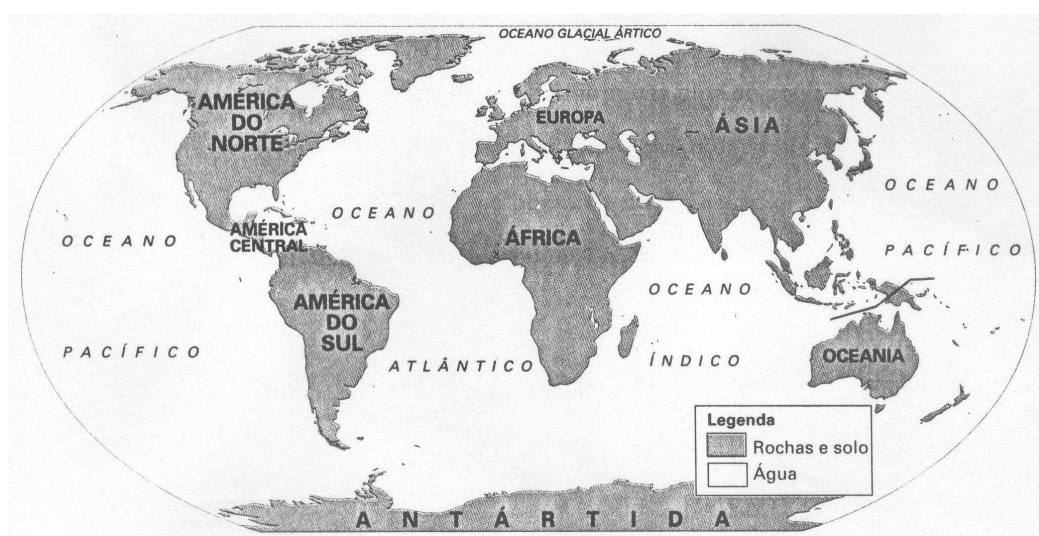
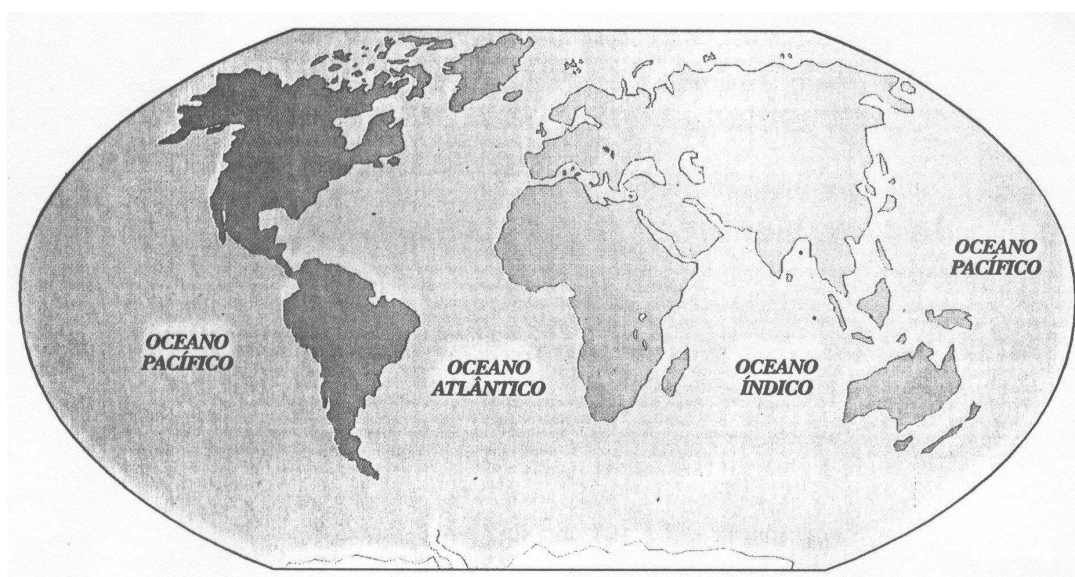


Fig. 27: Planisférios terrestres: figuras apresentadas em livros didáticos do primeiro grau⁴.

⁴ Figuras extraídas de PASSOS e SILVA, s/data, coleção "Eu gosto de Ciências, vol.3, p.8, e PEIXOTO e ZATTAR, 1993, coleção "Bom Tempo: Ciências", vol. 3, p.38.

As professoras parecem, portanto, estar interpretando essas figuras, que são meros mapas da superfície da Terra, onde a distorção da realidade é inevitável, pois estão representando no plano uma superfície que é esférica, como sendo a própria Terra, com sua forma real.

Por outro lado, sem dúvida deve concorrer para esta concepção o enunciado fortemente gravado pelas professoras, como vimos, de que a Terra é *“arredondada com os pólos achatados”*.

Nossa hipótese, com relação à concepção de que a Terra tem os pólos exageradamente achatados, é, portanto, a de que ela se origina, fundamentalmente, da junção de dois fatores: o enunciado que diz que a Terra é *“arredondada com os pólos achatados”*, ao qual não é adicionada nenhuma consideração com relação à proporção deste achatamento, e as imagens dos planisférios terrestres veiculadas nos livros didáticos, às quais também não é associada nenhuma explicação com relação ao tipo de projeção utilizado. Estes dois fatores parecem se realimentar mutuamente: a imagem confirma o enunciado e este, por sua vez, reforça a falsa interpretação da imagem...

É interessante, também, notar a semelhança desta concepção acerca da forma da Terra com a que foi apresentada por algumas das crianças e que denominamos de “modelo da Terra esférica achatada” no capítulo anterior. Em especial, é interessante observar como o desenho feito por Thi (fig. 2) também parece inspirado na imagem de um planisfério⁵. Lá interpretamos este tipo de desenho como associado a um resquício da concepção realista ingênua de que a Terra é plana. Provavelmente, no caso das professoras, este fator também desempenha um papel a favor da adoção desse modelo para a forma da Terra.

Contudo, não percebemos, nas professoras de nossa amostra, a presença da concepção mas primitiva, realista ingênua de Terra detectada nas crianças, que seria a de uma Terra plana. Ao contrário, parece que todas já imaginam uma Terra conceitual, de forma esférica, ou de uma esfera achatada. Contudo, como nossos dados relativos às professoras não incluem, como nos casos das crianças, a construção livre de modelos tridimensionais, poderia se contrapor, com razão, que, embora digam que a Terra é arredondada, algumas professoras a imaginem

⁵ Durante a entrevista, Thi disse que a Terra “parece uma abóbora”, imagem que parece calhar bastante bem com a de um planisfério.

plana, na forma de um disco, ou disco achatado, e não esférica, já que o termo “arredondado(a)”, ou “redondo(a)”, usado pela maioria, aplica-se tanto a objetos tridimensionais como bidimensionais.

Porém não é isso que parece ocorrer: ainda no questionário do módulo 1, foi proposta uma outra questão que visava explorar as concepções das professoras acerca da forma da Terra através de uma viagem imaginária de um navio que seguisse navegando em direção ao alto-mar sempre na mesma direção (veja apêndice B), à qual todas as professoras responderam que ele voltaria ao ponto de partida ou que chegaria a um continente, sem fazer qualquer menção a um fim ou limite, do mar ou da Terra, que seria a resposta esperada se o modelo de Terra por alguma delas imaginado fosse o de uma “Terra-disco”. Portanto, concluímos que nenhuma das professoras de nossa amostra aparentava apresentar uma concepção de Terra com forma plana ou, em particular, de um disco.

Visando sondar a questão da posição em que as pessoas se situam na Terra e, especialmente, verificar se alguma das professoras apresentava um modelo de Terra do tipo “Terra-oca”⁶, ainda no módulo 1 foi feita a seguinte pergunta: “Onde nós vivemos, no interior ou na superfície da Terra?”. A esta questão, todas as professoras de nossa amostra, sem exceção, responderam que moramos na superfície. Este resultado, somado ao obtido na questão, mencionada no parágrafo anterior, que perguntava onde chegaria um navio que navegasse sempre na mesma direção, que não revelou qualquer crença no sentido da existência de um limite ou fim da superfície da Terra⁷, parecem indicar a inexistência, entre as professoras de nossa amostra, de uma concepção do tipo “Terra oca”.

No módulo 3, em que trabalhamos a noção de gravidade, havia itens do questionário cujo resultado também foi bastante revelador com relação à questão da posição em que ficam as pessoas na superfície da Terra, na concepção das professoras.

⁶ Modelo comum entre as crianças, como vimos no capítulo anterior, segundo o qual a Terra teria a forma de uma esfera oca, dividida em duas calotas: na superior ficaria o céu e, na inferior, as terras e oceanos. As pessoas viveriam sobre uma superfície plana, limitada, no interior da Terra, sobre a calota inferior.

⁷ Que seria o esperado tanto no caso do modelo da “Terra-disco” como no da “Terra-oca”.

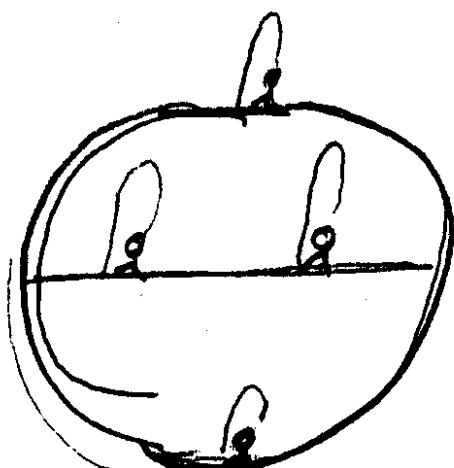
Uma das questões pedia que se fizesse um desenho da Terra e se representasse uma pessoa no pólo norte, outra no pólo sul e duas sobre o equador, uma delas a leste e outra a oeste (veja apêndice B). Na questão seguinte pedia-se que se indicasse a trajetória de uma pedra que fossem lançada para o alto por cada uma das quatro pessoas do item anterior, em suas respectivas posições.

O resultado mais interessante revelado por estas questões é que cerca de metade (nove) das dezessete professoras que responderam a estes itens, inicialmente, representaram as pessoas “em pé” segundo uma única direção “vertical”, que seria a mesma para todas, independente de sua posição na superfície da Terra, o mesmo acontecendo com a trajetória das pedras, como é exemplificado nos desenhos apresentados na figura 28.

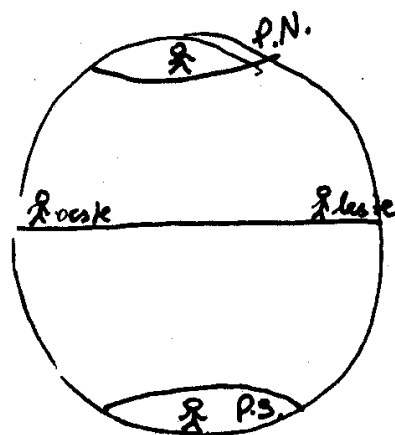
Podemos observar, nessa figura, que a vertical absoluta, válida para toda a Terra, acha-se orientada sempre na direção do eixo que passa pelos pólos, perpendicularmente ao equador, ou seja, a posição “em pé”, em toda a Terra, segundo esta concepção, coincide com a direção em que estão alinhados os pólos, com o norte em cima, o sul embaixo.

Teremos oportunidade de verificar a manifestação desta mesma idéia, da existência de uma vertical absoluta, válida para toda a Terra, e mesmo para o espaço a sua volta, que orienta-se ao longo do eixo que passa pelos pólos, em inúmeros outros momentos ao longo desta nossa análise. Com efeito, ela parece constituir um dos mais fortes e arraigados pressupostos utilizados por algumas professoras em sua representação do universo.

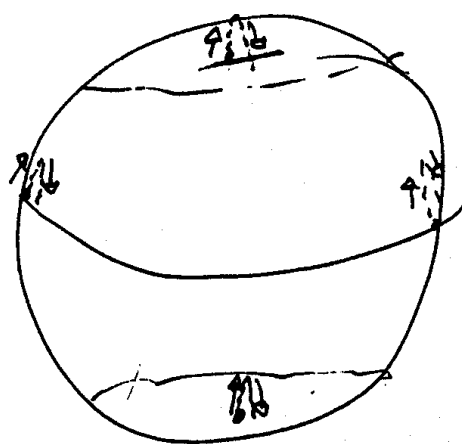
À luz do que já vimos, no capítulo anterior, acerca das concepções infantis, este resultado, indicando uma “absolutização” da direção vertical, não chega a ser surpreendente. Já havíamos constatado, ao analisarmos os modelos de Terra e universo das crianças, que uma das pressuposições realistas ingênuas mais arraigadas e resistentes, uma das últimas a serem abandonadas, era justamente a da existência de uma direção vertical única, privilegiada, válida para toda a Terra, ou, mesmo, para todo o universo. Talvez o mais surpreendente, no caso das professoras de nossa amostra, seja a grande proporção das que apresentaram este tipo de noção: nove professoras dentre as dezessete que responderam ao questionário do módulo 3.



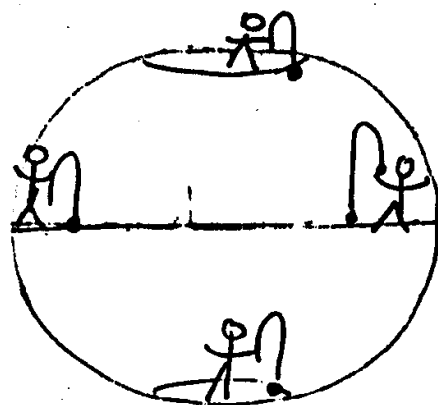
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 28: Vertical absoluta: gravidade sempre paralela ao eixo que passa pelo centro dos pólos. Desenhos feitos por: (a) Dal; (b) Eun; (c) Pau e (d) The.

Uma correlação interessante que pudemos observar foi a existente entre as professoras que “absolutizavam” a vertical e as que consideravam que a Terra possuía os pólos bem achatados: dentre as nove professoras que apresentaram a noção de uma vertical absoluta, em resposta ao questionário do módulo 3, oito também tinham representado a Terra com pólos bem achatados, no módulo 1, e, dentre as dez professoras que desenharam a Terra com um forte achatamento nos pólos, oito representaram a Terra com uma vertical absoluta. Parece haver, portanto, uma forte correlação entre a noção de vertical absoluta e a de uma Terra achatada.

Em nossa interpretação isso possivelmente ocorre devido ao fato de que, no fundo, uma Terra achatada signifique uma Terra com uma parte plana, que é associada à idéia de um plano *horizontal*⁸, noção que está intimamente associada e só adquire sentido a partir da pressuposição da existência de uma direção vertical bem definida, perpendicular ao plano, que acaba sendo extrapolada para a Terra toda.

Com base nos resultados anteriormente expostos, concluímos que os modelos apresentados pelas professoras de nossa amostra, quanto à forma da Terra, resumiam-se a apenas dois: o da Terra esférica e o da Terra esférica achatada nos pólos. Em ambos as pessoas vivem na superfície da Terra⁹, contudo, cerca de metade das professoras ainda concebe a direção vertical como sendo absoluta, especialmente as que apresentam o modelo da Terra esférica achatada.

Um ponto que ainda merece ser observado são os termos preferencialmente usados pelas professoras ao descrever a forma da Terra: das vinte professoras que, no questionário inicial, referiram-se à sua forma, apenas uma (Yol) diz que a Terra é uma “esfera”, outras três utilizam a expressão “bola”, uma (Iza) usa o termo “circular”, e a maioria (quinze professoras) indica a sua forma apenas como sendo “redonda” ou “arredondada”. É interessante notar que este último tipo de terminologia é bem menos preciso que os anteriores, já que

⁸ Neste ponto, acreditamos que ainda haja uma influência inconsciente da crença realista ingênua de que vivemos numa Terra plana que estende-se na horizontal.

⁹ Talvez algumas, inclusive, imaginem as pessoas vivendo apenas no hemisfério “superior” ou no “topo” da Terra, especialmente as que concebem uma vertical absoluta, porém nossos questionários não incluíram questões com base nas quais pudéssemos discernir este aspecto.

várias formas geométricas podem ser consideradas “redondas” ou “arredondadas”¹⁰. Em especial, como já observamos no capítulo anterior, esses termos aplicam-se tanto a objetos “bidimensionais”, como um disco, quanto a tridimensionais. Parece-nos assim que o uso das palavras “redonda” e “arredondada” denota uma falta de rigor geométrico que nos parece expressar, a um nível mais básico, uma certa ausência e/ou falta de domínio de noções geométricas, que, como veremos, irá se refletir em diversos itens que ainda analisaremos. Isso se torna bem evidente no caso da professora que se refere à forma da Terra como sendo “circular”¹¹, adjetivo que, geometricamente, só deveria ser aplicado a um objeto bidimensional.

Em resumo, quanto à forma e a posição em que vivem as pessoas, a Terra parece ser imaginada pelas professoras como apresentando uma forma esférica ou de uma esfera bem achatada nos pólos, com as pessoas vivendo em sua superfície. A direção em que as pessoas ficam “em pé”, ou seja, a direção vertical é concebida por grande parte das professoras, sobretudo as que apresentam o modelo da “esfera achatada”, como sendo absoluta e orientada na direção do eixo que passa pelos pólos, com o norte em cima, o sul embaixo. Notamos também que o uso preferencial dos termos “redonda” e “arredondada” parece denotar uma falta de domínio e/ou familiaridade no uso de noções geométricas.

¹⁰ Por exemplo: um círculo, uma esfera, um cilindro, uma elipse etc.

¹¹ Em resposta à pergunta “como é a Terra”, feita no questionário inicial, uma das professoras responde que ela é “De forma circular com os pólos achatados, formada por uma camada sólida e líquido.” (Iza).

Tamanho e idade

No questionário do módulo 1 foi feita a pergunta: “Qual é o tamanho da Terra?”, e ainda outras que pediam fosse feita uma comparação entre os tamanhos da Terra, da Lua e do Sol (veja apêndice B).

Das dezessete professoras que responderam a estes itens, a maioria (dez professoras) simplesmente não deu qualquer resposta ao primeiro (“qual é o tamanho da Terra?”), deixando-o em branco ou respondendo “não sei”, “não me lembro” ou “em números não me ocorre”. Quatro apenas expressaram uma noção qualitativa de que ela é muito grande. Duas responderam em termos de uma ordem de grandeza, dizendo que a Terra tem “milhões de quilômetros”, mas não fizeram qualquer referência a que grandeza estavam se referindo: ao diâmetro da Terra, sua circunferência, à área de sua superfície ou seu volume... Uma única professora deu uma resposta numérica mais precisa, dizendo que a Terra tem “mais ou menos 6 bilhões de km^2 ” (The), mas também sem especificar se esse valor se referiria à sua superfície, ficando isso apenas subentendido.

Uma resposta digna de nota foi a da professora que disse que a Terra é “Muito grande para ser medida com exatidão.” (Gin), o que parece expressar a idéia de que há uma limitação na capacidade humana de medir um corpo “muito grande”, pelo simples fato de ele ser “muito grande”.

As respostas dadas aos itens que pediam uma comparação entre o tamanho da Terra com o da Lua e do Sol, por sua vez, revelam resultados semelhantes: também aqui a maioria das professoras demonstra desconhecer qualquer estimativa quantitativa quanto às proporções de tamanho entre a Terra, a Lua e o Sol, possuindo, em geral, apenas uma noção qualitativa de que a Terra é maior que a Lua e menor que o Sol. Sendo a primeira noção – de que a Lua é menor que a Terra – uma unanimidade entre as professoras que responderam a este item; enquanto que, com a segunda – de que a Terra é menor que o Sol –, já não ocorreu a mesma coisa: três professoras responderam que a Terra é *maior* que o Sol¹².

¹² Encontraremos uma possível explicação para esse fato mais adiante, no item sobre os movimentos da Terra, ao analisarmos os modelos imaginados pelas professoras para o sistema Sol-Terra. Veremos que estes modelos acham-se fortemente influenciados por imagens presentes nos livros didáticos onde não são obedecidas as proporções reais existentes entre os astros. Em especial, há representações em que o Sol aparece com um tamanho menor que o da Terra.

No item que pede uma comparação de tamanho entre a Terra e Lua, houve nove respostas puramente qualitativas, de que a Lua é menor que a Terra, e sete respostas quantitativas, chamando a atenção, pela sua frequência e constância, a de que a Terra é 49 nove vezes maior que a Lua, repetida por 7 professoras.

No item que pedia a comparação entre a Terra e o Sol, por sua vez, ocorreram apenas quatro respostas quantitativas, todas diferentes, variando desde a que afirma que *“A Terra é maior do que o Sol. Cinco vezes maior.”* (Der), até a que diz que ela *“É menor que o sol, umas 300 vezes (acho)”* (Gin).

Por outro lado, é importantíssimo observar que, considerando todas as respostas quantitativas dadas nesses dois itens, de comparação de tamanhos, em nenhuma delas, sem exceção, é especificado a que tipo de grandeza física a resposta dada se refere. Por exemplo, é reiteradamente afirmado que a Terra é 49 vezes maior que a Lua, mas nunca é dito em que aspecto, ou seja, com relação a quê parâmetro a Terra é 49 vezes maior que a Lua: em diâmetro, em superfície, em volume, em massa?... Nenhuma das professoras menciona... e a resposta seria diferente em cada um dos casos¹³.

A análise das questões acerca das dimensões da Terra revelou, portanto, que as professoras de nossa amostra praticamente não possuíam concepções quantitativas com relação ao tamanho da Terra, ou acerca da proporção de tamanhos entre ela, a Lua e o Sol, a não ser pela repetição freqüente do enunciado de que *“a Terra é 49 vezes maior que a Lua”*, o qual, contudo, nunca era acompanhado de uma referência à grandeza física usada na comparação. Apenas um conhecimento qualitativo de que a Terra é maior que a Lua e menor que o Sol mostrou ser bem difundido e fazer parte do senso comum das professoras.

Ainda no módulo 1, para sondar a noção das professoras acerca do tempo de existência de nosso planeta, foi feita a pergunta: *“Qual a idade da Terra?”*. Das dezessete professoras, sete não responderam à pergunta (deixando o item em branco ou dizendo *“não sei”*). Oito deram respostas apenas em termos de ordem de grandeza, afirmando que a Terra tem *“milhões de anos”* ou *“bilhões de anos”*.

¹³ Fazendo-se as contas, verifica-se que a Terra é 49 vezes maior que a Lua apenas *em volume*.

Apenas duas professoras deram respostas numéricas mais precisas: “10.000.000 anos.” (Mar) e “Superior a 6 bilhões de anos.” (The). Portanto, as professoras de nossa amostra, em geral, não tinham noção da idade da Terra, ou então possuíam apenas uma noção, mais qualitativa que quantitativa, de que a Terra é muito antiga e possui milhões, ou bilhões de anos.

Os pólos, o equador e o eixo de rotação

O módulo 2 do curso foi dedicado à discussão das referências básicas para localização de pontos na superfície da Terra e da orientação através dos pontos cardeais. No questionário correspondente, foi pedido um desenho da Terra com a indicação dos pólos, do equador e do eixo de rotação. Foi perguntado também se havia alguma relação entre o eixo de rotação, os pólos e o equador. (Veja apêndice B.)

No módulo 4, em que foi trabalhada a questão da localização de pontos na superfície da Terra através de coordenadas, foram retomadas as noções acerca dos pólos e do equador: numa das questões foi perguntado o que eram os pólos e o equador e pediu-se mais um desenho representando-os. No módulo 7, onde foi abordado o tema das estações do ano, foram propostas várias questões acerca do eixo de rotação da Terra, especialmente sobre a sua inclinação, e desenhos onde ele fosse representado. (Veja apêndice B.)

Com base nas respostas das professoras a estes itens foi possível levantar as seguintes concepções:

Os pólos

O primeiro aspecto que fica bem evidente com relação à noção das professoras acerca dos pólos é o de que eles são concebidos, quase unanimemente, como regiões extensas e não como pontos por onde passaria o eixo de rotação, onde ocorreria a intersecção do eixo com a superfície da Terra.

Isso fica claro a partir dos desenhos e das respostas escritas aos itens dos módulos 2 e 4: em nenhum dos desenhos os pólos foram indicados por pontos,

mas, invariavelmente, por regiões¹⁴, seja através de uma linha mais grossa, um segmento de reta (indicando uma região plana, achatada), uma faixa sombreada ou então através do desenho de um contorno, como pode ser verificado em todos os desenhos representados nas figuras 26, 28 e 29.

No item que perguntava se existia alguma relação entre o eixo de rotação, os pólos e o equador, apenas duas professoras citam que é o eixo que define/determina a posição dos pólos, enquanto que, no que perguntava o que eram os pólos, apenas uma se refere ao eixo de rotação, dizendo que os pólos são por *“onde passa o eixo imaginário da Terra”* (Mar). Portanto, em geral, as professoras pareciam não conceber qualquer conexão essencial entre o eixo de rotação e os pólos geográficos.

A conceituação mais freqüente dada pelas professoras no item do módulo 4 que perguntava: “O que são os pólos e o equador da Terra?”, foi a de que os pólos seriam *“extremidades”* ou *“extremos”* da Terra. Seis professoras deram respostas neste sentido, como nos exemplos a seguir:

“Os pólos são as extremidades do planeta Terra.” (Cin);

“Pólos são os extremos norte e sul da Terra.” (Dal);

Essa noção pareceria completamente sem sentido se pensássemos de uma maneira estritamente geométrica, considerando a Terra uma esfera: como pode uma esfera possuir *“extremos”*, já que, por definição, todos os pontos de sua superfície são eqüidistantes do centro?...

Porém certamente não é assim que as professoras pensam¹⁵. A Terra não é considerada simplesmente uma esfera. Há uma série de outras noções envolvidas em sua concepção. A Terra é um corpo que já está demarcado, com oceanos e continentes, onde existem países, que é dividida também em hemisférios norte e sul, ocidental e oriental, que possui uma orientação bem definida, invariavelmente presente em todas as suas representações: norte em cima, sul embaixo. É, de fato, comum ouvirmos falar em *“extremo norte”*, ou *“extremo sul”*

¹⁴ Em apenas três desenhos feitos no módulo 2, e três no módulo 4, esta questão fica indefinida, sem indicação clara, seja de regiões ou de pontos. Em todos os demais desenhos a indicação é de regiões.

¹⁵ Muito pelo contrário, o que nosso levantamento demonstra, exaustivamente, é que elas não costumam pensar de forma *“geométrica”*, sua representação do espaço parecendo ser um tipo muito mais qualitativo/topológico que quantitativo geométrico (veja seção II.4).

da Terra. E que regiões ficam nestes extremos? Ora, justamente os pólos norte e sul. Talvez aí, supomos, esteja a origem da noção dos pólos como “extremos” da Terra. Ela parece fundada na concepção de que a Terra possui uma orientação privilegiada na direção norte-sul. Só que, para as professoras, em geral essa orientação não se acha relacionada ao eixo de rotação, mas antes parece ser uma propriedade intrínseca e absoluta da própria Terra.

Com efeito, uma unanimidade que fica bem evidente, tanto nos desenhos do módulo 2 como nos do módulo 4, e pode ser observada nos desenhos das figuras 26, 28 e 29 é a padronização quanto à representação das posições relativas dos pólos norte e sul: o pólo norte sempre é representado em cima, no topo da figura, e, o sul, embaixo, no pé da figura. Essa padronização, de fato, não faz mais do que repetir a que se observa em quase todas as representações da Terra, seja nos livros didáticos, seja em quaisquer outros veículos culturais.

Lembrando que várias professoras concebem a direção vertical como absoluta, ou seja, que todos os objetos caem sempre na mesma direção, em qualquer ponto da Terra, percebemos que esta representação padrão parece ser freqüentemente concebida não como uma simples convenção adotada na representação da Terra, mas sim como uma realidade absoluta, como a posição verdadeira e correta em que os pólos (e a Terra) se encontram, como se a Terra fosse exatamente do jeito que aparece representada¹⁶: com os pólos alinhados na vertical e, o equador, na horizontal.

Esse fato parece ser confirmado pelas respostas dadas ao item do módulo 3 que perguntava sobre o significado das expressões “para cima” e “para baixo”, se um dos hemisférios da Terra ficava sempre para cima e o outro sempre para baixo (veja apêndice B). Várias professoras responderam que essas indicações eram relativas ao equador terrestre, que *“‘Para cima’ ou ‘para baixo’ significa para cima e p/baixo em relação à linha do Equador.”* (Mar), assumindo assim a existência de uma vertical absoluta, em relação à qual o equador fica na horizontal e separa o que está “em cima” do que está “embaixo”.

Outra evidência fortíssima de que, para várias professoras, a orientação norte-sul define uma direção vertical privilegiada será examinada no item que

¹⁶ Equívoco semelhante já observamos no caso dos planisférios, que parecem inspirar a crença de que a Terra é exageradamente achatada nos pólos.

discute as concepções sobre o eixo da Terra, e outras mais ainda serão encontradas e apontadas no decorrer desta nossa exposição acerca das concepções das professoras.

A noção de que os pólos acham-se alinhados na vertical parece-nos, assim, estreitamente relacionada à idéia da existência de uma vertical absoluta, servindo a primeira de fundamento à segunda: como vimos anteriormente, a vertical absoluta, na concepção de várias professoras, é sempre paralela à direção do eixo que passa pelo centro dos pólos, ou, de maneira equivalente, é sempre perpendicular ao plano do equador (veja, p. exemplo, os desenhos mostrados à fig. 28). Porque essa preferência em orientar essa vertical justamente na perpendicular ao equador? Porque não orientá-la, por exemplo, paralelamente ao equador, ou na direção da vertical da cidade em que vivem, imaginando S. Paulo na “parte de cima”, “no topo” da Terra?...

Parece-nos que a explicação é óbvia: porque não é assim que a Terra aparece invariavelmente representada nos livros e na mídia, mas sim com o pólo norte no topo, o pólo sul embaixo e o equador na horizontal.

O outro fundamento, mais primitivo, da noção de vertical absoluta seria a crença realista ingênua de que todas as coisas caem na mesma direção.

Parece-nos, portanto, que a noção da vertical absoluta, orientada sempre perpendicularmente ao equador, é resultante da articulação desses dois pressupostos: o primeiro de origem cultural: a padronização com que a Terra é representada, sempre com o norte em cima e o sul embaixo; o segundo de origem natural: a nossa própria percepção imediata do comportamento dos objetos à nossa volta.

Outra característica dos pólos, na concepção de algumas professoras, que é digna de nota, é a de que eles ficariam “distantes”, ou “afastados” do Sol (enquanto que o equador ficaria próximo). Por esse motivo, como acaba concluindo explicitamente uma das professoras, eles seriam regiões onde haveria menor incidência de luz e calor (sendo, portanto, regiões frias). Este tipo de concepção foi expresso por três professoras no item que perguntava se havia alguma relação entre o eixo de rotação, os pólos e o equador da Terra, ao qual elas responderam como no exemplo a seguir:

“A relação que existe é quanto à intensidade do calor e conseqüentemente da claridade da luz do Sol que incide sobre a Terra. A linha do Equador é a parte em que fica mais exposta (perto do Sol) ao Sol, ao passo que os pólos (pela forma arredondada da Terra) ficam mais distantes a incidência da luz e do calor.” (Mar)

Resumindo os resultados anteriormente apresentados, diríamos que as concepções iniciais das professoras de nossa amostra sobre os pólos apresentam as seguintes características:

- os pólos são concebidos como regiões extensas e não como pontos, por onde passa o eixo de rotação;
- são imaginados como sendo regiões achatadas e frias, que constituiriam os extremos norte e sul da Terra;
- são regiões frias por ficarem mais distantes do Sol que o equador, recebendo assim pouca luz e calor;
- o pólo norte é sempre representado no topo da figura e o sul embaixo, sendo isso considerado não uma mera convenção, mas uma realidade inquestionável, absoluta, que serve de base à concepção da existência de uma vertical também absoluta.

O equador

Pelos desenhos e respostas dadas nos módulos 2 e 4 constatamos que as professoras praticamente não revelavam dúvida ou dificuldade acerca do que seria o equador, concebendo-o, unanimemente, como uma linha que divide a Terra ao meio, nos hemisférios norte e sul, cujo plano fica perpendicular à linha reta que passa pelos centros dos pólos¹⁷. Contudo, para várias professoras, o fato de o equador ser perpendicular à linha que une os centros dos pólos não significa que ele seja perpendicular ao eixo de rotação da Terra, pois este seria “inclinado” em relação à essa linha, como veremos em detalhe no próximo item, que discute a noção de eixo.

Juntamente com os pólos, pela sua representação também padronizada, sempre na horizontal, ele parece servir de fundamento à noção de que existe uma

¹⁷ Como vimos anteriormente, os pólos são invariavelmente concebidos como regiões, por isso nos referimos aos “centros” dos pólos.

vertical absoluta, ao delimitar o que fica na parte “de cima” e o que fica na parte “de baixo” da Terra.

Graficamente, o equador costuma ser representado pelas professoras como uma linha reta horizontal, dividindo a Terra ao meio, ou como uma linha levemente curva, também dividindo a Terra ao meio, cuja curvatura é usada para indicar a esfericidade da Terra, como se o equador fosse olhado de um ponto de vista um pouco acima do seu plano, como pode ser visto nos desenhos apresentados nas figuras 26, 28 e 29.

O eixo de rotação

O desenho da Terra com a indicação do equador, dos pólos e do eixo de rotação, proposto no módulo 2 (veja apêndice B) revelou um fato notável: na concepção de cerca de metade¹⁸ das professoras, o eixo de rotação da Terra passa pelo seu centro, mas não pelos pólos geográficos, sendo inclinado em relação à reta que passa pelos mesmos, ou seja, em relação à perpendicular ao equador, como pode ser observado em todos os desenhos apresentados à fig. 29, e também na fig. 1, desenhos (d) e (e).

Qual poderia ser a razão desta concepção surpreendente¹⁹?

Já vimos, ao discutir a noção de “pólo”, que a maioria das professoras de nossa amostra não imagina que exista qualquer relação essencial entre o eixo de rotação e os pólos. Sendo assim, como são concebidos como coisas independentes, não há, portanto, qualquer impedimento lógico em imaginar que o eixo passe fora dos pólos geográficos, na periferia das regiões polares. Contudo, embora este não estabelecimento de relação seja uma condição necessária, não nos parece suficiente para explicar a preferência pela representação do eixo inclinado em relação à perpendicular ao plano do equador. Outras respostas dadas pelas professoras lançam mais luz sobre o que nos parece ser a verdadeira origem desta concepção.

¹⁸ Oito das dezessete professoras que responderam ao questionário do módulo 2.

¹⁹ A surpresa ficando apenas por nossa conta. Para as professoras que a concebiam, evidentemente, essa inclinação parecia muito lógica e natural.

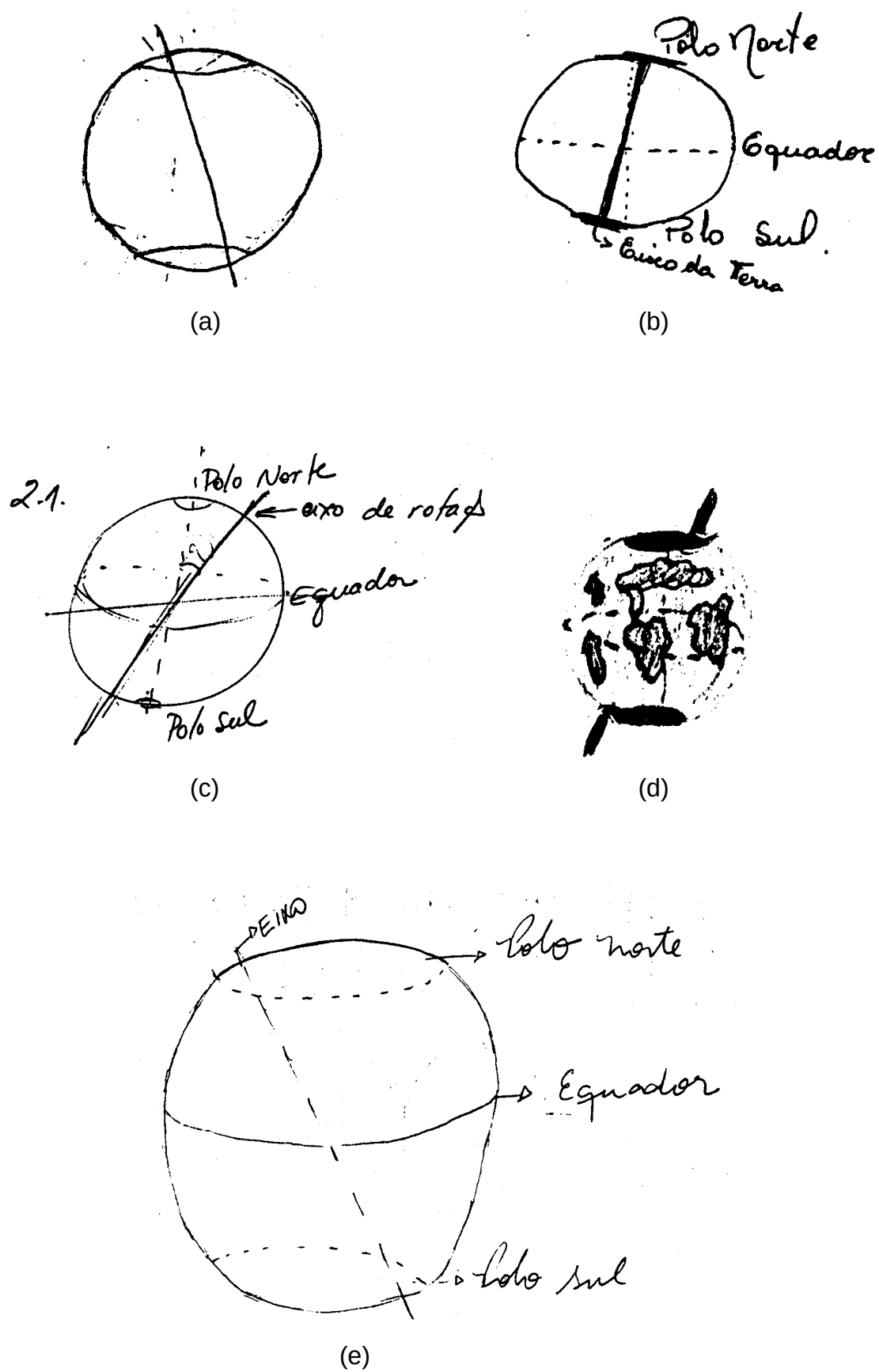


Fig. 29: Eixo de rotação inclinado em relação aos pólos. Desenhos feitos por:
 (a) Der; (b) Ied; (c) Críd; (d) Gin; (e) Den.

Ao responder ao item que perguntava “Por onde passa o eixo de rotação da Terra?” (veja questionário do módulo 2, apêndice B), cuja resposta mais freqüente foi “pelo centro” ou “pelo meio” da Terra, algumas professoras espontaneamente escreveram que o eixo é “inclinado”, ou “ligeiramente inclinado”; embora, a maioria, sem se referir em relação a quê ele seria inclinado. Na discussão que se seguiu em sala de aula, após essas respostas iniciais, ficou bem claro que a maioria das professoras sabia muito bem que “o eixo da Terra é inclinado”, embora esse enunciado fosse invariavelmente repetido, também de viva voz, sem que se especificasse em relação a que referência ele seria inclinado.

Dada a importância dessa questão da inclinação do eixo para a explicação das estações do ano, ela foi retomada no módulo 7, onde esse tema foi especificamente trabalhado. No questionário correspondente, como já sabíamos que geralmente era omitida a referência em relação à qual o eixo era inclinado, incluímos explicitamente a pergunta: “Em relação a quê o eixo de rotação é inclinado?” (veja apêndice B).

Das seis professoras que responderam a este item, três responderam que o eixo era inclinado “*em relação ao Sol*”, duas que era “*em relação à Terra*” e uma que a inclinação era “*em relação ao movimento*”.

Essas respostas, por um lado, mais uma vez indicam uma ausência de uso de noções geométricas, pois não faz nenhum sentido, do ponto de vista geométrico, afirmar que um eixo é inclinado em relação a uma esfera, como é o caso da Terra ou do Sol. No entanto, elas certamente fazem sentido para as professoras. Acreditamos que deve haver algum tipo de pressuposto implícito nessas suas respostas que fazem com que elas soem naturais e aceitáveis aos seus ouvidos, e que exista uma coerência delas com a representação de Terra (ou Sol) que possuem.

Em nossa interpretação, a explicação para essa aparente falta de sentido só pode ser uma: quando pensam na Terra (ou no Sol), as professoras devem imaginar que a mesma possui uma determinada posição padrão, uma certa orientação privilegiada, evidente, que tacitamente define uma certa direção no espaço, em relação a qual, aí sim, faz sentido imaginar uma inclinação do eixo da Terra.

Qual seria esta posição?

No caso da Terra, nos parece bastante simples responder. Basta examinar os desenhos feitos pelas professoras ao longo do curso para verificarmos que quase a totalidade segue exatamente o mesmo padrão: a Terra é sempre representada com o equador na horizontal e os pólos alinhados na vertical da folha, com o norte sempre em cima e o sul embaixo como nas figuras 26, 28, 29 e 31.

Obviamente não é a toa que isso acontece: com isso as professoras nada mais fazem do que repetir a padronização das representações da Terra encontrada nos livros didáticos e na mídia em geral. Só que essa representação convencional, como já nos referimos no item sobre os pólos, parece ser assimilada pelas professoras não como uma convenção, mas como *a representação real, correta e absoluta* da Terra.

Nossa interpretação, portanto, é a de que é justamente com relação a essa posição padronizada da Terra “em pé”, com o pólo norte em cima e o sul embaixo, que as professoras imaginam a inclinação do eixo terrestre.

Seguindo essa mesma linha de raciocínio, outra conclusão que podemos extrair é que essa mesma propriedade da Terra, de se encontrar orientada numa posição vertical natural, intrínseca, segundo a concepção de algumas professoras, parece ser aplicável também ao Sol, pois só assim também fariam sentido as respostas de que a inclinação do eixo é relativa a ele²⁰.

No caso da Terra, essa nossa interpretação parece ser plenamente confirmada pelos desenhos do eixo inclinado feito por algumas professoras e exemplificados na figura 29 e figura 26, (d) e (e). Em todos eles percebe-se que a Terra é desenhada exatamente na posição padrão, com o pólo norte no topo e o

²⁰ É interessante notar que as professoras que deram a resposta de que o eixo da Terra é inclinado em relação ao Sol talvez estejam imaginando a inclinação da Terra da maneira correta, em relação à perpendicular ao plano da órbita da Terra, só que nos parecem chegar a isso de uma maneira indireta e equivocada, pensando numa posição “vertical” do Sol (que, elas sabem, fica quase no centro da órbita da Terra) que seria definida pelo plano da órbita: a parte “de cima” do Sol seria a que ficaria voltada para cima desse plano e, a “de baixo”, a que ficaria voltada para baixo dele, ou seja, o plano da órbita talvez esteja sendo pensado como definindo uma nova vertical absoluta... A “absolutização” da vertical que antes era baseada na posição padrão da Terra, agora passa a ser baseada no plano de sua órbita... O esquema de pensamento por trás dessa “absolutização” seria exatamente o mesmo: uma síntese entre a crença de origem realista ingênua de que todos os corpos caem na mesma direção, com a crença de que a posição padrão em que são representadas a Terra, ou sua órbita, são reais e absolutas. Antes a imagem padrão era a da Terra com o norte em cima, o sul embaixo; agora é a da Terra em sua órbita em torno do Sol, que, como veremos nos itens sobre os movimentos da Terra e as estações do ano, também possui uma representação padrão fortemente gravada pelas professoras.

sul embaixo. E todos claramente indicam um eixo de rotação inclinado em relação à direção definida pela posição “da Terra ‘em pé’”. Observando cuidadosamente, inclusive, percebemos, na figura 29(c), uma indicação do ângulo de inclinação do eixo de rotação em relação ao eixo que passa pelos pólos, através de um pequeno arco traçado entre ambos.

Outra resposta que explicitamente confirma essa nossa interpretação foi dada ainda no questionário do módulo 2, pela única professora que respondeu à pergunta: “Por onde passa o eixo de rotação da Terra?”, citando a inclinação do eixo e especificando em relação a quê ele é inclinado. Ela disse que o mesmo: “Passa pelo centro da Terra, inclinado **em relação à direção Norte-Sul.**”²¹ (Crid)

Uma outra evidência que parece confirmar a interpretação de que a representação de Terra de várias professoras inclui, como uma de suas características fundamentais, a noção de que seus pólos acham-se realmente alinhados numa posição vertical é fornecida pelas respostas dadas ao item do módulo 2 que perguntava: “Em que sentido a Terra gira?”. Cerca de metade das professoras, indica este sentido como sendo “para a direita”, “para a esquerda” ou “da direita para a esquerda”, coisa que não faz nenhum sentido sem uma indicação clara do referencial usado, que não é feita por nenhuma das professoras que deram respostas deste tipo. Novamente interpretamos isso como significando que existe um referencial subentendido, adotado implicitamente pelas professoras ao darem este tipo de resposta. Elas sabem muito bem o que estão dizendo: é que estão pensando na Terra vista em sua posição padrão, como se fosse de um ponto de vista do espaço, com o equador “na horizontal”, o pólo norte “no topo” e o sul “embaixo”. Aí, sim, nessa posição padrão, passa a ter sentido falar em direita e esquerda.

Nossa hipótese para explicar a representação do eixo da Terra inclinado em relação à perpendicular ao equador é, portanto, a seguinte: ela deve-se à articulação/síntese de duas crenças comuns entre as professoras: a primeira fundada no enunciado reiteradamente repetido de que “o eixo da Terra é inclinado”, desacompanhado de qualquer explicação sobre a referência em relação à qual ele é inclinado, pelo qual as professoras ficam sabendo apenas que “o eixo é inclinado”; a segunda crença sendo a de que a Terra apresenta-se orientada

²¹ Grifo meu.

com o pólo norte em cima, o sul embaixo e o equador na horizontal, sendo essa orientação encarada como real e absoluta. Ora, se o eixo é inclinado, isso significa que ele não se encontra “em pé”, ou seja, é inclinado em relação à direção vertical, e se os pólos da Terra acham-se alinhados na vertical, nada mais lógico do que concluir que o eixo terrestre é inclinado em relação à linha que passa pelos pólos... Esse, imaginamos, deve ser o pensamento que acha-se por trás da representação, a primeira vista surpreendente, do eixo de rotação inclinado em relação à sua direção real, como aparece nos desenhos apresentados à figura 29.

Em síntese, com relação ao eixo de rotação, as professoras parecem apresentar as seguintes concepções:

- o eixo de rotação é concebido, por várias professoras, como sendo inclinado em relação à reta que passa pelos pólos e à perpendicular ao equador, passando apenas na periferia das regiões polares, não no seu centro;

- o eixo parece ser concebido com essa inclinação porque as professoras sabem que “o eixo é *inclinado*” e porque imaginam a Terra orientada numa direção vertical absoluta, ao longo da qual os pólos acham-se alinhados, com o norte em cima, o sul embaixo e o equador na horizontal. Essa crença parece fundada na interpretação de que a imagem gráfica padrão da Terra, em que ela sempre é representada desse jeito (norte em cima, sul embaixo, equador na horizontal) corresponde à realidade, de maneira absoluta.

Orientação e localização: os pontos cardeais, latitude e longitude, meridianos e paralelos

No módulo 2, sobre referências e orientação na Terra, foram propostas questões acerca dos pontos cardeais: quais são eles, para onde apontam e se existe alguma relação entre eles, os pólos e a rotação da Terra. O módulo 4, por sua vez, foi inteiramente dedicado à discussão da localização de pontos sobre a superfície da Terra através das coordenadas latitude e longitude, dos meridianos e paralelos. As respostas iniciais dadas pelas professoras aos respectivos questionários indicaram as seguintes concepções:

Os pontos cardeais

Todas as professoras sabiam muito bem nomear os quatro pontos cardeais, sendo eles citados, quase invariavelmente, na mesma ordem padronizada: norte, sul, leste e oeste.

Nas respostas à pergunta: “Para onde eles [os pontos cardeais] apontam?”, o mais freqüente foram respostas baseadas na noção de que o leste e o oeste correspondem às posições de nascimento e ocaso do Sol: *“O leste aponta para o nascer do sol. O oeste para o pôr do sol.”* (Ben), sendo isso também usado, por algumas, para definir o norte e o sul, através da tradicional regra prática:

“O Sol nasce ao leste (indicado pelo meu braço direito). Se põe a oeste (indicado pelo meu braço esquerdo). O norte fica à minha frente e o sul às minhas costas.” (Gin);

Uma das professoras parecia considerar tão forte esta relação entre o Sol e os pontos cardeais que escreve, em uma de suas respostas, a pergunta: *“A noite, onde fica o leste?”* (The).

Já algumas professoras consideravam o leste e o oeste como definidos pelas posições de nascimento e ocaso do Sol, mas associavam o norte e o sul aos pólos: *“O Leste aponta para o nascer do sol, o Oeste para o pôr do sol; o Norte para o Pólo Ártico e o Sul para o pólo antártico.”* (Pau).

Frente à pergunta a respeito da existência de alguma relação entre os pontos cardeais, os pólos e a rotação da Terra, a maioria (doze das dezessete professoras) ficou sem resposta, algumas delas dizendo “sim” ou “acredito que

sim”, ou respondendo alguma outra coisa, porém sem conseguir dizer qual seria a relação. As cinco professoras que deram respostas consistentes a este item responderam que os pólos, ou o eixo, determinariam os pontos cardeais.

Verificamos, assim, que parece fazer parte do senso comum das professoras de nossa amostra o conhecimento dos nomes dos quatro pontos cardeais e que sua determinação estaria ligada ao Sol, que “*nasce a leste e se põe a oeste*”, porém a maioria parece não estabelecer relação entre os pontos cardeais, os pólos e a rotação da Terra.

Latitude e longitude

O módulo 4 iniciava com a seguinte situação-problema: como um navio que tenha tido um acidente em alto-mar dever proceder para indicar sua posição? (veja apêndice B). As respostas mais freqüentes, dadas por cerca de metade das professoras, foram a de que ele deveria dar suas coordenadas, latitude e longitude, e/ou de que ele deveria usar a bússola, como nos exemplos abaixo:

“Poderá indicá-la via rádio ou outro instrumento após verificá-la em bússola por ex.; também poderá dar sua latitude, longitude...” (Eun);

“Ele deverá se orientar pela bússola e orientar pelo rádio a sua latitude e longitude pelo radar.” (Pau);

“Por meio de bússola e mapas, indicando latitude e longitude.” (The).

“Ele se identificará através das orientações de coordenadas de latitude e longitude de onde se encontra.” (Yol).

Percebe-se, de maneira interessante, nestes exemplos, que várias professoras concebem uma estreita vinculação, ou, mais precisamente, uma *indistinção* entre orientação e localização, imaginando, por exemplo, que através de uma bússola seja possível determinar a posição em que o navio se encontra, o que é impossível...

As respostas dadas aos itens do módulo que perguntavam diretamente: “O que é latitude?” e “O que é longitude?”, também revelaram um resultado interessante: latitude e longitude parecem ser concebidas principalmente como medidas de “distância” ou “espaço” entre meridianos e paralelos, ou de arcos de

circunferência da Terra, e não como coordenadas angulares indicativas de posição, como pode-se constatar pelos exemplos a seguir:

“Latitude é o espaço entre um paralelo e outro. Longitude é o espaço entre um meridiano e outro.” (Cin);

“Latitude é a distância do Equador até os Pólos. Longitude é a distância entre os meridianos.” (Yol)

Uma resposta especialmente notável, com relação a este aspecto, foi dada por Iza, que parece conceber latitude e longitude como espécies de medidas de diâmetros da Terra:

“[Latitude] É a distância da terra de forma vertical de ponta a ponta. Norte-sul. [Longitude] É a distância da Terra partindo de um ponto inicial ao outro. Ex: a distância do diâmetro (horizontal) de oeste a leste.” (Iza)

É igualmente notável, no exemplo anterior, a “absolutização” da vertical, pois Iza concebe latitude e longitude como medidas, respectivamente, na vertical e na horizontal.

Uma única professora cita que latitude e longitude seriam coordenadas usadas para a localização:

“[Latitude e longitude:] Coordenadas → utilizadas para localização e determinadas pelos meridianos e trópicos.” (Eun).

Também uma única professora se refere ao fato de elas serem medidas angulares:

“[Latitude:] Padrão (→ distância) de medida em graus a partir do equador. [Longitude:] Padrão de medida em graus a partir do meridiano” (Mon)

Portanto, embora no item do navio que sofria um acidente em alto-mar cerca de metade das professoras tenha dito que ele poderia indicar sua localização através das coordenadas latitude e longitude, nesse outro item, que perguntava diretamente o que seriam latitude e longitude, as professoras deram mostras de concebê-las, sobretudo, como medidas de “distância” ou “espaço”. Se, na questão anterior, havia sido detectada uma “indiferenciação” entre orientação e localização, nesta parece evidenciar-se um indistinção entre distâncias lineares e angulares.

A pouca noção, ou falta de familiaridade, das professoras, acerca do uso da latitude e longitude como um sistema de coordenadas angulares para localização de pontos na superfície da Terra parece ser evidenciada também pelas respostas dadas ao item que perguntava qual seria posição da cidade em que viviam (São Paulo) na superfície da Terra: a maioria respondeu simplesmente *“no hemisfério sul”, “no sudeste”, e/ou “próxima do trópico de Capricórnio”*. Uma única professora, dentre as quatorze que responderam ao módulo 4, referiu-se a uma especificação em termos de uma coordenada, que parece ser a latitude, mas, mesmo assim, de maneira equivocada: *“Situada a 120° do equador direção sul.”* (Mon).

Paralelos e meridianos

No módulo 4 havia uma questão que perguntava diretamente “o que é um meridiano e um paralelo da Terra?” (questão 4.3 do módulo 4, veja apêndice B). O primeiro fato notável, neste item, foi o de que as respostas foram dadas quase exclusivamente em termos de uma conceituação “gráfico-geométrica” de meridianos e paralelos, praticamente sem qualquer referência ao seu uso para localização de pontos ou regiões na superfície da Terra, ou seja, à sua relação com as coordenadas latitude e longitude. Os meridianos e paralelos eram assim descritos como linhas (imaginárias) traçadas sobre a superfície da Terra, cuja disposição era indicada como sendo, respectivamente, ou nas direções vertical e horizontal²², ou de pólo a pólo e paralelas ao equador, ou como perpendiculares ao equador e à direção norte-sul, como nos exemplos a seguir:

“Meridianos são linhas verticais que vão de pólo a pólo. Paralelos são linhas horizontais paralelas ao Equador.” (Der);

“Os paralelos cortam a Terra horizontalmente e sempre em linhas paralelas e os meridianos cortam a Terra verticalmente e se encontram sempre nos pólos.” (Ied);

“Meridiano é linha imaginária que liga os pólos e paralelo é linha paralela ao Equador (Trópicos).” (The);

Com a noção de “trópico” aconteceu exatamente o mesmo: na questão que perguntava “o que é um trópico” (questão 4.6 do módulo 4), quase todas as

²² Aqui, mais uma vez, fica evidente a força da concepção de uma vertical absoluta.

professoras o conceituaram de maneira puramente gráfica, através de respostas do tipo:

“Trópico é a linha paralela que fica entre o Equador e os círculos polares.”
(Ied)

“É uma linha paralela (imaginária) ao Equador.” (Pau)

O mais interessante é notar que os paralelos e meridianos foram muito citados nas respostas dadas às questões do módulo 4 que pediam uma conceituação do que seriam latitude e longitude. Contudo, surpreendentemente, o inverso absolutamente não ocorreu, ou seja, nas quatorze respostas à questão que perguntava diretamente “o que é um meridiano e um paralelo da Terra?” (questão 4.3 do módulo 4, veja apêndice B), não houve qualquer referência à latitude e longitude... Essa assimetria nas citações, ou seja, referência constante aos paralelos e meridianos na conceituação de latitude e longitude, porém ausência completa de citação destas coordenadas na conceituação dos paralelos e meridianos, leva-nos a crer que, para as professoras, a noção de paralelos e meridianos é mais “primitiva” do que a de latitude e longitude. Parecendo assim que os paralelos e meridianos – cuja conceituação era essencialmente gráfica – serviam de base para a elaboração das noções de latitude e longitude, mas não o contrário.

Essa interpretação parece ser reforçada quando reexaminamos alguns exemplos de como a latitude e a longitude foram caracterizadas pelas professoras:

“Latitude é a distância de um paralelo ao outro paralelo. Longitude é a distância de um meridiano a outro, tendo como marco zero o meridiano de Greenwich.” (Der)

“A latitude é medida pelo meridiano. A longitude é medida pelo paralelo.”
(Lou)

“Latitude é a medida em relação aos trópicos. Longitude é a medida em relação aos meridianos.” (The)

Em todas estas respostas o tom parece-nos de uma precedência, de uma preexistência dos paralelos e meridianos; sendo, a partir deles, e em função deles, definidas a latitude e a longitude²³.

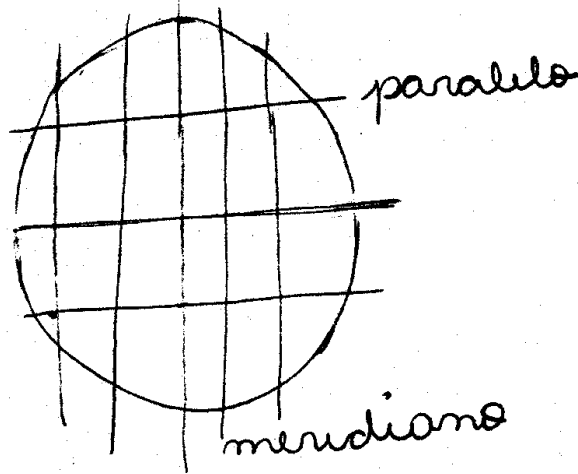
Parece-nos assim que a imagem gráfica dos meridianos e paralelos, definindo uma “grade” de linhas sobre a superfície da Terra, é bem familiar e conhecida por quase todas as professoras, e é o que de fato constitui o cerne de sua concepção de paralelos e meridianos.

Em reforço a essa hipótese podemos notar ainda que algumas professoras responderam ao item que perguntava o que eles eram e pedia um desenho representando-os, somente através de um desenho com as indicações “paralelo(s)” e “meridiano(s)”, como nos exemplos mostrados à figura 30, na página seguinte.

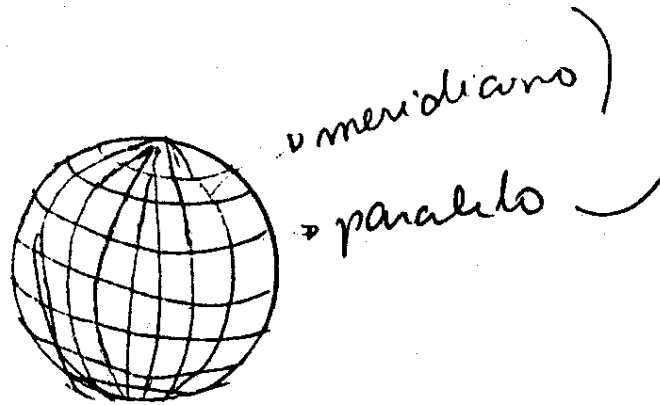
Essa grande influência das representações gráficas sobre as concepções das professoras parece repetir-se em diversas outras situações, como já vimos no caso do achatamento exagerado dos pólos, no caso da imagem padrão da Terra, com os pólos na vertical e o equador na horizontal, e veremos em outros, como nas explicações das estações do ano, das fases da Lua etc...

Outro aspecto bem evidente nas respostas sobre os meridianos e paralelos é, novamente, a manifestação da crença numa vertical absoluta, orientada na direção da reta que passa pelos pólos da Terra. Quatro professoras (Cin, Der, Ied e Yol) deram respostas ao item que pergunta o que são os meridianos e paralelos caracterizando-os como linhas “verticais” e “horizontais”. Uma das professoras (Ben) parece radicalizar essa idéia em sua concepção gráfica: embora não tenha dado resposta escrita, no desenho que fez, apresentado à fig. 30(a), indica os paralelos por retas horizontais e, os meridianos, por retas bem verticais, que, inclusive, não acompanham a esfericidade da Terra, tendência que também é observada, em menor grau, no desenho de Pau, fig. 30(c).

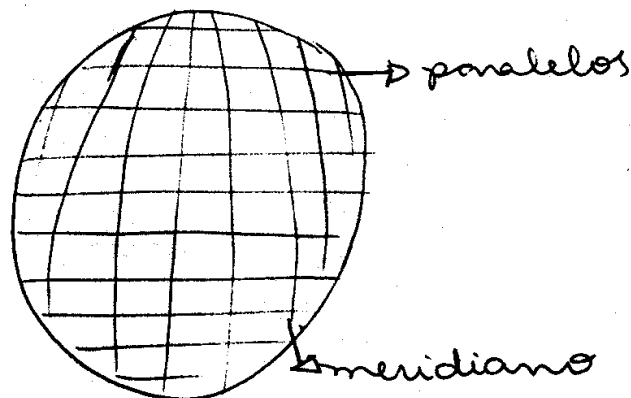
²³ Logicamente, não se pode falar neste tipo de precedência, pois o traçado das próprias referências iniciais – o equador e o meridiano de Greenwich – não faria sentido sem que já estivessem implícitas a definição de um sistema de coordenadas e a intenção de utilizá-lo, com o equador e o meridiano de Greenwich servindo como origens deste sistema.



(a)



(b)



(c)

Figura 30: Conceituação puramente gráfica dos meridianos e paralelos.
Desenhos feitos por: (a) Ben, (b) Cril e (c) Pau.

Em resumo, os principais resultados que obtivemos em relação à latitude e longitude, aos meridianos e paralelos foram os seguintes:

- As professoras imaginam que a bússola e/ou pontos cardeais podem ser usados não só para orientação, mas também para localização de pontos na superfície da Terra.

- Latitude e longitude são concebidas como medidas de distância ou espaço, a partir de, ou entre, os paralelos e meridianos. A noção de latitude e longitude, portanto, parece baseada na noção de paralelos e meridianos.

- A noção de paralelos e meridianos, por sua vez, parece fundada essencialmente na imagem gráfica de seu desenho sobre a superfície da Terra, formando uma “grade”, o que faz com que eles também acabem vinculados à noção de uma vertical absoluta, que acha-se associada à imagem padrão da Terra com os pólos alinhados na vertical, equador na horizontal²⁴. Em virtude disso os paralelos e meridianos acabam sendo definidos como linhas que ficam na vertical e na horizontal.

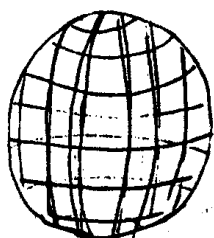
Esse último resultado põe novamente em evidência a importância que as imagens padronizadas têm na formação das representações das professoras. A imagem da Terra com os pólos alinhados na vertical e os paralelos e meridianos traçados sobre sua superfície, da maneira como parece ser interpretada pelas professoras, sintetiza em si tanto a noção do que são os meridianos e paralelos, como a da existência de uma vertical absoluta.

Com efeito, os desenhos que acompanham as respostas das professoras parecem reproduzir bem essa imagem padrão, como nos exemplos que apresentamos à figura 6, o primeiro deles feito por The ainda no módulo 1, quando ainda nada havia sido perguntado sobre meridianos e paralelos, mas apenas se pedido um desenho da Terra.

²⁴ Conforme já discutimos nos itens anteriores sobre os pólos, o equador e o eixo de rotação.



(a)



Meridianos são as linhas verticais
Paralelos são as linhas horizontais

(b)

Meridianos são linhas verticais que vão de pólo a pólo
Paralelos são linhas horizontais paralelas ao Equador



(c)

Figura 31: Desenhos que reproduzem a imagem padrão da Terra “na vertical”, com meridianos e paralelos indicados. Desenhos feitos por: (a) The, (b) Cin e (c) Der.

A gravidade

O módulo 3 do curso foi especialmente dedicado à discussão da gravidade na superfície da Terra (veja questões propostas, no apêndice B).

Um dos principais resultados extraídos a partir da análise das respostas dadas ao questionário correspondente foi com relação à maneira como as professoras concebiam a orientação da gravidade na superfície da Terra.

Esse resultado foi obtido sobretudo a partir do exame das questões que pediam para desenhar pessoas em diferentes pontos da Terra e indicar a trajetória de pedras que fossem lançadas para o alto nestes pontos (questões 3.2 e 3.3 do módulo 3): cerca de metade das professoras fez um desenho correto, indicando uma gravidade orientada para o centro da Terra, porém a outra metade desenhou as pessoas “em pé” e as trajetórias das pedras orientadas sempre na mesma direção, independente do ponto em que se encontrassem na superfície da Terra (veja figura 28).

Já discutimos bastante esse ponto anteriormente. Vimos que isto significa uma concepção de que a vertical é absoluta que nos parece radicada na crença realista ingênua de que todos os objetos soltos caem na mesma direção e na representação padrão da Terra com pólos na vertical e equador na horizontal. Ao longo desta nossa análise, temos também destacado o quanto essa concepção é arraigada no pensamento de diversas professoras, e ainda teremos oportunidade de encontrar novas situações em que ela se manifestará, parecendo consistir, efetivamente, num dos pressupostos mais importantes e determinantes de sua representação de universo.

O segundo resultado interessante que obtivemos acerca de como as professoras concebem a gravidade foi o de que, para muitas, existe uma estreita vinculação entre a gravidade e a presença do ar, ou da pressão atmosférica. Esta concepção foi revelada pelas respostas dadas à primeira questão do módulo 3, que perguntava: “Por que, ao soltarmos um objeto, ele cai?”, e pelas questões que perguntavam o que aconteceria com os objetos em uma sala em que todo o ar fosse retirado (questões 3.6 e 3.7).

Em resposta à primeira, todas as dezessete professoras disseram que um objeto cai devido à “gravidade”, ou à “força da gravidade”, ou ainda à “lei da

gravidade”, mas, além de se referirem à gravidade, seis professoras também citam como causa da queda a “pressão do ar”, como nos exemplos abaixo:

“Devido à gravidade mais pressão do ar” (Der);

“Devido à força da gravidade e à pressão do ar.” (Iza);

Parece assim que essas professoras imaginam que a pressão do ar também desempenha um papel na queda dos corpos, “pressionando” para que eles caiam, somando-se assim à gravidade. Uma demonstração notável desta crença, foi dada por uma professora que chega a imaginar a atmosfera como que formando uma “parede” em torno da Terra, fazendo assim com que os corpos fiquem firmemente presos à sua superfície: em resposta à questão que perguntava por que um navio que navega de um pólo a outro não cai (questão 3.4), em seu caderno, ela escreve que: “A pressão da camada de atmosfera **que forma uma parede**²⁵ e a atração do solo sobre a matéria oferecem um equilíbrio.” (Dal). Essa idéia parece relacionada com a noção de que a Terra funciona como um continente, ou melhor, é um continente (no sentido de “recipiente”), no interior do qual nós vivemos, no qual estamos encerrados (pela parede atmosférica..., pensaria, possivelmente, a professora citada) e por isso não caímos²⁶.

Porém o efeito da presença do ar, ou da pressão atmosférica, não é apenas concebido como algo que se soma à gravidade, auxiliando na queda dos corpos e na manutenção deles firmemente presos ao chão, como é dado a entender pelas respostas acima citadas, mas também sua presença é pensada como uma condição necessária à própria existência da gravidade: nas respostas dadas à pergunta sobre o que aconteceria com os objetos no interior de uma sala se todo o ar fosse retirado isso fica bem claro: oito das dezessete professoras respondem que eles “flutuariam” ou “voariam soltos”, como se, na ausência do ar, a gravidade deixasse de existir²⁷.

²⁵ Grifo meu.

²⁶ Interessante notar que, nesse tipo de concepção e na resposta dada por Dal, sutilmente percebe-se a presença da crença numa vertical absoluta, válida para toda a Terra e o espaço a sua volta, pois dá a entender, indiretamente, que, se não fosse por essa “parede” formada pela atmosfera, o navio, ou as pessoas e coisas sobre a superfície da Terra, poderiam cair no espaço..., o que só faz sentido se imaginarmos que existe uma direção segundo a qual as coisas deveriam cair, porém são impedidas pela atmosfera e gravidade.

²⁷ Possivelmente, deve contribuir para esta concepção as imagens, veiculadas pela mídia, de astronautas “flutuando” quando estão no espaço, onde, se sabe, não existe ar; favorecendo assim a associação entre a ausência de ar e de gravidade.

Corroborando isso, no questionário inicial, em resposta à pergunta “como é a Lua” (onde, sabe-se, não existe ar) algumas professoras disseram que ela não possui gravidade.

No módulo 6 foi proposta uma questão que perguntava por que a Terra permanece girando em torno do Sol, sem escapar de sua trajetória (veja apêndice B). Ela forneceu alguns indícios sobre a noção de gravidade das professoras não mais apenas na superfície da Terra, mas no sistema solar. O mais interessante foi perceber que as professoras aparentam conceber a gravidade e a atração do Sol como duas coisas distintas, que se somam para produzir o efeito de manter os planetas em suas órbitas, como nas respostas a seguir:

“Devido à gravidade e provavelmente uma espécie de atração do Sol exerce em todos os planetas” (Der)

“Por causa da Lei da Gravidade e a atração que o Sol exerce nos corpos celestes.” (The).

Parece-nos assim que, na concepção dessas professoras, a “gravidade” e a atração do Sol seriam coisas independentes: possivelmente a gravidade sendo associada mais à própria Terra, ao que acontece aqui na sua superfície, e, a atração do Sol, ou “força gravitacional”, sendo associada a algo que só ocorre entre os astros, no sistema solar, e que não acha-se relacionado à familiar “gravidade”.

Em resumo, a gravidade na superfície da Terra é concebida por boa parte das professoras como possuindo uma orientação absoluta, paralelamente ao eixo que passa pelos pólos, e é associada à presença do ar. A noção de gravidade parece não ser generalizada para o sistema solar, onde os planetas manteriam suas órbitas em torno do Sol devido a uma propriedade de atração do Sol, distinta da gravidade.

Movimentos da Terra: rotação, translação e a órbita em torno do Sol

O módulo 5 do curso foi dedicado ao estudo da rotação da Terra, do ciclo dia/noite e à questão da marcação das horas e dos fusos horários. No módulo 6 foi abordada a questão do movimento de translação e da órbita da Terra, tendo sido feitas, também, algumas perguntas que referiam-se à rotação, em especial, sobre a diferença entre rotação e translação (veja apêndice B). No módulo 7, foi discutido o ciclo das estações do ano, que também acha-se relacionado aos movimentos de rotação e translação da Terra.

Com base nas respostas das professoras aos questionários destes módulos, em alguns dados colhidos no questionário de início do curso e nas atividades desenvolvidas durante a execução dos módulos, pudemos levantar diversos aspectos relativos às concepções das professoras acerca dos movimentos da Terra.

A primeira questão do módulo 6 perguntava quais eram os principais movimentos que a Terra apresentava, e, a segunda, qual era a diferença entre rotação e translação (questões 6.1 e 6.2, veja apêndice B). À primeira, as professoras responderam de maneira bem sucinta e padronizada, dizendo apenas que os movimentos eram “rotação e translação”, sem nenhum esclarecimento adicional. Na segunda, as respostas também seguiram um mesmo padrão e consistiram muito mais numa “conceituação” do que seriam rotação e translação *da Terra* – embora a pergunta tivesse sido feita de maneira geral, sem referência ao nosso planeta (veja apêndice B) – do que num esclarecimento acerca da diferença entre os dois tipos de movimento, como nos exemplos a seguir:

“Rotação é o movimento que a Terra faz em torno de si mesma. Translação é o movimento que a Terra faz em torno do Sol.” (Dal);

“A diferença é que no movimento de Rotação a Terra gira em torno de si mesma sobre um eixo imaginário e no movimento de Translação o movimento dela é em torno do Sol.” (Mar);

O primeiro aspecto que chamou nossa atenção nas respostas anteriores foi a limitação das explicações ao caso particular dos movimentos da Terra e a ausência de referência explícita a uma diferenciação entre rotação e translação

em termos cinemáticos, ou seja, em termos das características cinemáticas gerais destes dois tipos de movimentos²⁸.

O que percebemos em todas as respostas foi a repetição padronizada dos enunciados de que *“rotação é o movimento da Terra ao redor (ou em torno) de si mesma”* e que *“translação é o movimento da Terra ao redor (ou em torno) do Sol”*.

Com relação à vinculação das explicações ao caso particular dos movimentos da Terra, é interessante notar que as respostas anteriores, somadas às dadas na primeira questão, evidenciam uma certa “circularidade” no pensamento das professoras ao formular suas respostas: os movimentos da Terra seriam a rotação e a translação, conforme respondido no primeiro item, e, por sua vez, rotação e translação seriam os movimentos da Terra (em torno de si mesma e do Sol, respectivamente), conforme respondido no segundo...; ou seja: o mesmo enunciado padronizado de que *“a Terra apresenta os movimentos de rotação e translação”* é o que parece ter servido de base a ambas as respostas.

Outro indício de que o enunciado anterior é bem conhecido e se constitui num dos traços mais marcantes da concepção de Terra das professoras é o fato de que, ainda no questionário do início do curso, no item que perguntava “como é a Terra?” (veja apêndice A), um dos aspectos frequentemente utilizados para caracterizá-la foi o de que a Terra *“realiza 2 movimentos (rotação e translação)”* (Cin), ou que ela *“contém os movimentos de translação e rotação”* (Ida) etc. Este enunciado parece, portanto, marcar fortemente a noção de Terra das professoras.

Poderia se objetar, com razão, que o contexto em que a pergunta acerca da diferença entre rotação e translação foi feita tenha induzido as professoras a darem respostas que se restringiam a explicar o que seriam a rotação e a translação *da Terra*, mesmo possuindo alguma noção mais geral acerca destes movimentos. Porém não foi isso que o desenvolvimento das atividades do módulo demonstrou: como já explicamos, ao descrever a metodologia utilizada no curso “Astronomia no 1º Grau”, as respostas individuais iniciais ao questionário de cada

²⁸ De maneira simples poderíamos dizer, por exemplo, que a rotação é um movimento circular em torno de um eixo, enquanto que a translação é um movimento em que o corpo se desloca como um todo, em que seu centro se move. Em Astronomia a compreensão da diferença cinemática entre rotação e translação é importante não só para a compreensão dos movimentos da Terra como para o de outros fenômenos como, por exemplo, do fato de a Lua apresentar sempre a mesma face voltada para a Terra e, a outra, oculta. Questão que foi efetivamente abordada no último módulo de nosso curso, dedicado à Lua e seus movimentos.

módulo, de acordo com o conhecimento prévio das professoras, consistia apenas na primeira etapa de trabalho, a qual era seguida pela execução de atividades em grupo, de acordo com roteiro elaborado pelos coordenadores. Ao realizarmos as atividades do módulo 6, em especial durante a discussão e execução dos itens 6.8 e 6.9 ²⁹, verificamos de maneira inequívoca que as professoras tinham grande dificuldade em discernir, cinematicamente, a rotação da translação.

Extremamente esclarecedora, quanto a este aspecto, foi o desenvolvimento da atividade sugerida no item 6.9, em que as professoras deveriam representar, com o próprio corpo, os movimentos de rotação e translação. Observamos que, no início, em geral elas tinham a tendência de realizar movimentos mistos, que incluíam tanto rotação quanto translação, na tentativa de representação de ambos, sobretudo da translação. Após a intervenção dos coordenadores, o movimento de pura rotação parece ter sido bem compreendido e passou a ser representado com facilidade, porém, o de pura translação, revelou-se bastante problemático: ao reproduzi-lo com o próprio corpo, diversas professoras continuavam com a tendência de realizar um movimento que incluía um pouco de rotação. Nalguns casos, somente após várias tentativas é que o movimento de pura translação conseguiu ser reproduzido³⁰.

Com base neste indícios, concluímos que o conhecimento inicial das professoras acerca do que seriam os movimentos de rotação e translação da Terra se resumia basicamente a um conjunto de enunciados, semelhantes aos que já destacamos:

“A Terra apresenta os movimentos de rotação e translação”;

“Rotação é o movimento da Terra ao redor de si mesma”;

“Translação é o movimento da Terra ao redor do Sol”;

que eram repetidos de maneira padronizada pelas professoras, mas cujo sentido cinemático, em geral, era mal, ou apenas superficialmente compreendido (p. ex., rotação e translação eram concebidas como movimentos em que a Terra “gira”, em torno de si ou do Sol).

²⁹ Veja apêndice C, onde apresentamos o roteiro de atividades utilizado no módulo 6.

³⁰ Ao que parece, a dificuldade achava-se ligada à capacidade de perceber como variava a orientação do próprio corpo em relação a um referencial externo, como, por exemplo, as paredes da sala, quando caminhavam ao longo da “órbita” na qual realizavam a translação.

O período do movimento de rotação, ou seja, o tempo gasto pela Terra para dar uma volta em torno de seu próprio eixo – conforme foi perguntado no item 5.1 – foi unanimemente apontado pelas professoras como sendo de um dia, ou 24 horas. Da mesma forma, o período do movimento de translação, de um ano, ou 365 dias, era bem conhecido pelas professoras.

A maioria também apontou a rotação como sendo a responsável pelo ciclo dia/noite: no item que perguntava porque ocorria o fenômeno da sucessão de dias e noites (questão 5.2), obtivemos respostas do tipo:

“Pelo movimento de rotação, ou seja, a Terra girando em torno do seu próprio eixo.” (Lou);

“Por causa do movimento da Terra ao redor de seu eixo – movimento de rotação.” (The).

Ou, de maneira mais completa:

“Por causa do movimento de rotação da Terra. O dia é parte da Terra que está voltada para o Sol e noite é a parte que não está iluminada pelo Sol.” (Ied).

Em algumas respostas, contudo, a rotação da Terra não foi citada explicitamente, sendo ressaltado apenas o papel desempenhado pelo Sol, como nos dois exemplos abaixo:

“Porque o sol ilumina uma parte primeiro e depois a outra.” (Ben);

“Porque o lado da Terra que está voltado para Sol recebe luz e é dia; o lado oposto não recebe luz e sim a sombra da própria Terra, é noite.” (Mam).

Fica em aberto, nestas respostas, a maneira como as professoras concebiam a dinâmica do ciclo, ou seja, se ele ocorria devido ao movimento de rotação da Terra, ou a algum outro tipo de movimento, da Terra ou do Sol.

Pelo menos uma das professoras deu uma resposta que indica, explicitamente, uma concepção dinâmica diferente:

“É o movimento da Terra em torno do Sol. Metade da Terra recebe a luz do sol (dia) e metade não recebe, fica na escuridão (noite)” (Pau).

Ou seja, Pau considerava “o movimento da Terra em torno do Sol”, e não o movimento de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo, como sendo a causa dos dias e noites.

A existência de diversos fusos horários, de que a hora pode ser diferente em distintas cidades também são fatos bem conhecidos pelas professoras, sendo mencionado, por algumas delas, que isto estaria relacionado à longitude, à posição do Sol e/ou à rotação da Terra. Contudo, a questão que perguntava: “A marcação das horas do dia é feita com base em quê?” (questão 5.7) revelou um resultado interessante: as professoras responderam que essa marcação era feita com base na posição do Sol ou na rotação da Terra, só que isso, geralmente, era feito de maneira excludente: ou a resposta era de que ela era baseada no Sol, ou então de que era na rotação da Terra

Esta separação entre os dois tipos de explicações nos pareceu relevante, uma vez que aparenta ser um sintoma de uma falta, ou, ao menos, de uma dificuldade de estabelecimento de relação entre dois fenômenos que acham-se intimamente ligados: o movimento diurno descrito pelo Sol no céu e a rotação da Terra, ou seja, entre o chamado movimento “aparente” e o “real”³¹, ou, como preferimos, entre o movimento observado da superfície da Terra, segundo um referencial local, e o que seria observado num referencial heliocêntrico.

Mesmo no caso da única resposta em que ambos os fatos foram citados:

“No movimento da Terra (rotação) e a passagem do Sol de leste a oeste.”
(The),

³¹ Utilizamos os termos “aparente” e “real” entre parênteses como uma espécie de ressalva ao seu uso, que, embora consagrado, parece-nos inadequado, pois todo movimento é sempre relativo a um certo referencial, não existe movimento ou referencial absoluto. Quando observamos o céu de um ponto da superfície da Terra, nosso referencial natural é esse ponto. É um referencial local, topocêntrico, e, com relação a ele, o chamado movimento “aparente” do Sol não tem nada de ilusório, ou aparente, muito pelo contrário, é o movimento que é realmente observado *neste referencial*. Porém, como ele não é um referencial inercial, para efeito de aplicação das leis físicas, para cálculos, para a formulação das explicações científicas, é bem mais simples utilizarmos um referencial que melhor se aproxime de um referencial inercial, e então adotamos, em geral, um referencial heliocêntrico, no qual a Terra gira e translada. Contudo, parece-nos inapropriado denominar somente os movimentos nele descritos como sendo “reais”, pois também essa descrição, feita nesse referencial, não passa de uma interpretação da natureza, uma criação simbólica humana, como toda a explicação física, e só indevidamente poderia ser considerada como sendo o “real” ou a “verdade” absolutos. Em vez de se falar de movimentos “reais” e “aparentes”, julgamos mais acertado falar-se em movimentos observados em um referencial local e em um referencial heliocêntrico – maneira de abordar a questão que ainda tem o mérito de destacar o papel fundamental dos referenciais na descrição dos movimentos.

é possível perceber que parece haver apenas uma superposição, uma soma de explicações, sem o estabelecimento de uma relação entre ambas.

Reencontraremos manifestações deste tipo de dificuldade, de articulação entre referenciais locais e heliocêntricos, em outros momentos desta nossa análise, como, por exemplo, durante o levantamento das concepções acerca dos fenômenos das estações do ano e das fases da Lua.

Com relação à noção de órbita, em um dos itens do módulo 6 (questão 6.3) foi feita a pergunta: “o que é uma órbita?”. Nas respostas dadas, algumas professoras parecem concebê-la como sendo um caminho, ou trajetória, como nos exemplos abaixo:

“Órbita é o caminho/percurso realizado pelo planeta em torno do Sol.” (Cin);
“É o trajeto circular que a Terra apresenta ao redor do Sol.” (The).

É interessante observarmos que, embora a pergunta tenha sido feito de maneira genérica, semelhantemente ao que ocorreu no caso da questão acerca da diferença entre rotação e translação, as noções acima expressas parecem restritas ao caso particular da órbita da Terra em torno do Sol.

Outras professoras contudo, pareciam conceber “órbita” não como uma trajetória, mas mais como um tipo de movimento, como nos dois exemplos abaixo:

“É o movimento circular de um elemento em torno de outro.” (Dal);
“Penso que é o movimento da terra em relação ao sol (em torno do sol).” (Iza).

No último exemplo (Iza), é interessante observar que a conceituação de órbita é igual a que já havia sido dada para o movimento de translação, ou seja, para ela, ao que parece, órbita e movimento seriam a mesma coisa.

No item seguinte do módulo 6, foi perguntado como era a órbita da Terra em torno do Sol, pedia-se um desenho desta órbita e, ainda, a reprodução do movimento da Terra em torno do Sol com um modelo tridimensional no qual a Terra era representada por uma bola de isopor e, o Sol, por uma lâmpada. As respostas verbais foram poucas e sucintas: das seis professoras que responderam a este item apenas três deram respostas por escrito:

“A órbita da Terra em torno do Sol é circular.” (Dal);

“É um movimento inclinado.” (Iza);

“Órbita giratória.” (The).

Apenas a primeira (Dal) deu uma resposta em termos de uma caracterização da trajetória, enquanto que as outras duas (Iza e The), parecem referir-se não tanto à trajetória mas mais ao tipo de movimento. Este resultado, somado ao do item anterior, parece indicar que, de fato, algumas professoras não distinguem a órbita do movimento, considerando-os uma só coisa.

Contrastando com a escassez das respostas verbais, as respostas gráficas, ou seja, os desenhos, foram feitos por todas as professoras e obedecem praticamente a um mesmo padrão: a órbita indicada é elíptica (ou circular, mas desenhada numa perspectiva oblíqua), com a Terra sendo representada em 4 posições, diametralmente opostas aos pares, dividindo a órbita em 4 partes iguais, e o Sol aparece no centro, como nos exemplos mostrados às figuras 32 e 33.

Chama a atenção nestes desenhos, em primeiro lugar, a sua padronização. É possível perceber, sobretudo pela Terra desenhada em quatro posições, que o padrão por eles seguido não é outro senão o veiculado pelos livros didáticos: é um lugar comum nestes livros, principalmente em associação com a explicação das estações do ano, apresentar um desenho da órbita da Terra de forma elíptica (ou circular, mas representada numa perspectiva oblíqua) em que esta é representada em quatro posições, correspondentes aos equinócios e solstícios, que marcam o início e o final de cada uma das estações, com o Sol representado no centro da trajetória. Na figura 34 apresentamos exemplos desse diagrama padrão extraídos de livros didáticos.

Confirmando esta hipótese, podemos observar que uma das professoras (Cin), espontaneamente, chegou a escrever o nome de estações ao lado de cada um das quatro posições da Terra indicadas em seu desenho (fig. 32(a))³². Podemos notar, também, que os desenhos feitos pelas professoras no módulo seguinte (fig. 36 e 37), quando, aí sim, pedia-se um desenho ilustrativo da posição da Terra em sua órbita nas diferentes estações do ano, são praticamente idênticos aos que já haviam sido feitos no módulo anterior (fig. 32 e 33).

³² Podemos também observar, neste desenho, que, sutilmente, ela indica nossa posição sobre a Terra por um ponto, o qual fica mais próximo do Sol no verão e mais distante no inverno indicados em sua figura.

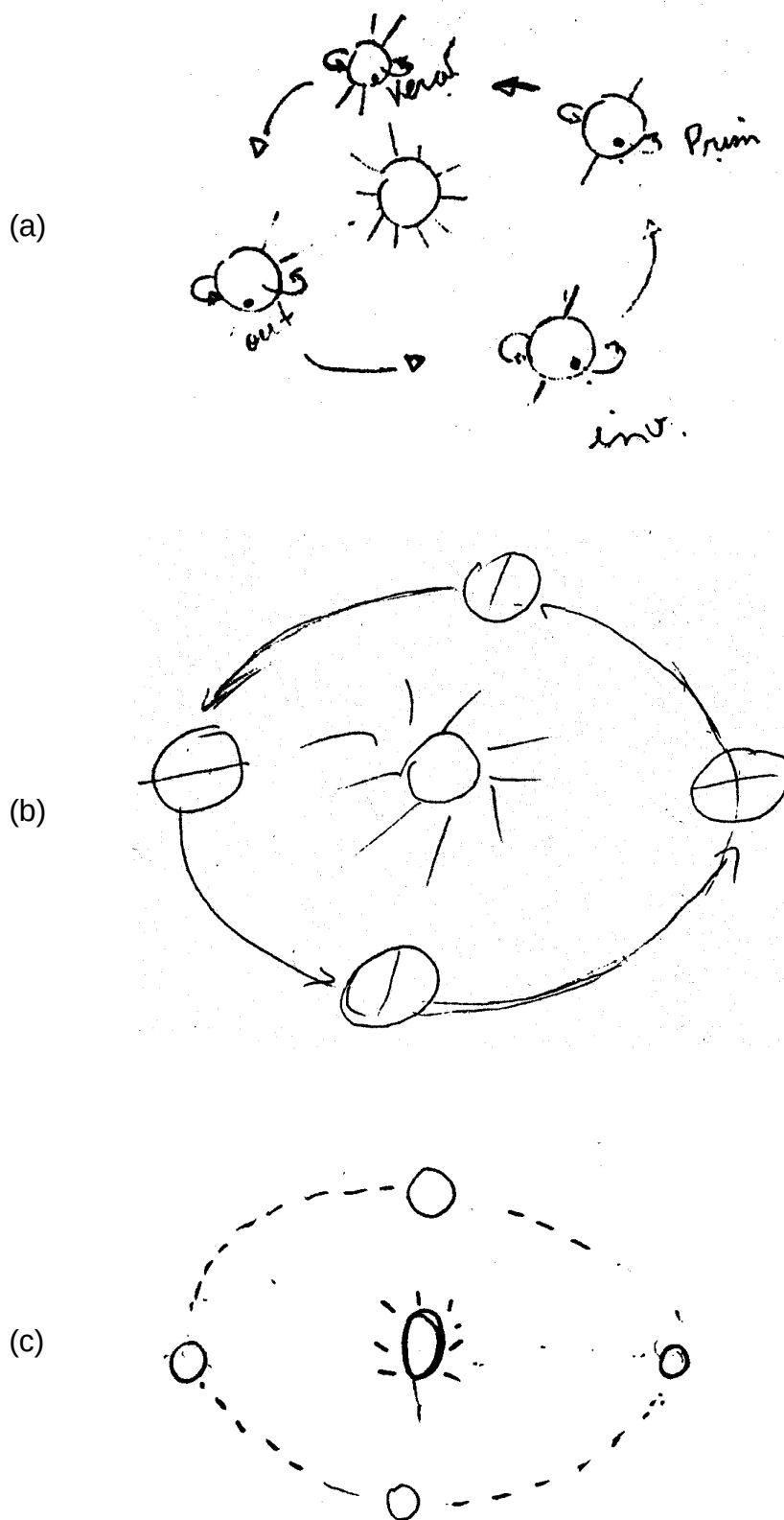
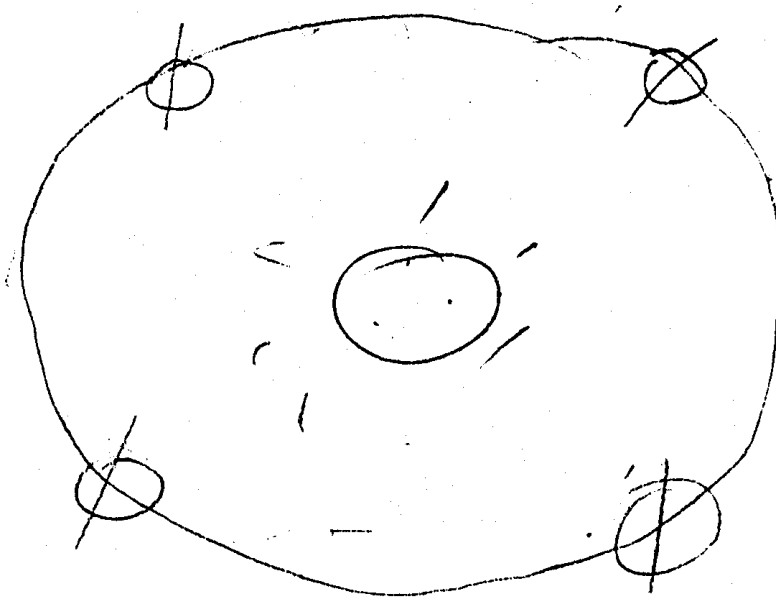


Figura 32: Desenhos feitos em resposta à questão que pedia uma representação da órbita da Terra em torno do Sol: (a) Cin; (b) Der; (c) Iza.

(a)



(b)

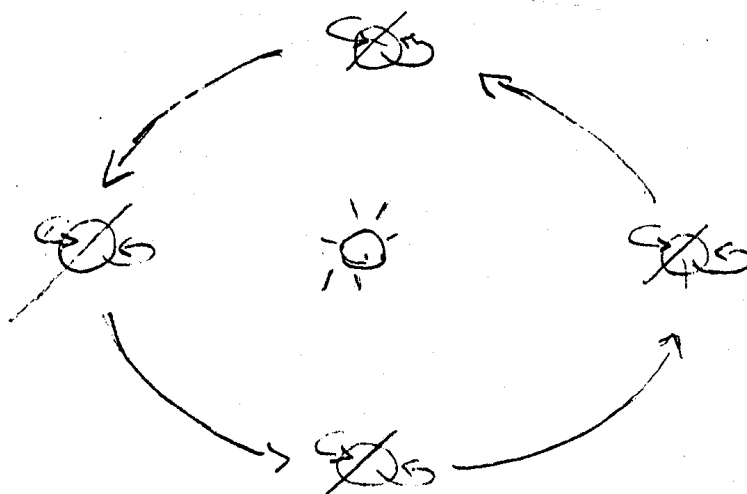


Figura 33: Desenhos feitos em resposta à questão que pedia uma representação da órbita da Terra em torno do Sol: (a) Mar; (b) Dal.

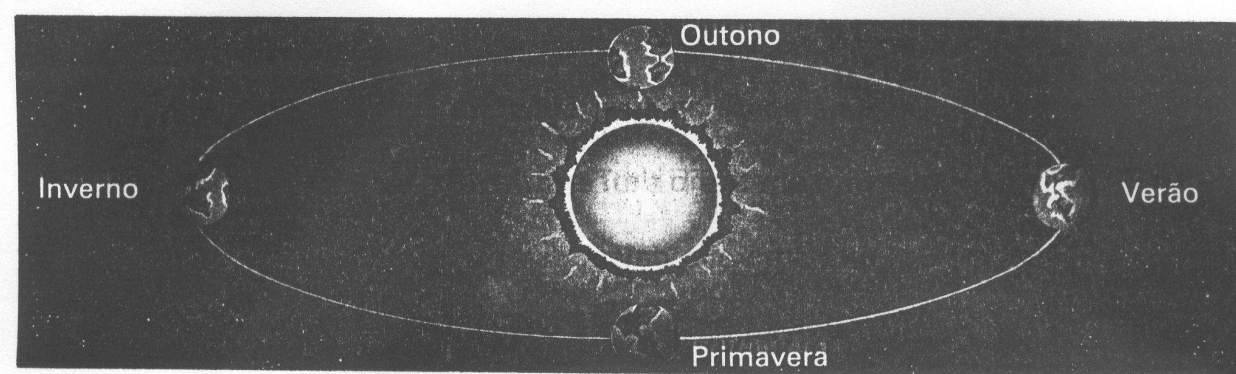
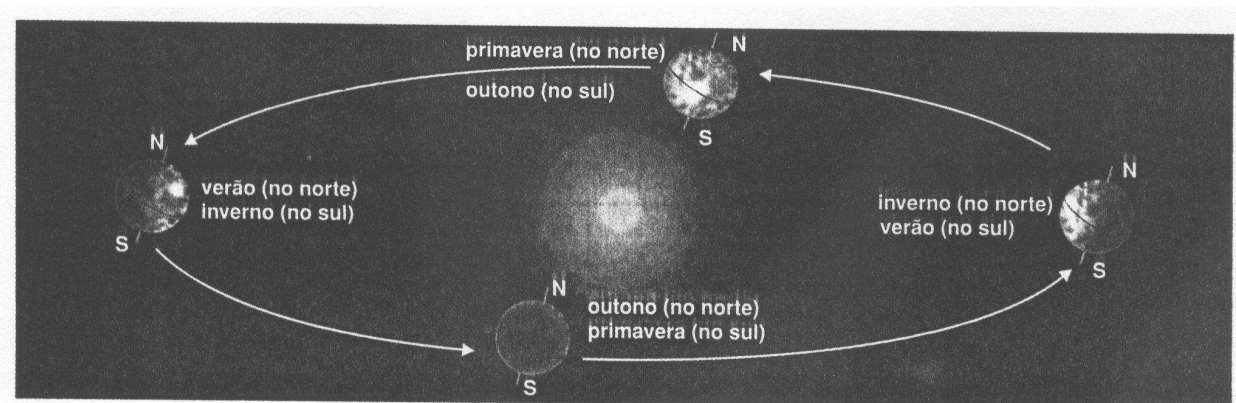


Figura 34: Exemplos de desenhos que acompanham a explicação das estações do ano nos livros didáticos³³.

³³ Figuras extraídas de MARSICO et al., 1997, Coleção “Marcha Criança: Ciências”, vol. 3, p.6, e PEIXOTO e ZATTAR, 1993, Coleção “Bom Tempo: Ciências”, vol. 3, p. 22.

Portanto, nossos dados indicam que é a imagem padronizada apresentada nos livros didáticos em associação à explicação das estações do ano que serve de modelo à concepção das professoras sobre a órbita da Terra.

Este desenho padronizado, e diversos outros, como é destacado no artigo de TREVISAN et al. (1997)³⁴, apresenta a característica marcante de não obedecer a nenhuma proporção real: o Sol desenhado pode ser menor do que a Terra³⁵ e o tamanho desta em relação ao da órbita também é muito maior que a proporção real³⁶. Exatamente como ocorre nos desenhos das professoras.

Semelhantemente ao que ocorreu no caso que já discutimos, da questão que perguntava o que eram os meridianos e paralelos e pedia um desenho deles, acreditamos mais uma vez que o fato de serem dadas poucas respostas verbais e apresentadas apenas as respostas gráficas não é casual, ao contrário, nos parece bem significativo, indicando, mais uma vez, o papel destacado, preponderante desempenhado pela imagem em certas representações das professoras. Lá como aqui, o cerne da concepção parece residir numa imagem gráfica padrão, veiculada pelos livros didáticos.

Outra evidência importante do papel determinante exercido pela imagem padronizada da órbita da Terra na modelagem das concepções das professoras, foi a constatação de que, para algumas, a forma da órbita da Terra corresponde exatamente à forma elíptica que aparece na imagem padrão, ou seja, essa forma não é interpretada como sendo um desenho, numa perspectiva oblíqua, de uma órbita que é praticamente circular³⁷, mas sim como sendo a forma real da órbita da

³⁴ Referindo-se aos livros didáticos de Ciências do ensino fundamental que analisaram, os autores dizem que: "As figuras, na maioria das vezes, quase sem exceção, passam aos alunos um conceito distorcido, induzindo uma visão fora da realidade. Temos como exemplo as dimensões relativas do Sol e dos planetas. Em nenhum texto vê-se uma figura desenhada em escala, e nenhuma nota explicando o fato de que o desenho está totalmente fora de escala." (TREVISAN et al., 1997, p.10).

³⁵ É interessante lembrar que, quando analisamos as concepções acerca do tamanho da Terra, observamos que algumas professoras de nossa amostra, de fato, imaginavam a Terra como sendo maior que o Sol.

³⁶ Representar a Terra, sua órbita e o Sol numa escala que guardasse proporções reais, evidentemente inviabilizaria completamente o objetivo didático principal destes desenhos, que é o de indicar como fica a posição dos hemisférios terrestres no início de cada uma das estações, pois, obedecendo a proporção real, a Terra seria minúscula em relação ao Sol e, mais ainda, em relação ao diâmetro de sua órbita. Contudo, o que é criticado pelos autores anteriormente citados (TREVISAN et al., 1997) é que esses desenhos nunca são acompanhados de uma explicação de que acham-se completamente fora de escala, transmitindo a falsa impressão de que as proporções reais sejam semelhantes às que aparecem no desenho.

³⁷ A órbita da Terra, num referencial heliocêntrico, é realmente uma elipse, porém com uma excentricidade muito pequena, de apenas 0,017 (a excentricidade de uma elipse é definida como a razão entre a distância entre os focos e o seu diâmetro maior), o que faz com que ela seja praticamente uma circunferência. Numa representação da órbita da Terra em escala correta, o

Terra, como se a estivéssemos olhando ao longo de uma direção perpendicular ao seu plano, e ela possuísse realmente um achatamento bem visível.

Essa interpretação do desenho padrão parece ser ainda reforçada pela informação de que a órbita da Terra é elíptica, veiculada pelos livros didáticos, geralmente desacompanhada de qualquer discussão a respeito da pequena excentricidade desta elipse. Da mesma forma que o desenho padrão é apresentado sem que seja feita qualquer menção com relação à perspectiva nele adotada.

Essa interpretação equivocada do desenho padrão da órbita da Terra foi detectada durante o desenvolvimento do curso: no módulo 6 havia itens das atividades em que se trabalhava o desenho de diversos tipos de elipses (itens 6.10 e 6.11, veja apêndice C), em especial, o de uma elipse representando a órbita terrestre de maneira fiel, com a sua excentricidade real. O objetivo deste trabalho era demonstrar que a órbita terrestre é uma elipse que é quase uma circunferência, cujo achatamento sequer é perceptível ao olhar, dada a sua pequena excentricidade. Esse objetivo foi bem compreendido por todas as professoras que realizaram a atividade. Porém, uma consequência inesperada desta compreensão foi que, ao final da etapa de trabalho em grupo e na etapa de resposta individual, no próprio caderno, ou nas respostas iniciais ao questionário de módulo 7 (onde uma das questões também pedia um desenho da órbita terrestre), surgiram desenhos como os apresentados na figura 35.

Nestes desenhos, a órbita terrestre é representada com uma forma bem circular (que, como elas haviam aprendido, era a forma mais realista), como se a órbita estivesse sendo vista “de cima”, numa perspectiva em que a linha de visada é perpendicular ao plano da órbita. Porém, o eixo terrestre, que também aparecia nestes desenhos, era representado “de perfil”.

achatamento é tão pequeno que torna-se imperceptível ao olhar, e ela parecerá, de fato, uma circunferência.

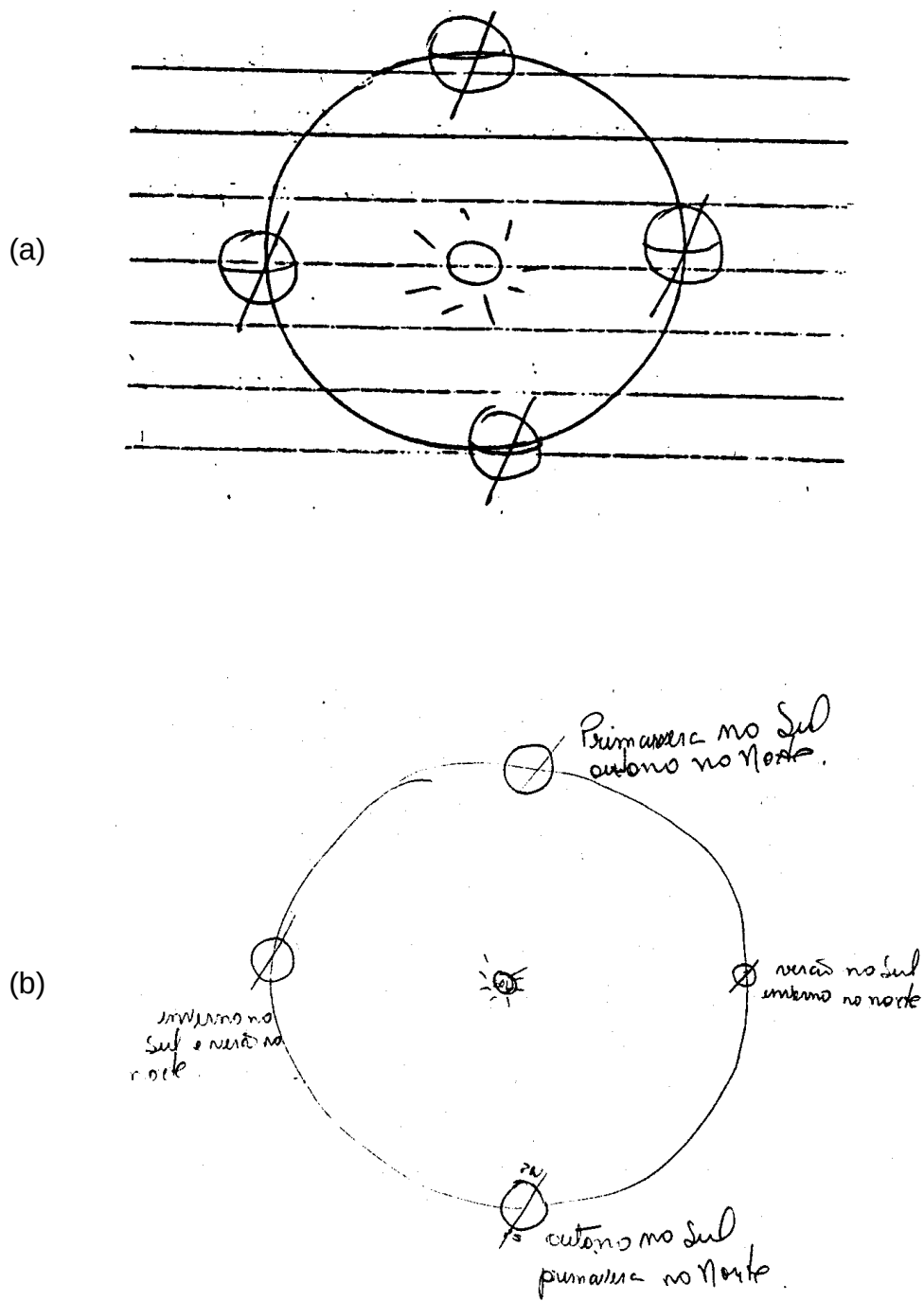


Figura 35: Desenhos da órbita da Terra com uma mistura de perspectivas: o eixo é desenhado “de perfil” e, a órbita, “de cima”: (a) The; (b) Iza.

Ao questionarmos esta incoerência de perspectivas junto às professoras, percebemos que elas acreditavam que, com este novo desenho, apenas haviam corrigido a forma equivocada com que anteriormente representavam a órbita terrestre – como uma elipse de “achatamento” bem visível –, e que, desde antes, elas imaginavam estar representando a órbita terrestre vista “de cima”, sem sequer suspeitar que, nas figuras apresentadas nos livros didáticos, era usada uma perspectiva oblíqua... Ou seja, elas imaginavam que a forma da órbita da Terra, vista ao longo de uma direção perpendicular ao plano da órbita, era exatamente aquela que aparecia nos desenhos, com a Terra passando por dois pontos mais próximos do Sol (nas duas posições sobre o semi-eixo menor da elipse), por dois mais afastados (nas duas posições sobre o semi-eixo maior) e com o Sol bem no centro da elipse. De fato, algumas professoras demonstraram grande surpresa, durante o desenvolvimento das atividades do módulo 6, ao saber que o Sol ficava situado em um dos focos da elipse, e não no seu centro, como ele sempre aparece no desenho padrão.

Obtivemos ainda mais informações acerca da noção das professoras sobre os movimentos da Terra a partir do trabalho com o modelo tridimensional, com a Terra sendo representada por uma bola de isopor e, o Sol, por uma lâmpada. Na questão 6.4, além de uma resposta verbal e um desenho, também era solicitada a reprodução do movimento da Terra no espaço da maneira como elas o imaginavam, mostrando-o às colegas e aos coordenadores do curso.

Durante esta atividade pudemos observar o seguinte:

- Todas as professoras se preocupavam em representar os dois movimentos: rotação e translação.

Isso parece reafirmar o que já havia sido evidenciado pelas respostas verbais: que acha-se bem arraigado no senso comum das professoras que “a Terra apresenta os movimentos de rotação e translação”.

- Revelaram pouca preocupação com relação à distância que a Terra deveria manter do Sol, às vezes variando-a ao longo do movimento, algumas dando a impressão de tentar reproduzir a órbita elíptica da Terra, de acordo com a sua concepção³⁸. Em geral, elas faziam o movimento da Terra em sua órbita

³⁸ De acordo com a qual, como vimos, a órbita teria um “achatamento” bem perceptível.

mantendo a bola que representava a Terra bem próxima da lâmpada que representava o Sol.

Interpretamos esse comportamento como mais um sinal da influência das imagens padronizadas da órbita da Terra, nas quais também não há qualquer preocupação com as proporções reais. Nas quais a Terra sempre parece estar bem próxima do Sol, a uns poucos diâmetros terrestres, e a órbita parece ser uma elipse visivelmente “achatada”.

- As professoras sempre movimentavam a Terra num plano horizontal, porém não revelavam quase nenhuma preocupação quanto ao posicionamento do plano da órbita em relação ao ponto em que se encontrava o Sol, fazendo com que, em geral, a Terra se movimentasse num plano que não o continha.

Esse fato nos pareceu evidenciar uma nítida ausência de preocupação com a terceira dimensão, que, mais uma vez, nos parece resultante de uma concepção de órbita calcada numa representação bidimensional: a imagem padronizada que aparece nos livros didáticos.

Em resumo, a concepção das professoras sobre os movimentos da Terra parece ser baseada, sobretudo, na imagem padronizada da órbita da Terra que aparece nos livros didáticos, somada a enunciados, também padronizados, de que *“a Terra possui os movimentos de rotação e translação”, “Rotação é o movimento em torno de si mesma” e “Translação é o movimento em torno do Sol”*.

Órbita e movimento são pensados como a mesma coisa, permanecendo indistintos; rotação e translação também não são claramente distinguidas cinematicamente e são noções que parecem ser particularizadas para o caso da Terra, que são concebidas, primordialmente, como movimentos *da Terra*.

A forma da órbita seria a de uma elipse com um “achatamento” bem visível, com o Sol no centro. As proporções reais não são obedecidas, ao contrário, aparecem completamente distorcidas: o Sol pode ser menor do que a Terra e a distância da Terra ao Sol seria de poucos diâmetros terrestres. Pouca atenção parece ser dada às distâncias e proporções, e mesmo à terceira dimensão espacial. A essência do modelo das professoras para o sistema Terra-Sol parece ser mais topológica que geométrica: o fundamental parece ser o fato de a Terra permanecer girando nas vizinhanças do Sol, próxima dele, à sua volta, do que a

consideração da distância real em que ela faz esse movimento, a forma exata e o plano de sua trajetória no espaço tridimensional.

As professoras sabem também que a rotação acha-se associada à duração do dia e, a translação, à do ano. Contudo, nem todas consideram a rotação como sendo a responsável pelos dias e noites, ou a base para a marcação das horas, enfatizando, nestes casos, muito mais o movimento do Sol, visto da superfície da Terra, ou o da Terra em torno do Sol.

As estações do ano

O módulo 7 do curso foi especialmente dedicado ao tema das estações do ano. Nele foram trabalhadas desde noções bem simples, como quais são as estações e o período do ano que corresponde a cada uma delas, até a questão mais complexa de sua explicação, tanto a partir dos movimentos descritos pela Terra, num referencial heliocêntrico, como pelo Sol, num referencial topocêntrico, procurando mostrar a coerência e articulação do que se observa de ambos, ou seja, da superfície da Terra e de um ponto do espaço em repouso em relação ao Sol (referencial heliocêntrico). Nesse trabalho, foi fundamental a utilização do modelo tridimensional do sistema Sol-Terra constituído por lâmpada e bola de isopor.

Com base nas respostas verbais e não-verbais (durante as atividades com o modelo tridimensional) das professoras durante o desenvolvimento do módulo, pudemos inferir as seguintes concepções:

As primeiras questões do módulo mostraram que parecem ser bem familiares para as professoras, fazendo parte de seu senso comum, o nome, a seqüência das estações do ano e quando, aproximadamente, elas começam e terminam.

Na questão 7.4 foi perguntado como se poderia explicar a ocorrência das estações do ano. As respostas dadas pelas professoras em resposta a este item foram basicamente em termos do movimento de translação da Terra, que faria com que ela toda, ou apenas certas regiões, ficassem mais próximas ou mais distantes do Sol, produzindo-se assim um maior ou menor aquecimento, e, em consequência, as diferentes estações, como nos exemplos a seguir:

“Devido à localização da cada país no globo terrestre e sua aproximação ao Sol na decorrência do movimento de translação.” (Cin);

“Devido à inclinação do eixo da Terra, e o movimento de translação da Terra uma parte (hemisférios) da Terra fica mais próxima ou mais afastada do Sol, aquecendo-se mais ou menos.” (Ied);

“Devido ao movimento de translação da Terra que faz com que a Terra esteja a cada época com um lado mais próximo ou mais distante do sol.” (Pau)

Apenas uma professora (led) cita a inclinação do eixo da Terra, mas, mesmo assim, conclui que é a proximidade menor ou maior do Sol que faz com que os hemisférios se aqueçam mais ou menos.

Ao que parece, portanto, a única maneira concebida pelas professoras para que se produza uma variação no aquecimento da Terra, ou de certas regiões suas, gerando assim as diferentes estações, se resume a um distanciamento maior ou menor com relação ao Sol.

É interessante lembrar que já encontramos antes a manifestação desta crença, quando discutimos a noção das professoras acerca dos pólos da Terra: algumas professoras mencionaram que imaginavam os pólos como ficando “distantes”, ou “afastados” do Sol, dando a entender que, por esse motivo, eles seriam regiões frias, enquanto que o equador ficaria mais próximo e seria quente. Ou seja, também neste caso, da diferença de temperatura entre os pólos e o equador, encontramos a crença de que é a maior ou menor distância ao Sol que determina um maior ou menor aquecimento de certas regiões da Terra³⁹.

A noção apresentada pelas professoras de nossa amostra, acerca das estações do ano, parece corresponder à noção 3 identificada por Baxter (1989) entre estudantes (veja p.107), de que, no inverno, o Sol está mais distante e, no verão, mais próximo, porém com algumas nuances a mais: o Sol pode não estar mais longe ou perto da Terra como um todo, mas apenas de certas regiões, ou hemisférios (veja, por exemplo, as respostas dadas por Cin, led e Pau, transcritas na página anterior), o que faz muito sentido se lembrarmos a conclusão a que chegamos no item anterior, sobre os movimentos da Terra, de que o modelo da órbita da Terra em torno do Sol adotado pelas professoras não obedece às proporções reais, mas supõe a órbita da Terra como ficando bastante próxima do Sol, a uns poucos diâmetros terrestres.

A análise dos itens do módulo 7 que referem-se à inclinação do eixo de rotação da Terra – ponto crucial para a explicação das estações –, como já

³⁹ Na verdade, a diferença de temperaturas entre os pólos e o equador, bem como entre as estações do ano, é explicada não pela maior ou menor distância do Sol, mas sim pela diferente inclinação com que os raios solares incidem sobre a superfície da Terra nos pólos e no equador, no verão e no inverno, que faz com que a energia incidente, por unidade de área, varie, sendo maior quando a incidência é mais perpendicular e menor quanto mais agudo for o ângulo entre os raios e a horizontal.

discutimos no item dedicado especificamente à análise das concepções acerca do eixo de rotação, revelou que as professoras sabem que “o eixo da Terra é inclinado”, porém em nenhum momento isso é apontado como um fator determinante no fenômeno das estações, mas, no máximo como um fator acessório, que auxilia na maior ou menor proximidade ao Sol de certas regiões da Terra, como na resposta dada por Ied.

A questão 7.9 pedia um desenho da Terra em sua órbita em torno do Sol, onde aparecessem indicados o seu eixo de rotação e a posição em que ela ficava, com relação ao Sol, em cada uma das estações do ano. Os desenhos realizados pela professoras que responderam a este item são apresentados nas figuras 36 e 37, nas páginas seguintes.

Observamos, neste desenhos, em primeiro lugar, a repetição do mesmo padrão a que já nos referimos no item anterior de nossa análise, quando discutimos as noções das professoras sobre a órbita da Terra. Apenas um dos desenhos, feito por The (fig. 37(c)), foge um pouco do padrão, pois apresenta o Sol bem fora do centro da elipse desenhada.

Como já nos referimos ao discutir a noção de órbita, na concepção das professoras associada a estes desenhos, a maioria delas, não os concebiam como sendo uma representação em que se adotou uma perspectiva oblíqua, e que, portanto, a elipticidade bem aparente no desenho da órbita, em todos os desenhos, seria apenas um efeito de perspectiva. Ao contrário, elas imaginavam que o “achatamento” da órbita representado nestes desenhos correspondia à realidade, ou seja, concebiam este tipo de representação como sendo uma visão “de cima” da órbita, como ela seria vista ao longo de uma direção perpendicular ao seu plano, na qual o desenho não teria, portanto, qualquer profundidade.

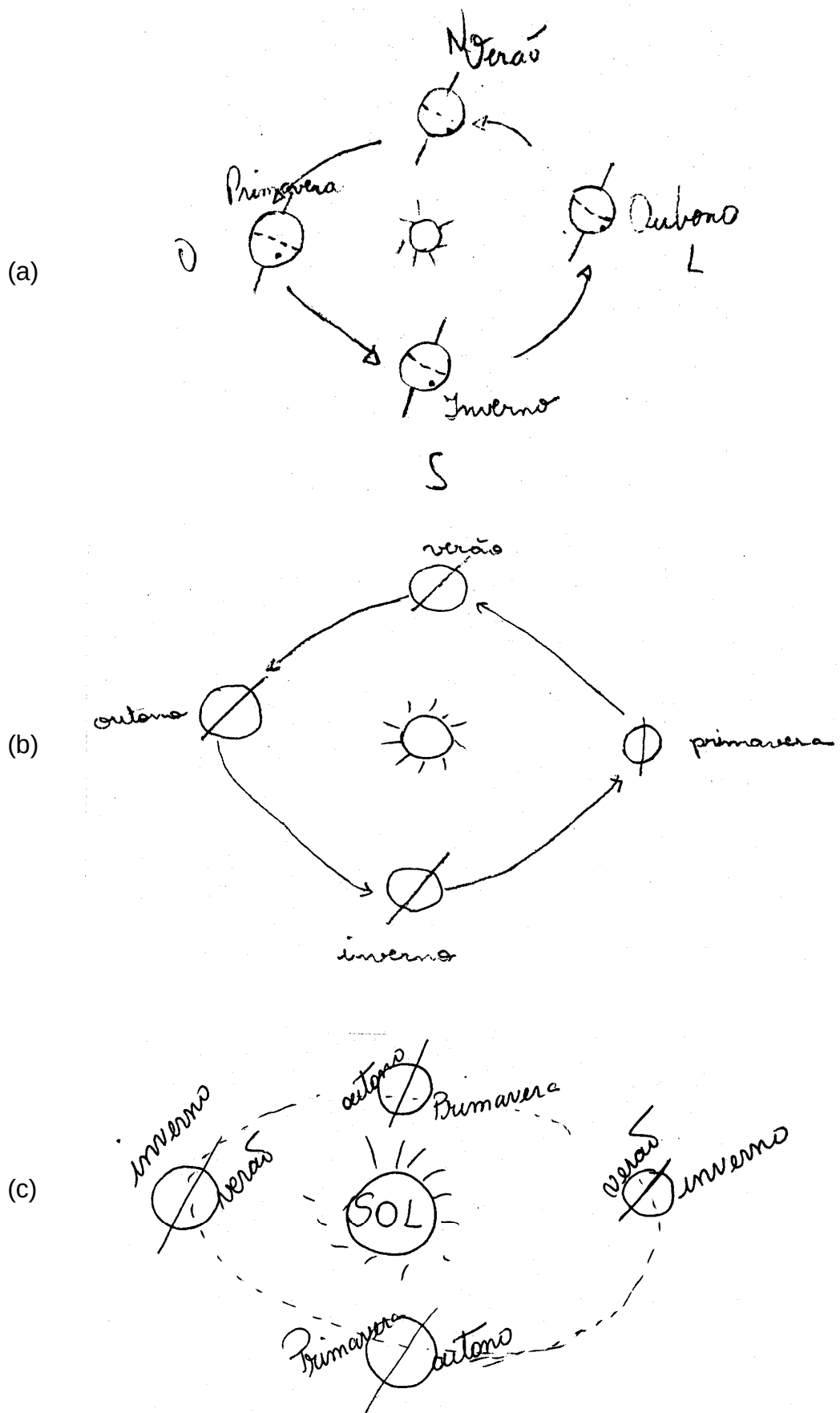


Figura 36: Desenhos da Terra em sua órbita em torno do Sol em posições correspondentes às quatro estações do ano feitos por: (a) Cin; (b) Der; (c) Ied.

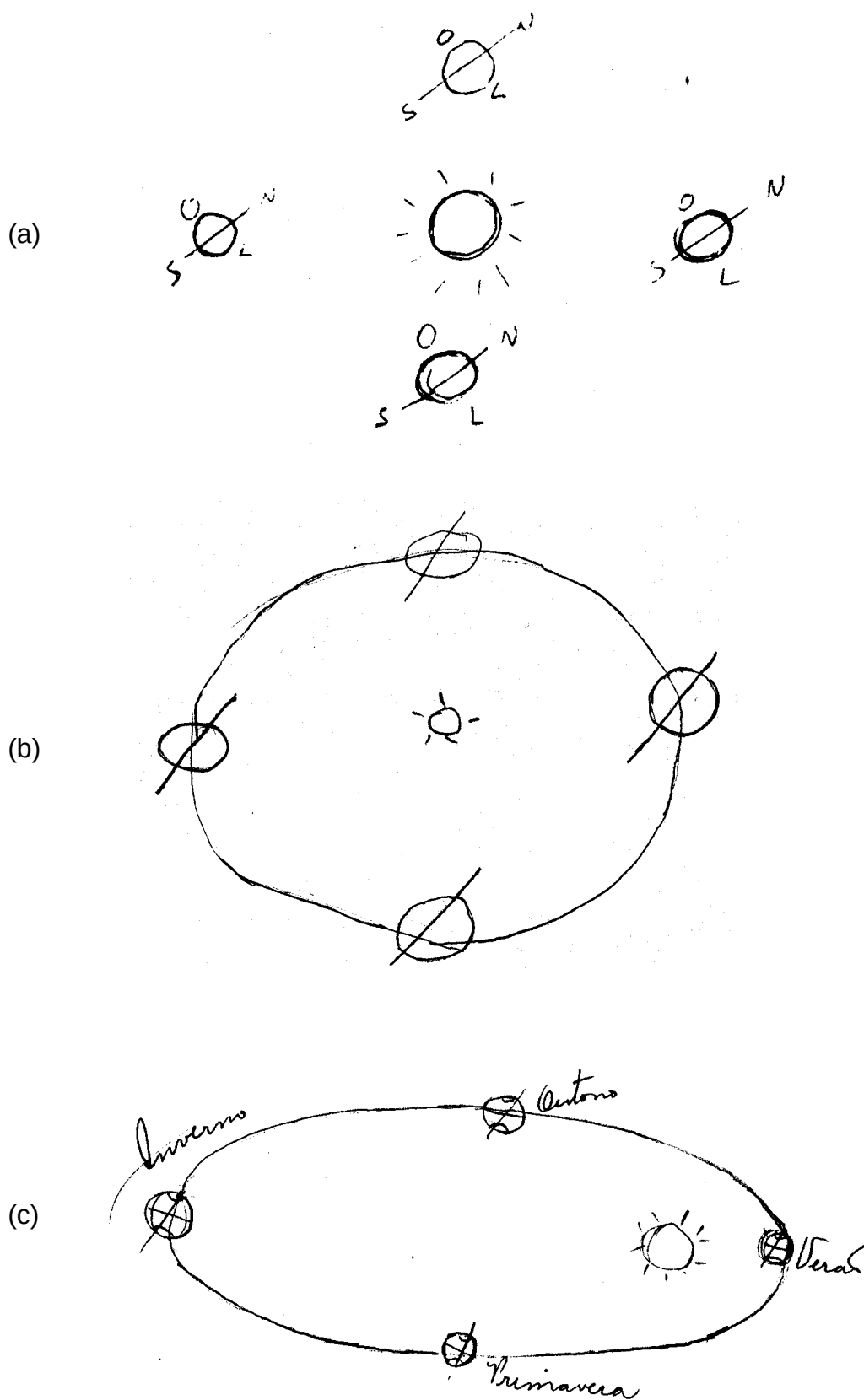


Figura 37: Desenhos da Terra em sua órbita em torno do Sol em posições correspondentes às quatro estações do ano feitos por: (a) Pau; (b) Mar; (c) The.

É interessante notar que, de acordo com esta perspectiva “de cima”, o eixo deveria ser visto “do alto”, sobre um dos pólos, e não “de perfil” como ele invariavelmente aparece representado em todos os desenhos das professoras, o que indica que há uma certa mistura de perspectivas, que aparece de maneira mais flagrante nos exemplos mostrados à figura 35, pois neles a órbita desenhada é circular. Voltaremos a discutir especificamente esta questão na seção deste capítulo que abordará o espaço representativo gráfico e a questão do realismo intelectual nos desenhos (seção II.4), onde veremos que a mistura de perspectivas acha-se ligada a uma representação do espaço de natureza topológica.

Percebe-se, nos desenhos, uma certa dificuldade das professoras em conseguir indicar de maneira consistente as estações do ano. Algumas (Mar e Pau, figs. 37(a) e 37(b)) nem sequer as indicaram. Cin (fig. 36(a)) e The (fig. 37(c)), porém, desenharam diagramas que são consistentes com a explicação da estações da maneira como elas a concebem, em termos de uma aproximação maior ou menor do Sol.

Cin indica, através de um ponto, nossa posição no hemisfério Sul da Terra (o “de baixo”) e seu desenho mostra que este ponto, parece mesmo ficar mais próximo do Sol no verão e mais distante no inverno. Aliás já podíamos observar este cuidado de Cin em representar as posições correspondentes ao verão e ao inverno respectivamente mais próxima e mais distante do Sol em seu desenho da órbita da Terra feito ainda no módulo anterior, quando ainda não tinha sido pedida uma indicação das estações, como pode ser visto na fig. 32(a).

The, por sua vez, consegue isso graças a um deslocamento do Sol do centro do desenho, colocando-o como se fosse num dos focos da elipse desenhada, que é a mais achatada de todas.

O desenho feito por Ied (fig. 36(c)) também parece mostrar que, nas posições por ela indicadas como sendo o verão e o inverno, um dos hemisférios acha-se mais próximo e bem mais voltado para o Sol que o outro, contudo, ao que parece, isso é feito de maneira muito inconsistente, com o eixo de rotação desempenhando o papel de equador, como se o próprio eixo estivesse delimitando os hemisférios (veja fig. 36(c)).

Concluimos assim que as professoras parecem elaborar a sua concepção sobre o fenômeno das estações do ano com base em dois elementos:

- no pressuposto de que o aquecimento maior ou menor da Terra, ou de certas regiões suas, sempre ocorre em função de uma proximidade maior ou menor do Sol;

- na sua concepção do movimento de translação da Terra, que fundamenta-se primordialmente na imagem padrão da Terra em sua órbita em torno do Sol associada à explicação das estações (fig. 34).

A imagem padrão, por sua vez, é interpretada pelas professoras a sua maneira⁴⁰:

- como sendo uma representação em que a perspectiva adotada é a “de cima”, ao longo de uma direção perpendicular ao plano da órbita; em virtude disso, a forma da órbita é interpretada como sendo, realmente, a de uma elipse com “achatamento” bem visível e o Sol no centro;

- como indicando as proporções de distâncias e tamanhos que realmente existem entre os astros, o que parece induzir as professoras à crença de que o Sol pode ser menor ou apenas um pouco maior que a Terra, de que a Terra acha-se bem próxima do Sol, a uns poucos diâmetros terrestres, parecendo assim que alguns pontos de sua superfície podem estar, de fato, bem mais próximos, ou distantes, do Sol que outros.

A tentativa de estruturação de um modelo explicativo para as estações, baseada nos dois elementos acima apontados, contudo, nem sempre chega a bom termo. Das sete professoras que responderam a este módulo apenas duas (Cin e The) conseguem chegar a modelos consistentes⁴¹.

No modelo imaginado por Cin (veja fig. 36(a)), o hemisfério em que nos encontramos (indicado por um ponto) ficaria de fato mais próximo do Sol no verão e mais afastado no inverno, ocorrendo isso porque:

- o verão e o inverno ocorreriam nas posições em que a Terra estaria sobre o semi-eixo menor da elipse que representa a sua órbita, quando então a distância entre o centro da Terra e o do Sol seria menor;

⁴⁰ Os livros didáticos nunca explicam os diagramas que apresentam.

⁴¹ Embora, obviamente, completamente equivocados, pois os pressupostos em que se baseiam são falsos: não é a proximidade maior ou menor ao Sol que produz diferença no aquecimento dos hemisférios da Terra, mas sim a inclinação com que os raios solares incidem em sua superfície; a órbita terrestre é uma elipse que, em virtude de sua pequena excentricidade, é quase uma circunferência, e o diâmetro terrestre é insignificante em comparação com o distância da Terra ao Sol (ele é mais de 10.000 vezes menor que o raio da órbita).

- a distância entre a Terra e o Sol, nos pontos de maior aproximação (sobre o semi-eixo menor da elipse), de acordo com o desenho (fig. 36(a)), é de apenas cerca de duas vezes e meia o diâmetro terrestre;

- o eixo da Terra parece ficar praticamente no plano da órbita, quase apontando para o Sol nas posições correspondentes ao verão e ao inverno, o que faz com que um dos hemisférios, em virtude da pequena distância entre ambos imaginada no modelo, fique bem mais próximo do Sol que o outro.

É interessante notarmos que o modelo imaginado por Cin, inclusive, dá conta do fato de ser inverno no hemisfério norte quando é verão no sul e vice-versa, pois quando um dos hemisférios está mais próximo do Sol, o outro está mais distante e vice-versa, como podemos perceber a partir da figura 36(a).

Já no modelo concebido por The (fig. 37(c)) a órbita da Terra seria uma elipse de grande excentricidade e o Sol não estaria mais no centro da elipse (fugindo assim à representação padrão⁴²), mas em um de seus focos, o qual, pelo fato de a elipse ser de grande excentricidade, ficaria realmente bem afastado do centro. Deste modo, a Terra, em seu movimento de translação, passaria por uma região de sua órbita em que estaria próxima do Sol, quando então seria verão, e por outra bem afastada, em que seria inverno (veja fig. 37(c)).

O modelo imaginado por The não dá conta da inversão de estações de um hemisfério com relação ao outro. Nele, quando é verão, é verão na Terra toda, o mesmo acontecendo com o inverno.

As demais professoras, porém, parecem não conseguir articular modelos coerentes a partir do pressuposto sobre o aquecimento da Terra e de sua concepção de translação, anteriormente mencionados. Embora dissessem que o fenômeno das estações do ano ocorria devido ao movimento de translação, não sabiam como efetivamente explicá-lo a partir dela.

Com efeito, ao longo do curso pudemos perceber, em diversos momentos, a grande expectativa que existia com relação ao aprendizado da explicação das estações. Essa preocupação, sem dúvida, tinha uma forte razão de ser: boa parte das professoras profissionalmente abordava este conteúdo com seus alunos. No questionário inicial, em resposta à pergunta sobre que temas de Astronomia elas

⁴² Embora em alguns livros didáticos seja possível encontrar uma distorção semelhante, com o Sol aparecendo bem deslocado do centro da órbita.

ensinavam a seus alunos (veja apêndice A), onze das vinte duas professoras que a responderam citaram as estações do ano.

Podemos assim perceber, a partir desses nossos dados, o grande nó que deve existir neste ensino: várias professoras que “ensinam” o tema das estações do ano não sabem formular uma explicação consistente a seu respeito, e, mesmo aquelas que conseguem articular um modelo ao menos consistente com os pressupostos que adotam (como Cin e The), “ensinam” algo completamente distorcido e fora da realidade, uma vez que os pressupostos utilizados são completamente falsos.

Após a etapa inicial de respostas individuais ao questionário do módulo sobre as estações do ano, foram desenvolvidas atividades em que foi intensivamente usado o modelo constituído por uma lâmpada, para representar o Sol, e uma bola de isopor, para a Terra (veja apêndice C). Durante o seu desenvolvimento pudemos fazer diversas observações importantes relativas não especificamente à compreensão das estações, mas às noções espaciais gerais das professoras, à maneira como elas concebem e trabalham no espaço tridimensional, sobretudo certas dificuldades ligadas ao uso de referenciais, à relativização e coordenação de pontos de vista e à visualização de direções e planos:

– Algumas professoras tiveram grande dificuldade em conseguir manter o eixo da Terra fixo, isto é, apontando sempre na mesma direção, enquanto era reproduzido o movimento de translação da Terra em torno do Sol. Embora ele fosse mantido no mesmo ângulo em relação à vertical, ao descreverem a órbita, também faziam com que o eixo girasse, como num movimento de precessão.

Atribuímos este fato a uma dificuldade de perceber o movimento que a Terra descrevia segundo um referencial externo, fixo em relação ao chão e às paredes da sala. O que se observava era uma tendência em usar como referencial o próprio corpo: as pessoas mantinham o eixo numa direção fixa em relação aos seus braços, à sua cabeça e ombros, porém, ao caminhar ao longo da órbita curvilínea da Terra, elas não descreviam um movimento de pura translação, mas também giravam o corpo ao ficar sempre de frente para a direção tangencial à trajetória (que é exatamente o jeito como normalmente andamos), fazendo com que o eixo também girasse, junto com o corpo.

– Durante o desenvolvimento das atividades 7.16 e 7.18 (veja apêndice C), notamos uma certa dificuldade das professoras na visualização do plano do equador terrestre e, sobretudo, do plano do horizonte de um observador na superfície da Terra⁴³, representado por um alfinete, surgindo, por exemplo, muita dúvida a respeito das posições em que o Sol estaria sobre o plano do equador (nos equinócios) ou sobre o plano do horizonte (no nascer e ocaso).

Julgamos que esse fato acha-se relacionado a uma falta de familiaridade com uma visão geométrica do espaço, o que não é uma novidade: em diversos momentos anteriores de nossa análise, como no levantamento das concepções acerca do tamanho da Terra, das proporções de tamanho entre Terra, Lua e Sol, na discussão sobre a inclinação do eixo da Terra, na pouca atenção dada à posição do plano da órbita da terrestre em relação ao Sol e às proporções e distâncias no modelo da órbita da Terra, já havíamos encontrado evidências dessa falta de uso de noções geométricas.

– Ligada à dificuldade de visualização do plano do horizonte de um observador na superfície da Terra, representada pela bola de isopor, percebemos também uma dificuldade de transposição ao ponto de vista deste observador. Por exemplo, para algumas professoras era difícil perceber em que posição o Sol seria visto por esta pessoa, representada pelo alfinete, no seu céu, em relação ao seu horizonte.

Aqui o que está em jogo é a capacidade de coordenação de diferentes pontos de vista, pois, ao utilizar o modelo, a pessoa vê a Terra de fora, de um referencial heliocêntrico (pois a lâmpada, representando o Sol, fica sempre parada), e ela se encontra efetivamente no espaço ao redor da Terra e do Sol (representado no modelo pelo próprio espaço da sala onde se desenvolve a atividade), portanto, a pessoa necessita usar a sua visão real, que é a partir do espaço, para imaginar e perceber qual seria a visão do ponto de vista do alfinete fincado na bola de isopor. Piaget destaca que essa habilidade espacial de coordenação de diferentes pontos de vista só costuma ser atingida pelas crianças a partir dos 9-10 anos de idade⁴⁴, sendo que, o nosso, parece ser um caso

⁴³ O plano do horizonte corresponde ao plano que tangencia a superfície da esfera terrestre no ponto em que se encontra o observador.

⁴⁴ PIAGET e INHELDER, 1993, p.227-228.

especialmente complexo, pois trata-se de uma coordenação entre uma visão externa de um corpo esférico de dimensões astronômicas, como a Terra, com a visão de um ponto sobre sua superfície, do qual, pela enorme diferença de escala entre nosso próprio tamanho e o da Terra, ela nos aparenta ser um objeto completamente diferente, plano. Além de uma coordenação de pontos de vista, também é necessária uma coordenação de escalas de tamanho. Portanto, não é de estranhar a dificuldade sentida pelas professoras, pois a capacidade de abstração exigida na atividade proposta é bastante grande⁴⁵.

– Foi notável o impacto produzido nas professoras pela constatação de que o sentido em que a Terra gira em seu movimento de rotação é relativo, que ele depende do ponto de vista, sendo anti-horário quando observado de um ponto sobre o pólo norte, mas horário quando visto de um ponto sobre o pólo sul. Todas imaginavam que este sentido deveria ser absoluto e único, ficando verdadeiramente “chocadas” com a constatação de que, ao mesmo tempo, ela podia ser considerada como girando num sentido ou no seu oposto, dependendo do referencial adotado.

Em nossa interpretação, esta reação forte se deve ao fato de as professoras estarem acostumadas a aplicar uma lógica binária estrita no ensino de ciências, na qual as coisas devem ser bem definidas, onde elas são ou não são, onde deve haver certeza e verdade, onde predomina uma tendência à absolutização do conhecimento, em que se deve ensinar “o que é certo”, onde há pouco espaço para o relativo, para aquilo que pode ser e não ser ao mesmo tempo, dependendo do ponto de vista, ou da precisão exigida.

Essa mesma tendência foi encontrada em outros momentos de nosso trabalho com as professoras, como, por exemplo, quando mostramos, através de exercício, que a Terra é achatada mas que este achatamento é tão pequeno que, em termos práticos, ela pode ser considerada esférica, ou quando também mostramos que a órbita da Terra é uma elipse só que, com uma excentricidade

⁴⁵ Contudo, como já nos referimos antes, acreditamos que este tipo de atividade, que busca levar a uma compreensão da articulação existente entre a visão heliocêntrica e a topocêntrica, que busca mostrar a coerência entre a explicação dos movimentos dos astros num modelo heliocêntrico e o que é observado no céu, da superfície da Terra, deva ser uma das metas principais do ensino da Astronomia no 1º Grau, pois ilustra de maneira exemplar o pensamento científico, a visão de mundo que pode ser descortinada através da ciência. Porém, pelo grau de abstração exigido, julgamos que este tipo de atividade deva ser reservada para as séries finais do ensino fundamental.

tão pequena que pode ser considerada praticamente uma circunferência, ou ainda quando nos referimos que o eixo da Terra mantém uma direção fixa durante o movimento de translação, mas que, em verdade, realiza um movimento muito lento de precessão, ou que o próprio plano da órbita também varia de posição, mas muito lentamente. Percebíamos que elas não estavam acostumadas a lidar com estes casos, sendo a sua tendência espontânea, como vimos, uma definição clara, inequívoca, exagerada das coisas: se a Terra era achatada nos pólos, então concebiam-na com um grande achatamento, se a órbita era elíptica, então a imaginavam como sendo uma elipse com um “achatamento” bem visível, se o eixo variava, então ele não podia ser considerado fixo etc.

Síntese das concepções acerca da Terra

Ao longo de nosso levantamento de concepções relativas à Terra, o que nos pareceu ser o seu traço mais marcante foi sua radicação em enunciados ou imagens padronizados, os quais geralmente são veiculados de maneira fragmentada, desacompanhados de uma explicação de seus fundamentos e significado, do contexto em que foram concebidos, sendo assim interpretados pelos professores da maneira que é possível: de acordo com seu senso comum.

Por exemplo, a forma da Terra é concebida com sendo a de uma esfera achatada com base no enunciado padronizado que diz que “a Terra é achatada nos pólos” e nas imagens, também padronizadas, dos planisférios terrestres. O enunciado vem desacompanhado de qualquer explicação acerca do valor diminuto do achatamento em relação ao próprio raio da Terra⁴⁶ e, a imagem, de qualquer explicação sobre o sistema de projeção utilizado⁴⁷. Consequência: a Terra é concebida como uma esfera que possui um achatamento exagerado, uma verdadeira superfície plana, em seus pólos...

Com efeito, estes enunciados e imagens padronizados parecem constituir o cerne da maior parte das concepções das professoras relativas à Terra, a partir do qual elas fazem suas inferências e elaboram seus modelos. Evidentemente sua origem é cultural, tratando-se de um conhecimento conceitual, embora empobrecido pela falta de indicação do contexto em que foram concebidos, da rede de relações lógicas a que se acham ligados, fora da qual seu sentido se esvazia completamente. Nesse levantamento sobre as concepções de Terra só nos deparamos com duas principais crenças cuja origem parece ser realista ingênua, isto é, parecem baseadas essencialmente na percepção pessoal, imediata das propriedades dos objetos que nos cercam: a de que a direção vertical é única e a de que o aquecimento dos objetos por uma dada fonte de luz e calor só depende da distância dos objetos a ela. Poderíamos também

⁴⁶ O “achatamento”, ou seja, a diferença no valor do raio da Terra nos pólos em relação ao seu valor no equador corresponde a apenas cerca de 0,3% de seu valor médio.

⁴⁷ Nossa experiência indica que a maior fonte de informações das professoras acerca de Astronomia, onde elas aprenderam quase tudo o que sabem desse tema, é o livro didático, sendo assim seria interessante investigar se estas omissões ocorrem por uma falha do livro didático ou na assimilação das informações nele contidas pelas professoras. A julgar pelos resultados apresentados no artigo de TREVISAN et al. (1997), parece que grande parte da responsabilidade por essas omissões cabe efetivamente ao livro didático.

acrescentar a crença de que a Terra é plana que, inconscientemente, parece ainda atuar, favorecendo, por exemplo, a adoção do modelo da Terra esférica achatada. Essas crenças se somam ao conjunto de enunciados e imagens padronizados formando um núcleo de conhecimento utilizado na fundamentação de grande parte das concepções das professoras relativas à Terra por nós levantadas, constituindo o seu senso comum relativo à Terra como planeta.

Outro fator evidenciado em nosso levantamento, que parece desempenhar um papel importante na estruturação das concepções das professoras é a sua maneira de representar o espaço que parece ainda bastante marcada pelo uso de relações topológicas, como as de vizinhança, ordem e envolvimento, em detrimento de relações geométricas e projetivas, com a consideração de medidas, proporções, coordenadas e perspectivas. Isso evidencia-se nas concepções relativas aos movimentos da Terra e às estações do ano e na ausência quase completa de aplicação de noções quantitativas e geométricas ao longo de quase todo o espectro de concepções por nós levantado. Ponto esse que será especificamente discutido à seção II.4.

No quadro apresentado nas páginas seguintes, exemplificamos, por tema, alguns dos principais enunciados, crenças e imagens detectados ao longo de nosso levantamento, que parecem fundamentar algumas das mais freqüentes concepções iniciais das professoras⁴⁸. Na primeira coluna indicamos o tema, na segunda o(s) enunciado(s) ou crença(s) realista(s) ingênua(s), na terceira as imagens padronizadas e, na quarta e última, a concepção resultante do uso dos enunciados, crenças e/ou imagens.

Esclarecemos que usamos a expressão “representação padrão da Terra” para nos referir à imagem padronizada da Terra em que ela é representada através de uma figura circular com os oceanos e continentes esboçados, os pólos alinhados na vertical, o equador na horizontal, com (ou as vezes sem) o desenho de meridianos e paralelos, que pode ser exemplificada pelo desenho feito por The e apresentado à fig. 31(a).

⁴⁸ A listagem de concepções apresentada na tabela não é, evidentemente, exaustiva, há várias outras, indicadas ao longo de nossa apresentação, que também detectamos, mas cuja fundamentação não parece residir apenas no conjunto de enunciados, crenças e imagens padronizadas exemplificados no quadro.

Tema	Enunciado(s)/crença	Imagem(ns)	Concepção(ões)
Forma da Terra	“A Terra é arredondada e achatada nos pólos.” “A Terra é plana.”	Planisfério	Terra como uma esfera achatada
	“A Terra é redonda.”	Representação padrão da Terra	Terra esférica
Os pólos	“Os pólos são achatados.” “A Terra é plana.”	Planisfério	Os pólos da Terra são muito achatados, formando regiões planas nos extremos norte e sul.
		Planisfério e representação padrão da Terra	Os pólos são regiões. Os pólos são extremos da Terra.
	—	Terra sendo iluminada pelo Sol, desenho fora das proporções reais, com o Sol muito próximo.	Os pólos ficam mais distantes do Sol que o equador, por isso eles são frios e, o equador, quente.
O equador	—	Planisfério e representação padrão da Terra.	O equador é uma linha que divide a Terra ao meio, nos hemisférios norte e sul.
O eixo de rotação	“O eixo da Terra é inclinado.”	Planisfério ou representação padrão da Terra interpretados como indicando que os pólos estão realmente alinhados na vertical.	O eixo de rotação passa pelo centro da Terra, mas é inclinado em relação à linha que passa pelo centro dos pólos.
Pontos cardeais	“O Sol nasce a leste e se põe a oeste.”	—	O leste fica onde nasce o Sol e, o oeste, onde ele se põe.
Meridianos e paralelos	—	Planisfério ou representação padrão da Terra com meridianos e paralelos desenhados, interpretadas como indicando que os pólos estão realmente na vertical e, o equador, na horizontal.	Os meridianos e paralelos são linhas traçadas sobre a superfície da Terra, respectivamente na vertical e na horizontal.

Tema	Enunciado(s)/crença	Imagens	Concepção(ões)
A gravidade	Todos os objetos soltos caem na mesma direção.	Planisfério ou representação padrão da Terra interpretados como indicando que os pólos acham-se realmente alinhados na vertical e que o norte acha-se “em cima”.	Em qualquer ponto da Terra os objetos caem sempre na mesma direção e sentido, paralelamente à reta que passa pelo centro dos pólos e do norte para o sul.
Movimentos da Terra	—	Representação padrão da Terra em sua órbita em torno do Sol nas quatro estações do ano interpretada como sendo uma representação sem profundidade.	A órbita da Terra é uma elipse com um “achatamento” bem visível e o Sol fica no centro.
Estações do ano	“O aquecimento de um objeto por uma dada fonte de luz e calor só depende da distância entre eles.”	Representação padrão da Terra em sua órbita em torno do Sol nas quatro estações do ano interpretada como sendo uma representação sem profundidade e em proporções reais de tamanhos e distâncias.	As estações ocorrem devido ao movimento de translação da Terra, que faz com que ela como um todo, ou apenas certas regiões, fiquem mais próximas ou mais distantes do Sol.

Buscando sintetizar a visão das professoras relativas à Terra, apresentaremos a seguir um resumo das concepções hegemônicas e/ou típicas do pensamento inicial apresentado pelas professoras. Buscamos expressar esse resumo numa forma que tenta reproduzir o que seria o pensamento das professoras, o seu senso comum, segundo o que pudemos inferir a partir de nosso levantamento:

“A Terra tem a forma arredondada e é bem achatada nos pólos, nós vivemos em sua superfície. A Terra é muito grande, é maior que a Lua, porém menor que o Sol. A idade da Terra é de milhões ou bilhões de anos.

Os pólos são regiões e não pontos. Regiões achatadas e frias situadas nos extremos norte e sul da Terra, os quais ficam mais distantes do Sol que o equador, o que faz com que eles sejam regiões frias. O pólo norte fica em cima e o sul embaixo.

Os pólos da Terra acham-se alinhados na vertical e, o equador, na horizontal.

O eixo de rotação passa pelo centro da Terra, mas, como é inclinado, não passa pelo centro dos pólos, que estão alinhados na vertical, mas apenas na periferia dos mesmos.

O equador divide a Terra ao meio, perpendicularmente ao eixo que passa pelo centro dos pólos (que não coincide com o eixo de rotação, pois este é inclinado) e é a parte da Terra que fica mais próxima do Sol, sendo por isso mais quente. Os pólos ficam mais distantes e, por isso, são mais frios. O norte e o sul apontam para as regiões dos pólos e o leste e o oeste são indicados pelas posições de nascimento e ocaso do Sol. A Terra gira para a esquerda.

Os objetos caem por causa da gravidade e da pressão do ar, que pressiona para baixo. Se o ar fosse retirado, os objetos ficariam flutuando, a gravidade sumiria. Em qualquer ponto da Terra, se soltarmos uma pedra, ela cairá sempre na mesma direção vertical, isto é, na direção do eixo que passa pelos pólos, do norte para o sul, pois o norte fica em cima e o sul embaixo.

Os meridianos e paralelos são linhas imaginárias traçadas sobre a superfície da Terra. Os meridianos são linhas verticais e, os paralelos, horizontais.

A latitude e a longitude são medidas de espaço ou distância entre os paralelos e meridianos.

A Terra possui os movimentos de rotação e translação, o primeiro é o movimento que ela faz girando em torno de si mesma e, o segundo, o movimento em que ela gira em torno do Sol. A rotação gera o dia, a translação, o ano.

A órbita da Terra, que é o movimento que ela faz em torno do Sol, tem a forma de uma elipse com um achatamento bem visível. O Sol fica no centro da elipse e não é muito maior que a Terra. A Terra gira próxima do Sol, a uma distância de uns poucos diâmetros terrestres. Em virtude dessa órbita alongada e da inclinação do eixo, quando a Terra faz o movimento de translação há momentos em que a Terra como um todo, ou uma parte dela, fica mais próxima e depois mais distante do Sol, o que produz as estações do ano.”

A LUA

O último módulo do curso foi especificamente dedicado à Lua. Nele foram propostas questões acerca da sua forma, proporção de tamanho com relação à Terra, sua distância relativamente a outros astros, seu brilho, sua fases, seus movimentos, os eclipses, a face oculta, sua atmosfera e gravidade e sobre sua possível influência sobre a Terra (veja apêndice B). No questionário inicial também foi feita a pergunta geral: “Como é a Lua?”. Ela também foi um dos objetos mais representados nos desenhos livres do céu feitos no início do curso. Com base nas respostas a esses itens obtivemos os seguintes resultados:

Quanto à forma, a Lua é quase unanimemente referida pelas professoras, tanto no questionário inicial como no item do módulo 8 que perguntava diretamente sobre sua forma, como sendo “*redonda*”, termo que, como já discutimos no item acerca da forma da Terra, encerra uma certa imprecisão geométrica, pois é aplicável tanto a objetos tridimensionais como bidimensionais. Algumas poucas referem-se a ela como sendo uma “*bola*” e, apenas uma, como sendo uma “*esfera*”. Uma única professora, por sua vez, a descreve como sendo: “*Um disco com luz de menor intensidade que o sol.*” (Fat), parecendo evidenciar assim uma concepção realista ingênua de uma Lua plana, bidimensional.

É interessante notar que, nos desenhos livres do céu, a representação mais freqüente da Lua é a de uma Lua falciforme, contudo, ao que parece, essa representação é sempre encarada como apenas um aspecto que a Lua apresenta pelo fato de a sua outra parte encontrar-se na sombra. Em nenhum momento observamos alguma evidência de que as professoras acreditem ser esta a sua forma real, ao contrário, parece que a concebem sempre como sendo “*redonda*”.

A Lua é descrita com grande freqüência pelas professoras como sendo um astro “*sem luz própria*”, ou “*iluminado*” pelo Sol, que parece ser mais um enunciado padronizado, bastante usado pelas professoras. Uma delas, após citar esta característica da Lua, faz uma observação que a contradiz: em resposta ao item que pergunta: “Como é a Lua?”, ela responde:

“É um satélite natural da Terra e que reflete a luz recebida do Sol.

Obs: na minha opinião eu não concordo muito com essa minha resposta. Pois quando o sol se esconde como pode refletir luz?” (Yol)

A observação de Yol dá a entender que ela só fez essa afirmativa, de que a Lua “*é um astro iluminado pelo Sol*”, por ser esta uma resposta padrão esperada, mas que, no fundo, não acredita na sua veracidade, pois contradiz o seu bom senso. Este exemplo será discutido em mais detalhe à seção II.3.

Parece também fazer parte do senso comum das professoras a concepção de que a Lua é “*um satélite natural da Terra*”, é menor do que esta e acha-se mais próxima da Terra que o Sol, os planetas e as estrelas, e que ela exerce influência nas marés. Foi ainda mencionado, com alguma frequência, que a Lua apresenta crateras e não possui vida. Várias professoras também supõem que a Lua não possui gravidade⁴⁹.

Quanto a seus movimentos, a noção predominante parece ser a de que a Lua faz apenas um movimento de “*rotação*” em torno da Terra.

Com relação à sua face oculta⁵⁰, algumas professoras imaginam que ela seria a face não iluminada pelo Sol, enquanto que as demais simplesmente não acreditam na sua existência.

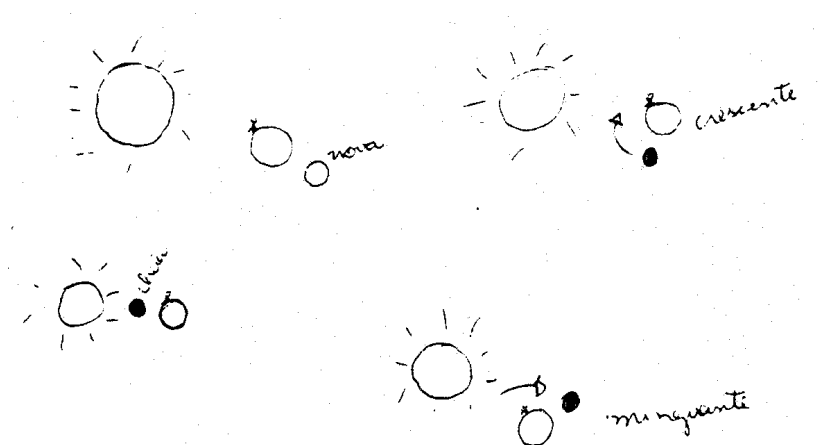
O nome e a sequência das fases da Lua são bem conhecidos pelas professoras. A explicação mais freqüente dada a esse fenômeno é a de que ele seria um efeito produzido pela Terra, que, com sua sombra, encobriria parcial ou totalmente a Lua⁵¹, nas fases crescente, minguante e nova, enquanto que, na Lua cheia, ela ficaria fora da sombra da Terra. Isso foi dado a entender pelas respostas dadas ao item do módulo 8 que perguntava o que provocava as fases da Lua e pedia um desenho ilustrando a explicação. A seguir, transcrevemos um exemplo de resposta verbal típica dada a essa questão e, à figura 38, apresentamos alguns exemplos de desenhos que acompanhavam esse tipo de explicação.

⁴⁹ Fato esse, possivelmente, relacionado à ausência de ar, pois, como vimos no item que discutiu a noção de gravidade das professoras, muitas delas vinculam a sua existência à do ar.

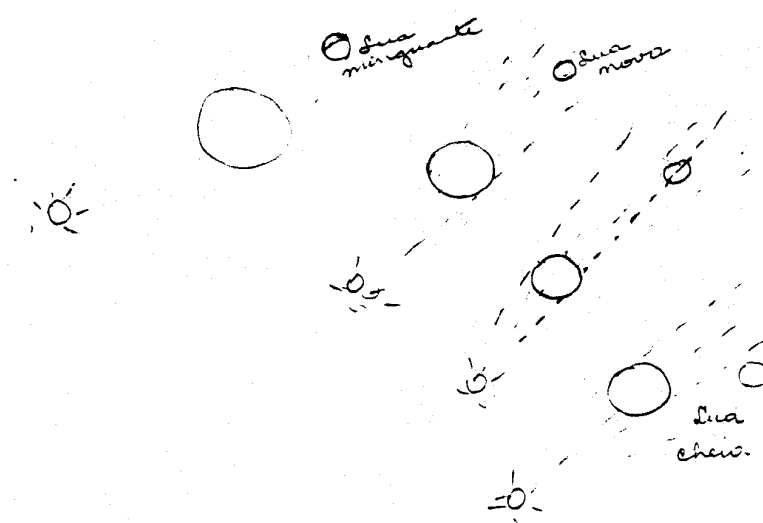
⁵⁰ Fenômeno que é explicado pela sincronização existente entre os períodos de rotação da Lua em torno de seu próprio eixo e de sua translação em torno da Terra.

⁵¹ Isso, na verdade, ocorre apenas nos eclipses lunares, e não é o que explica fases, que acham-se ligadas apenas às diferentes perspectivas com que a Lua é vista da Terra a medida que realiza seu movimento de translação em torno de nosso planeta.

(a)



(b)



(c)

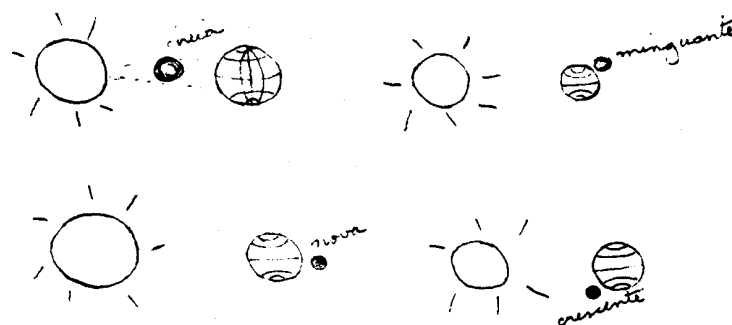


Figura 13: As fases da Lua explicadas como sendo decorrentes da sombra da Terra projetada sobre a Lua. Desenhos feitos por: (a) Pau, (b) Mar e (c) The.

“A lua apresenta estas fases devido à sombra que a Terra faz ficando na frente do sol.” (Pau)

É interessante observar, nestes desenhos, que, em geral, a Lua é representada bem próxima da Terra. Isso parece facilitar a concepção do modelo imaginado pelas professoras para a explicação das fases em termos da sombra projetada pela Terra sobre a Lua.

Os eclipses lunar e solar, por sua vez, geralmente são concebidos como resultantes de um alinhamento entre a Terra, a Lua e o Sol: a Terra ficaria entre o Sol e a Lua, no lunar, e esta entre a Terra e o Sol, no solar, como no exemplo a seguir:

“Eclipse da Lua é a passagem da Terra entre ela e o Sol. Eclipse do Sol é a passagem da Lua entre a Terra e o Sol.” (The)

É interessante notar que, nestas explicações, praticamente não há referência às sombras da Lua ou da Terra, mas apenas a um *“alinhamento”* ou passagem de um astro entre os outros dois, que faz com que um deles acabe *“cobrindo”* o outro com relação ao terceiro.

Em síntese, a concepção de “Lua” das professoras, em geral, acha-se bem marcada por noções conceituais, alguns enunciados padronizados e por uma representação espacial em que ela parece estar bem próxima da Terra. Com base nisso, as professoras constroem um modelo alternativo que explica as fases da Lua em termos da projeção da sombra da Terra sobre a Lua.

O SOL

No questionário inicial foi feita a pergunta geral: “Como é o Sol?”. Além disso, ele foi diversas vezes representado em conexão com a Terra e a Lua, nos módulos em que estas foram trabalhadas, e nos desenhos livres do céu e do universo. Com base nestes dados foi possível obter os seguintes resultados:

Com relação à sua forma, como no caso da Lua, ele é predominantemente apontado pelas professoras como sendo um astro “*redondo*”. Algumas poucas o consideram uma “*bola*” ou “*esfera*” e, novamente, como no caso da Lua, uma das professoras o descreve como sendo: “*Um disco brilhante de luz intensa que aquece e ilumina.*” (Fat), dando assim a impressão de possuir uma concepção realista ingênua em que o Sol seria uma figura plana, bidimensional. Graficamente, ele é sempre representado da mesma maneira: um círculo com raios.

O restante da concepção “sensorial” de Sol expressa na resposta de Fat, acima transcrita, é compartilhada pela maioria das professoras, que geralmente também o caracterizam como sendo “*quente*” ou “*muito quente*” e “*brilhante*” ou “*luminoso*”.

A essa noção “sensorial”, de um Sol quente e brilhante, soma-se outra, conceitual, também muito citada: a de que o Sol seria “*uma estrela*”, ou “*um astro que tem luz própria*”, ou ainda, juntando as duas afirmativas anteriores: “*é um estrela porque possui luz própria*” (Dal). Noção que parece baseada nos enunciados padronizados, muito encontrados nos livros didáticos, que conceituam, respectivamente, uma estrela e o Sol como:

“*[Uma estrela] é um astro que tem luz própria.*” (Ben);

“*O Sol é uma estrela de 5ª grandeza.*” (Dal).

Outras características do Sol, apontadas com menor frequência, são as de que ele é grande e gasoso. Contudo, em relação à Terra, nem sempre ele parece ser considerado “grande”. Pelo contrário, como já apontamos antes, na seção sobre as concepções relativas à Terra, em diversas representações gráficas utilizadas pelas professoras (e livros didáticos), ele aparece como sendo apenas um pouco maior que a Terra, ou até menor que ela. Com efeito, como já

mencionamos antes, no item acerca do tamanho da Terra, algumas professoras não só o desenhavam, como acreditavam mesmo que ele seria menor que a Terra.

Outro ponto importante relativo ao Sol, a que já nos referimos ao discutir a concepção de Terra, é a sua posição na configuração espacial do sistema Terra-Sol-Lua imaginada pelas professoras: em geral o Sol é concebido como ficando bastante próximo da Terra e da Lua, a uma distância de poucos diâmetros terrestres. Com base nesta concepção, como já vimos, algumas professoras elaboravam um modelo explicativo das estações do ano e da diferença de temperatura entre os pólos e o equador em termos de uma maior ou menor proximidade ao Sol de determinadas regiões da Terra.

Nos desenhos livres do universo, freqüentemente o Sol aparece com grande destaque, o que parece evidenciar que algumas vezes ele é considerado como sendo o astro “dominante” não apenas do sistema solar, mas do próprio universo. Esse ponto será discutido mais extensamente no item em que apresentaremos os resultados sobre a concepção de universo das professoras.

Em resumo, a concepção de Sol apresentada pelas professoras nos parece apresentar um face sensorial, realista ingênua, segundo a qual ele é quente, brilhante e com raios, bastante arraigada, à qual vem se sobrepor outra face, conceitual, onde ele é equiparado às estrelas e uma representação espacial, em que ele é considerado bem próximo da Terra e da Lua, que serve de fundamento à articulação, pelas professoras, de um modelo explicativo para as estações do ano em termos de maior ou menor proximidade ao Sol.

AS ESTRELAS

No questionário inicial foi perguntado: “O que é uma estrela?”; nos desenhos livres do céu e do universo elas foram extensamente representadas e, durante o curso, foram colhidos depoimentos acerca de sua natureza e distribuição espacial. Os resultados que obtivemos foram os seguintes:

As estrelas foram os objetos mais representados nos desenhos livres, tanto do céu como do universo. Elas geralmente eram desenhadas segundo a tradicional forma de “estrela”, com pontas, e apareciam quase uniformemente dispersas no espaço desenhado. Contudo, nalguns casos de representações do universo, elas eram desenhadas apenas junto aos planetas e/ou ao Sol, dando assim a impressão de fazerem parte do sistema solar. Essa impressão, de que algumas professoras as concebiam como próximas e permeando o sistema solar, foi, posteriormente, plenamente confirmada por depoimentos verbais colhidos durante o andamento do curso, sobretudo ao serem discutidas as observações de estrelas e constelações feitas pelas próprias professoras: a maioria as imaginava como sendo, de fato, objetos pequenos, luminosos e não mais distantes da Terra do que o Sol e os demais planetas. Algumas também relataram que imaginavam que elas se moviam “juntas”, por isso mantendo inalteradas as formas das constelações. Nas respostas dadas ao item do questionário inicial que perguntava como era o sistema solar, algumas professoras também citaram explicitamente as estrelas como sendo seus componentes, como no exemplo abaixo:

“O sistema solar está composto do sol, 9 planetas conhecidos e a Lua. Além das estrelas.” (Dal).

Já a pergunta feita no questionário inicial: “o que é uma estrela?”, desfechou uma resposta padronizada: das vinte e duas professoras que responderam ao questionário inicial, dezoito deram respostas extremamente semelhantes, cujo protótipo parece ser:

“Uma estrela é um astro que tem luz própria.”

Além da repetição deste enunciado, neste item pouca coisa foi acrescentada⁵²: apenas três professoras responderam que uma estrela é uma “*massa incandescente*” ou “*um agregado*” de gases, enquanto outras deram novos indícios de conceberam-nas como corpos pequenos, que fazem parte do sistema solar. Uma resposta em que isso nos parece bem evidente foi a dada por The:

“*[Uma estrela é] Um meteoro que recebe a luz do Sol parecendo ter luz própria.*” (The).

Também chamou nossa atenção, nessas respostas, a pouca referência ao Sol, tendo em vista que, como vimos no item anterior, este é freqüentemente definido como sendo “*uma estrela*”. As únicas menções feitas a ele ocorreram na resposta de The, transcrita acima, e na de Gin:

“*[As estrelas] São astros que possuem luz própria (como?) e não são quentes como o sol (acho eu), mas, a olho nu, não sei se estão no mesmo lugar no céu.*” (Gin)

Em ambas não é estabelecida qualquer relação de semelhança entre o Sol e as estrelas; muito pelo contrário, nas duas é feita uma distinção bem grande: segundo a resposta de The, somente o Sol seria realmente luminoso e as estrelas não passariam de “*meteoros*”; segundo a de Gin, as estrelas “*não são quentes como o Sol*”, ou seja, parece dar a entender que apenas o Sol seria realmente quente, enquanto que as estrelas, embora luminosas, seriam “*frias*”. Isso parece mostrar que o enunciado padronizado que diz que “*o Sol é uma estrela*”, embora seja repetido, não é levado muito a sério, não convence as professoras⁵³, não consegue impor-se frente à visão realista ingênua, baseada na aparência destes objetos, segundo a qual há uma diferença brutal entre o Sol e as estrelas.

Em resumo, a concepção de estrela das professoras ainda parece ser predominantemente de natureza realista ingênua, sendo concebidas como corpos celestes relativamente próximos, pequenos, luminosos e distintos do Sol.

⁵² Doze professoras deram como resposta apenas o enunciado padronizado.

⁵³ Para que convencesse ele teria que vir acompanhado de outras considerações, como a da distância imensa que nos separa das estrelas.

OS PLANETAS

Embora durante o curso os planetas, a exceção da Terra, não tenham sido abordados diretamente, em diversos momentos houve referências aos mesmos: nos desenhos livres, acompanhados de descrições, do céu e do universo, nas perguntas do questionário inicial acerca de como eram o sistema solar e o universo e nas discussões durante as aulas, sobretudo acerca das observações do céu, cujo ponto alto talvez tenha sido justamente a observação dos movimentos relativos de Vênus, Júpiter e Marte no final de 1995, em novembro, quando os três estavam aparecendo bastante próximos em ângulo, sobre o horizonte oeste, no início da noite.

Nos desenhos livres do céu e do universo, feitos no início do curso, pudemos observar um contraste interessante: enquanto que, nos desenhos do universo, os planetas, juntamente com as estrelas, foram os astros mais representados, aparecendo na grande maioria dos desenhos; já nos do céu raramente eles eram incluídos, dando assim a impressão de que as professoras não costumavam associá-los ao céu. Essa impressão foi plenamente confirmada quando da realização das primeiras observações do céu noturno, durante o curso: a grande maioria das professoras de fato não sabia que alguns planetas são facilmente visíveis no céu, a olho nu, imaginando que somente através de telescópios ou nas viagens espaciais os mesmos podiam ser observados.

Nos desenhos do universo eles são invariavelmente representados por círculos coloridos, sendo muito freqüente o desenho de um planeta com anel⁵⁴.

Pelas respostas dadas ao item: “Como é o sistema solar?”, pudemos perceber que eles são unanimemente considerados como sendo os componentes primordiais deste sistema, e que se dispõem ao redor do Sol, em torno do qual ficam “*girando*” em caminhos bem determinados, que aparecem representados em alguns dos desenhos do universo. A Terra é concebida, também de maneira praticamente unânime, como sendo um dos nove planetas que compõem esse sistema.

⁵⁴ Certamente inspirado nas imagens de Saturno.

No item que perguntou sobre como é o universo, os planetas, mais uma vez, foram bastante lembrados e considerados como sendo um de seus principais componentes.

Em síntese, o conhecimento das professoras acerca dos planetas parece ser puramente conceitual, associado aos conceitos de sistema solar e universo, e, ao que parece, marcado pela imagem dos nove planetas orbitando em torno do Sol, que aparece nos livros didáticos. Sua forma é concebida como sendo “redonda”, eventualmente apresentando um anel. Quando vistos no céu são confundidos com estrelas.

O CÉU

Sobre a concepção de céu, pudemos obter informações através dos desenhos livres, acompanhados de descrições, feitos no início do curso, e das discussões realizadas em sala de aula e “no campo”⁵⁵ referentes às atividades de observação do céu.

A análise dos desenhos e suas descrições evidenciou duas concepções gerais:

1^a) O céu como o espaço acima de nossas cabeças, geralmente incluindo, como parte importante, a atmosfera (principalmente nuvens), englobando tanto fenômenos astronômicos como meteorológicos, e, eventualmente, objetos diversos, como aviões, pássaros e pirilampos. Esta concepção aparece expressa através da representação do céu através de uma cena vista de um ponto situado na superfície da Terra, ou seja, uma representação atrelada a um referencial local, topocêntrico. Dos vinte e um desenhos feitos, dezesseis se enquadram nesta categoria. Na figura 39, apresentamos alguns exemplos.

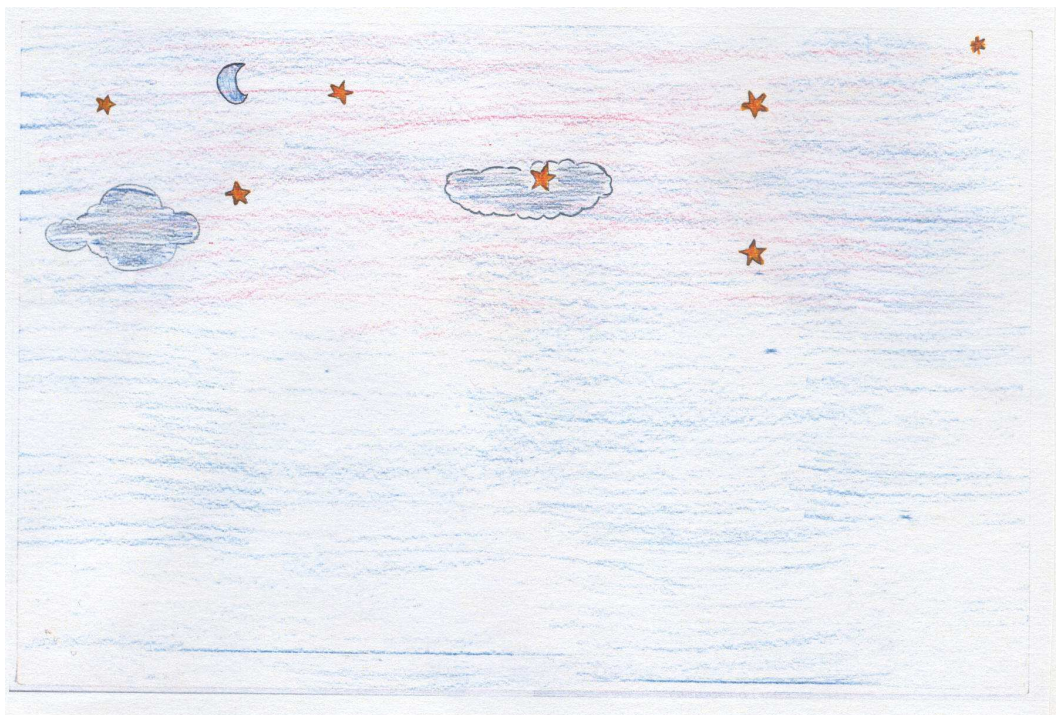
2^a) O céu como o espaço amplo onde se encontram e se movem os astros, dentre eles a própria Terra, ou seja, uma concepção de céu que se assemelha à de universo. Nos desenhos esta concepção é expressa pela representação do céu por meio de uma cena vista de um ponto situado no espaço, fora da Terra, de onde, geralmente, ela própria pode ser vista por inteiro como um astro entre outros. Esta representação é, portanto, mais conceitual que a primeira, implicando no uso de um referencial situado no espaço. Cinco dos vinte e um desenhos feitos foram classificados nesta categoria, alguns exemplos são mostrados à figura 40.

Os desenhos feitos segundo a primeira concepção puderam ser analisados quanto à representação de um céu diurno ou noturno⁵⁶. Dos dezesseis desenhos feitos de acordo com a primeira concepção, a maioria (dez desenhos) representa o céu à noite. Há poucas representações do céu exclusivamente durante o dia e também poucas representações que retratam o céu num momento intermediário entre o dia e a noite, ao amanhecer ou no pôr-do-sol. Portanto, para a maioria dos

⁵⁵ Algumas observações do céu foram feitas no próprio campus da USP, ao lado do Instituto de Física.

⁵⁶ O que não faz sentido no caso dos desenhos feitos de acordo com a segunda concepção.

(a)



(b)



Figura 39: Desenhos de um céu visto da superfície da Terra: (a) Cin; (b) Ida.

(a)



(b)

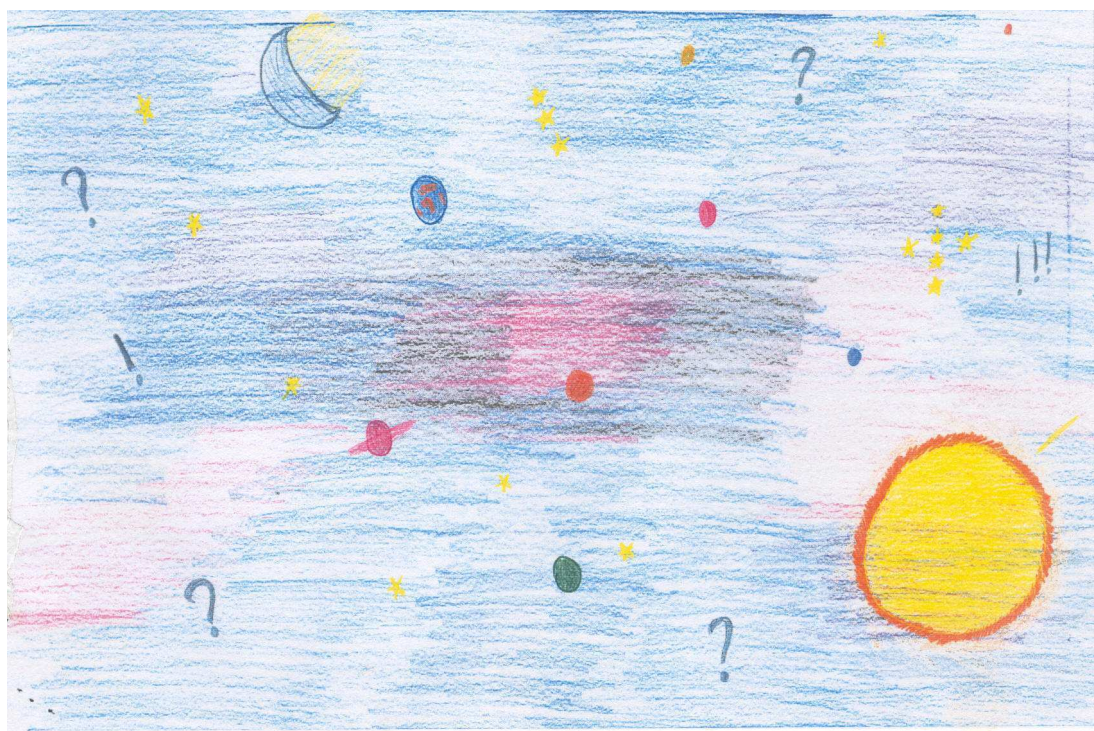


Figura 40: Desenhos de um céu visto do espaço: (a) Fat e (b) Gin.

professores que apresentaram a primeira concepção, o céu preferencialmente representado é o céu noturno.

Neste mesmo subgrupo de professores, que apresentava a primeira concepção geral, há também uma nítida predominância de uma representação do céu com um fundo azul, ou com pequenas variações em torno desta tonalidade, mesmo quando a representação é do céu noturno, enquanto que, no caso da segunda concepção não ocorre esta predominância do azul: dos cinco desenhos deste subgrupo, apenas um apresenta fundo azul, em dois desenhos o fundo é multicolorido, como nos apresentados à figura 40, em um é negro e outro não possui coloração definida.

Quanto à composição do céu, no subgrupo das professoras que apresentaram a primeira concepção, os objetos mais representados foram, primeiramente, as estrelas e a Lua, depois as nuvens, que aparecem em mais de metade dos desenhos. O Sol, aparece pouco, em consequência da preferência pelo desenho de um céu noturno. Os planetas praticamente não foram representados: em um único desenho deste subgrupo aparece um planeta. O Cruzeiro do Sul, por sua vez, é esboçado em três desenhos.

No segundo subgrupo, os objetos mais representados foram as estrelas, a Lua, o Sol e também planetas, dentre eles a própria Terra vista do espaço, que aparecem em três dos cinco desenhos. Em dois desenhos também aparecem cometas.

Portanto, para as professoras que apresentam a primeira concepção de céu, ele é predominantemente representado pelo céu noturno, no qual aparecem estrelas, a Lua e nuvens sobre um fundo azul; já para as professoras que apresentam a segunda concepção, o céu é composto predominantemente pelas estrelas, pela Lua, pelo Sol e pela própria Terra e outros planetas. O fundo não é mais apenas azul, mas também multicolorido ou escuro.

Outro ponto interessante revelado pela análise das descrições que acompanhavam cada desenho do céu foi o de que, embora o enunciado do item em que se pedia ao professor que relatasse por escrito o que havia desenhado

pedisse apenas uma descrição do desenho⁵⁷, a maioria das professoras não fez propriamente uma descrição, apenas relatando o que fora efetivamente representado nele, mas sim uma narrativa onde contam o que imaginaram ao desenhar, expressando inclusive os sentimentos evocados. Esse fato parece evidenciar que o céu apresenta uma grande riqueza simbólica para as professoras, um grande apelo aos seus sentidos e sentimentos, o que certamente acha-se ligado à questão do notório fascínio que a Astronomia costuma despertar nas pessoas. A seguir apresentamos dois exemplos destas descrições/narrativas:

“Sou apaixonada pelo céu, uma linda manhã, um final de tarde com aquele céu colorido, avermelhado, uma noite. Mesmo nessa cidade, não fico uma noite sem apreciar, contemplar o céu. Quando tenho a oportunidade de estar no interior do Estado (Franca) passo mais horas admirando o desconhecido.

Meu desenho está totalmente infantil, vejo-o com os mesmos olhos de uma criança, só que pergunto-me:

- O que significa cada brilho, cada nuvem (bola de algodão? - O sol ??? - A lua??? - O universo???)” (Den);

“Quando pequena no interior eu gostava de sentar no terreiro com minhas irmãs e minha mãe, nós ficávamos olhando para o céu e cantando cantigas para a lua.

Sempre gostei de olhar para o céu em dias limpos e claros, não gosto de dias chuvosos.

No céu de minha vida sempre foi azul com muitas estrelas e pontinhos brilhantes, a lua sempre bonita, as vezes passava um avião, o que mais passava a noite era aves noturnas, pirilampo e mãe de ouro.

** Mãe de ouro: pontinhos brilhantes que nos dava a certeza de que voavam de uma montanha a outra.” (Ida).*

Entre outros, pudemos perceber expressos nas narrativas das professoras sentimentos de beleza, fascínio, paixão, de conforto e paz e imagens com forte apelo sensorial, como a do colorido do céu, de claridade solar versus trevas

⁵⁷ Literalmente o enunciado era:

“1. Na folha em branco em anexo faça um desenho representando o céu da maneira como você o imagina.

2. Faça uma descrição do céu que você desenhou.”

(chuvas e poluição), de verão e calor e ainda de espaço amplo ou infinito, de mistério e apelo à imaginação e exploração. É interessante notar que este uso simbólico do céu foi conscientemente e explicitamente reconhecido por um dos professores:

“Como adoro olhar para o “céu”, acabei me acostumando e notando que eu me identifico muito com ele, pois o “céu” assim chamado é muito interessante dependendo do seu estado psíquico e emocional, que você o vê, pois podemos imaginar o “céu” da maneira que quisermos, sendo ele uma visão imaginária com pontos que nos chamam muitas vezes a atenção e nos proporcionando muita tranquilidade.” (Nei)

Em resumo, a concepção de céu das professoras apresenta dois tipos básicos: o céu como sendo o espaço acima de nossas cabeças, onde, além das estrelas, da Lua e do Sol, há nuvens, aviões e outros objetos “terrestres”, onde praticamente não há planetas; e o céu como sendo o próprio universo, um espaço amplo onde os astros, inclusive os planetas, entre eles a própria Terra, se situam. A primeira concepção, que é a predominante, é marcadamente realista ingênua, baseada na percepção que temos do céu de nosso ponto de vista local, na superfície da Terra. Já a segunda é essencialmente conceitual. Pudemos observar ainda uma grande riqueza simbólica associada ao céu, que parece mobilizar intensamente os sentimentos e a imaginação.

O UNIVERSO

A concepção geral de universo foi evidenciada principalmente pelo desenho livre que o teve por tema, feito no início do curso, e pelas respostas dadas ao item do questionário inicial que perguntava: “Como é o universo?”.

Os desenhos acompanhados de descrições como as respostas à pergunta “como é o universo?” parecem indicar que as professoras apresentam dois tipos, não excludentes, de concepção geral acerca do universo. O primeiro prioriza os objetos que o compõem, o seu conteúdo; o segundo, o espaço que o constitui, o continente.

De acordo com a primeira concepção, o universo é o conjunto formado por todos os astros e ainda outros elementos, como poeiras, nebulosas e luzes, ou seja, como diz uma das professoras: “*É o conjunto de tudo que existe...*” (Der), como é dado a entender nos exemplos a seguir:

“O universo que desenhei tem planetas, cometas, astros, via láctea, estrelas conhecidas e desconhecidas. Em suma é a somatória dos conteúdos conhecidos e daqueles que ainda estão por ser descobertos.” (Fat);

“É o conjunto de todos os corpos celestes e de toda matéria disseminada pelo espaço, inclusive poeiras, radiações e outras substâncias.” (Mam).

Na segunda concepção, o universo é, sobretudo, o espaço imenso onde se encontram os astros, como é possível observar nas respostas dadas por Mar, segundo as quais o universo é:

“Uma grande imensidão de espaço um tanto escuro pontilhado de vários astros que se movem e onde não existem seres vivos.” (Mar);

“Um grande e imenso espaço sem gravidade onde se encontram vários astros.” (Mar).

As duas concepções não são excludentes, como as próprias respostas de Mar acima transcritas permitem entrever, parecendo diferir apenas quanto à ênfase dada: na primeira, aos objetos, na segunda, ao espaço. Com efeito, algumas professoras parecem caracterizar o universo tanto como sendo um

espaço, como o conjunto de objetos que “compõem” este espaço, articulando as duas concepções⁵⁸, como no exemplo a seguir, segundo o qual o universo:

“É um espaço composto de muitos planetas, estrelas, poeira. Não sei se tem mais coisas!” (Dal)

Portanto, parece que podemos considerar que a concepção geral de universo da professoras encerra duas noções complementares: ele é pensado tanto como sendo o conjunto de todos os objetos que existem, como o espaço imenso onde estes objetos se encontram.

Os objetos mais lembrados pelas professoras ao desenhar ou enumerar a sua composição foram, primeiramente, as estrelas e os planetas, depois o Sol, os cometas, as galáxias, os meteoros ou meteoritos, a Terra e a Lua. É interessante destacar a presença marcante dos planetas, os quais praticamente não eram citados no caso do céu.

A análise dos desenhos livres também revelou que havia diferenças quanto à maneira de conceber a estrutura do universo. Conseguimos discernir três categorias:

1. Universo sem estrutura: os astros apenas dispõem-se no espaço, misturados, formando um só conjunto heterogêneo. Na figura 41 apresentamos dois exemplos de desenhos que classificamos nessa categoria. As descrições que acompanham os desenhos em geral apenas limitam-se a enumerar os diversos tipos de objetos que compõem o universo, sem qualquer hierarquia:

“Meu universo é visto a noite, com planetas, estrelas todas com suas cores e brilhos, também a lua. Neste universo aparece meteoros e meteoritos, etc.

O universo para mim é super desconhecido, só desenhei o que eu aprendi através de estudos normais em sala e em livros.” (Ben);

“O meu desenho anterior é o mesmo que esse, ou seja, o céu e o universo para mim são a mesma coisa. Se compõe de estrelas, planetas, satélites, cometas, corpos celestes que se movimentam uns em relação aos outros.” (Crid)

⁵⁸ PIAGET (1996) mostra que as categorias gerais de objeto e espaço são solidárias, são construídas de maneira interdependente, o que parece refletir-se na conceituação de universo das professoras.

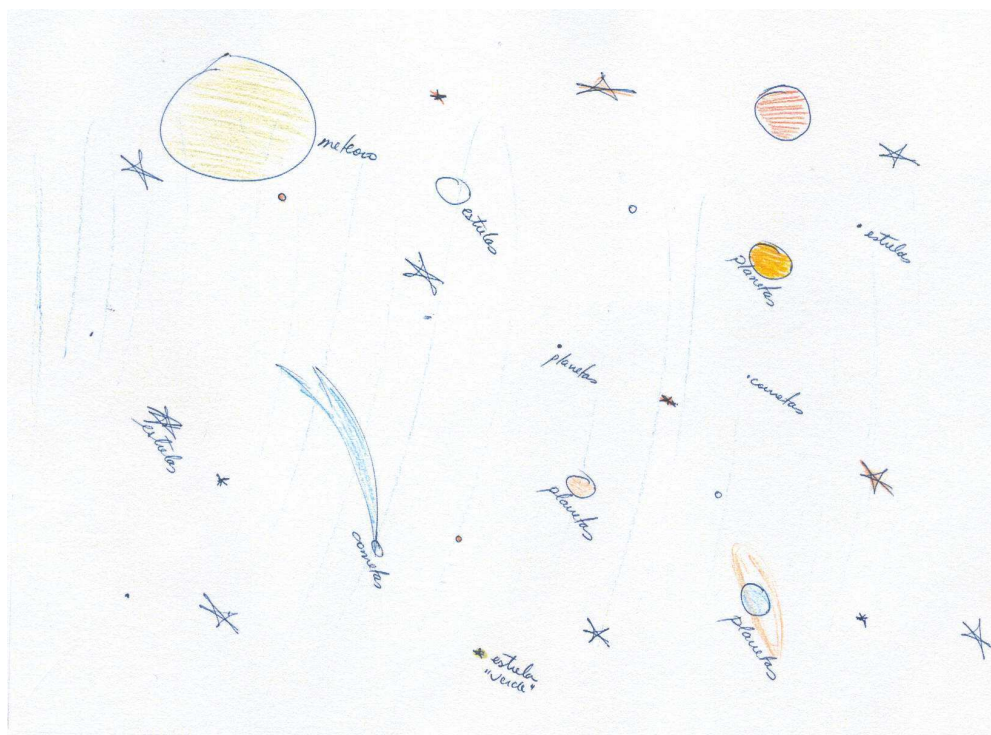


Figura 41: Universo sem estrutura. Desenhos feitos por: (a) Ben, (b) Crid.

2. Universo heliocêntrico: o Sol é o astro dominante ou central, sendo geralmente desenhado com um tamanho bem maior que os demais objetos, ou seja, é um universo cuja estrutura é semelhante a de um sistema solar. Na figura 42 apresentamos dois exemplos desta categoria. As descrições que acompanham estes desenhos também não deixam dúvida quanto ao papel dominante representado pelo Sol:

“Imagino como o sol sendo o centro do universo e em seu redor os planetas, galáxias e estrelas; contendo várias formas e tamanhos.

Como também um lugar escuro e sombrio, tendo movimentos rotineiros.”
(Shi);

“Meu Universo tem como predominância a presença do Sol como iluminador de tudo, colorindo cada pedacinho do infinito como um grande arco-íris sem contudo empanar o brilho de cada astro, planeta ou meteoro. Não deu para desenhar as nebulosas como fumaça seca, mas elas predominam no Universo dando ao mesmo aquele ar de mistério...” (The).

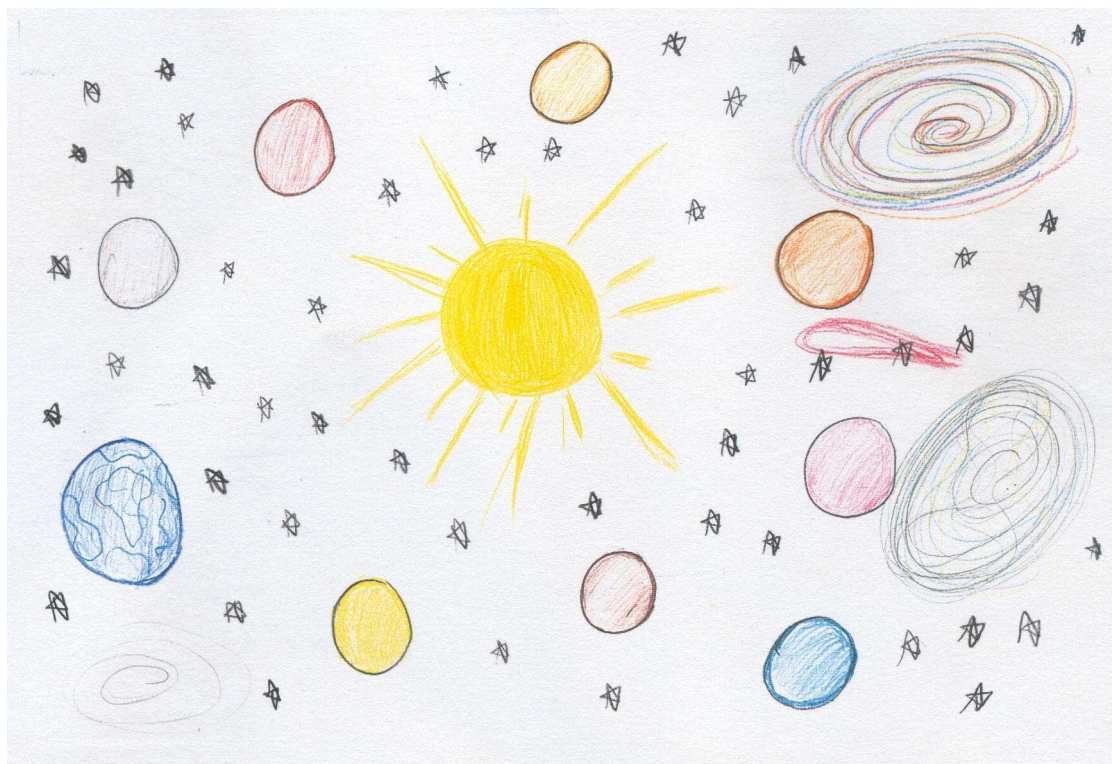
3. Universo estruturado em galáxias: o universo seria composto por galáxias, nas quais haveria sistemas solares. Em uma variante desta concepção, apresentada por uma única professora (led), as galáxias são concebidas de maneira semelhante a sistemas solares, cada uma com um astro que a “centraliza”. Na figura 43 apresentamos dois exemplos, sendo o segundo o da professora que concebe as galáxias como sistemas solares. As descrições que os acompanham são as seguintes:

“Eu imagino o universo com inúmeras galáxias e cada galáxia contendo sistemas solares complexos, contendo estrelas de formas e tamanhos diversos e para cada estrela um sistema solar. Os planetas com ou sem vida, seus satélites, nebulosas, asteróides e outros elementos.” (Mam);

“O Universo é formado por várias Galáxias e cada galáxia formada por um sistema que possui um astro que centraliza o sistema da Galáxia.” (led).

As duas primeiras noções foram as mais freqüentes no grupo de vinte e um desenhos que analisamos. A última foi apresentada apenas por quatro professoras.

(a)



(b)

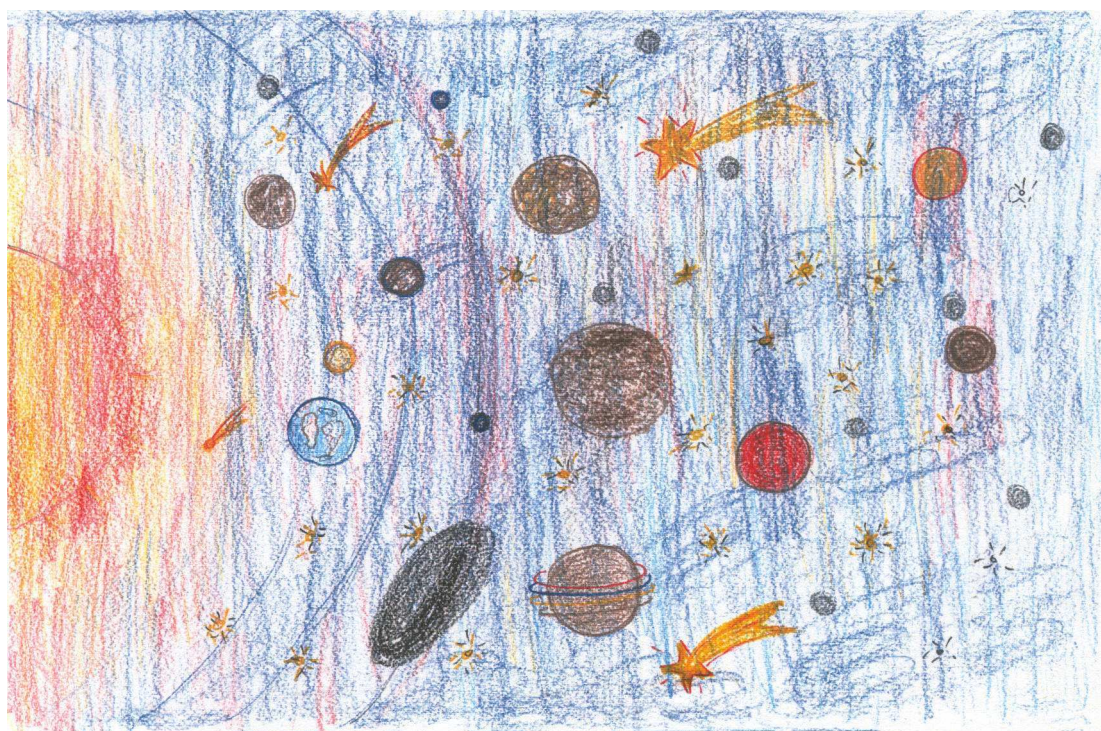
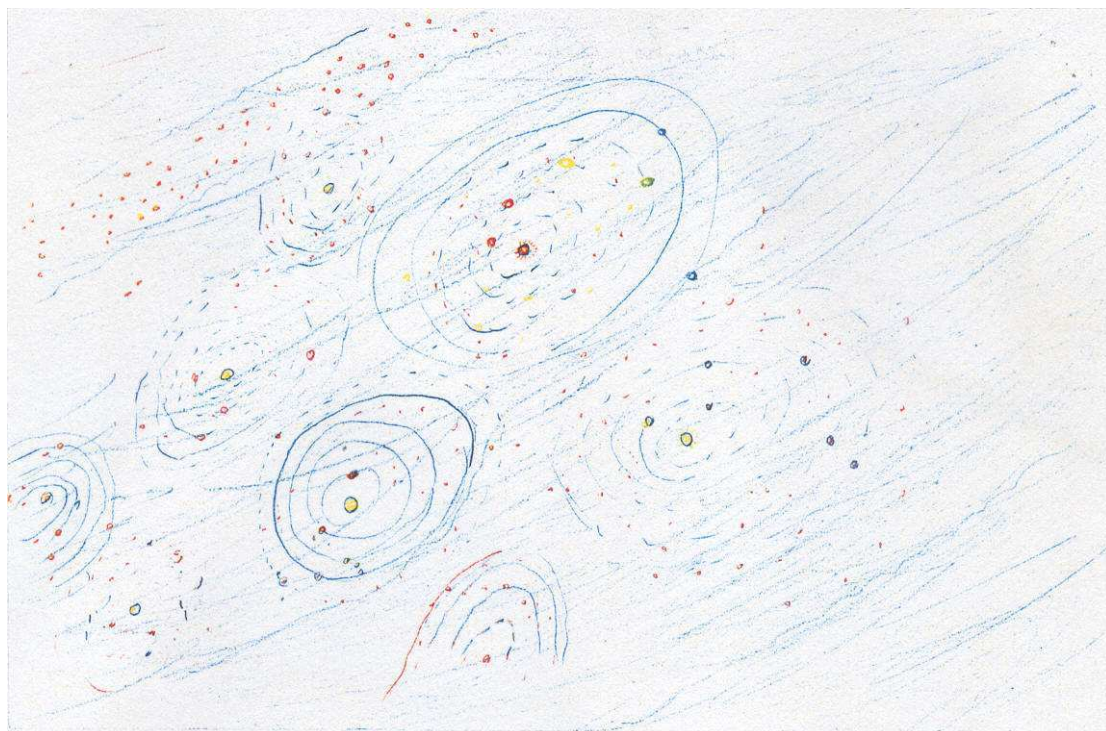


Figura 42: Universo heliocêntrico. Desenhos feitos por: (a) Shi, (b) The.

(a)



(b)

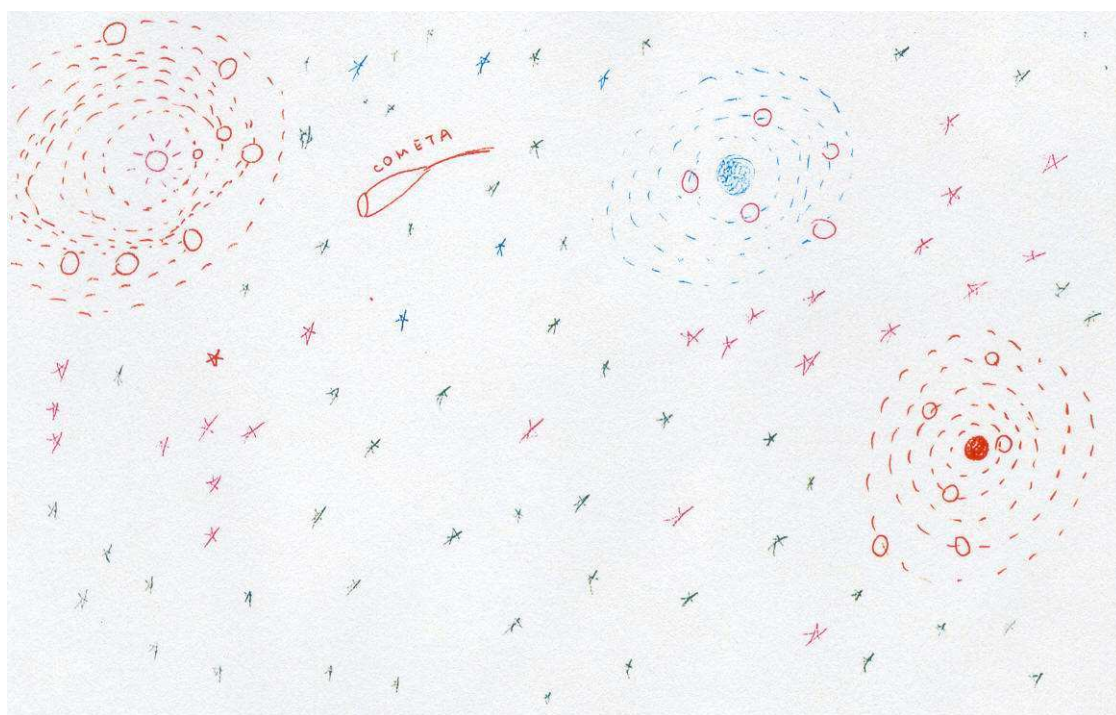


Figura 43: Universo composto por galáxias. Desenhos feitos por: (a) Mam, (b) Ied.

É interessante observar que nenhuma professora representou o universo com a Terra numa posição especial, de destaque, ou seja, um universo do tipo geocêntrico.

Outro aspecto que merece ser observado é com relação à natureza das descrições dos desenhos: enquanto que as representações do céu, como vimos, costumavam ser acompanhadas de diversas imagens simbólicas, transformando-se em verdadeira narrativas, com conotações afetivas e estéticas muito fortes, no caso do universo isso raramente aconteceu, evidenciando assim, ao que parece, uma relação muito mais racional/conceitual das professoras com a idéia de universo. O que pudemos perceber, no caso do universo, foram imagens de expansão espacial (universo imenso ou infinito), até um pouco mais freqüentes que no caso do céu, e imagens de escuridão, de desconhecido e mistério e algumas poucas referências a cores, luminosidade e claridade. Além destas quatro categorias de imagens, que já haviam aparecido associadas ao céu, o universo é também relacionado a movimento, à névoa e poeira, a vazio e à existência ou não de vida. Em resumo, o universo é concebido como um espaço amplo, até mesmo infinito, escuro, desconhecido e misterioso, onde há movimento, cores e luzes, névoas e vazio, e onde pode ou não existir vida. As referências à beleza e tranquilidade, tão comuns com relação ao céu, são quase inexistentes quando se trata do universo.

Em síntese, a noção geral de universo das professoras de nossa amostra é a de que ele é o conjunto de todos os objetos que existem (estrelas, planetas, cometas, meteoros, luzes etc.) e/ou o espaço imenso onde se situam estes objetos. São concebidas três tipos de estruturas: na primeira os objetos acham-se dispostos de maneira desordenada, sem hierarquia; na segunda o Sol é o astro dominante e, na terceira, o universo é composto por galáxias, dentro das quais há sistemas solares. Em contraste com o que ocorria no caso do céu, poucas imagens simbólicas são associadas ao universo.

II.3. O ENSINO COMO TRANSMISSÃO: O USO DE CHAVÕES

Ao longo de nossa exposição de resultados acerca das concepções iniciais das professoras, feita nas seções anteriores, tivemos a oportunidade de ressaltar, inúmeras vezes, o freqüente uso pelas professoras de enunciados e imagens que se caracterizam pela padronização, seja para responder diretamente, com eles, às questões propostas nos questionários, seja utilizando-os como um elemento em que fundamenta-se uma dada concepção⁵⁹. Com efeito, a utilização constante desses enunciados e imagens padronizados parece ser um dos traços mais marcantes do conhecimento das professoras relativo ao universo, sendo sintoma de uma certa concepção do que é o conhecimento e o ensino. Sendo assim julgamos apropriado uma discussão mais extensa de seu significado epistemológico e pedagógico, o que faremos nesta seção.

Primeiramente, gostaríamos de caracterizá-los através de uma terminologia que nos parece apropriada: a principal característica desses enunciados e imagens é, como temos insistido, a sua padronização, sua repetição uniforme segundo o mesmo molde, por várias pessoas e/ou livros, por isso os denominaremos “chavões”: “chavões verbais”, no caso dos enunciados, e “chavões gráficos”, no caso das imagens. O termo “chavão” é definido, no dicionário de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, como sendo um modelo, lugar-comum, sentença ou provérbio batido pelo uso; o que calha perfeitamente ao significado que estamos querendo lhe dar. O “chavão”, assim, caracteriza-se por ser um enunciado (ou imagem) pronto, acabado que deve ser memorizado e repetido por quem o “aprendeu” (isto é, memorizou) sempre da mesma forma.

Ao longo de nosso trabalho deparamo-nos com inúmeros exemplos, como os enunciados:

“A Terra é achatada nos pólos.”;

“O eixo da Terra é inclinado.”;

“Os movimentos da Terra são rotação e translação”;

“O Sol é uma estrela de quinta grandeza.”;

⁵⁹ Veja, p. ex., os enunciados e imagens indicados no quadro apresentado no item “Síntese das concepções acerca da Terra”.

“A Lua é 49 vezes menor que a Terra.”;
“Os astros dividem-se em luminosos e iluminados.”;
“O Sol nasce a leste e se põe a oeste.”
etc...;

e as imagens:

- da Terra “em pé”, em que ela é representada através de um círculo com os oceanos e continentes (geralmente América, Europa e África) esboçados; os pólos alinhados na vertical, o norte em cima, o sul embaixo; o equador na horizontal e alguns meridianos e paralelos indicados, que vimos denominando “representação padrão da Terra”;

- do planisfério terrestre, numa projeção em que os pólos, em vez de pontos, são representados por segmentos de reta;

- da Terra em sua órbita em torno do Sol, com indicação da sua posição nas quatro estações do ano.

Uma característica marcante destes chavões é que eles representam um tipo de “conhecimento” absolutamente fragmentado, estanque, fechado em si mesmo. Vimos um exemplo claro disso, no caso das respostas dadas pelas professoras às questões do módulo 6 que perguntavam quais eram os movimentos da Terra e qual a diferença entre rotação e translação: elas respondiam que os movimentos da Terra eram “rotação e translação” e, por outro lado, definiam a rotação e a translação como sendo “os movimentos da Terra” (em torno de si mesma e em torno do Sol), numa “circularidade” que mostra bem o fechamento deste tipo de conhecimento, que não vai além do que é dito no enunciado. A fundamentação desses chavões nunca é explicitada, seu conteúdo não é questionado, submetido à crítica mediante o cruzamento e comparação com outros conhecimentos ou dados da realidade.

Os enunciados e imagens que constituem os chavões têm sua origem no conhecimento científico. Só que, em ciência, no contexto epistemológico racionalista em que se trabalha na ciência, todo o conceito, e, obviamente, todo o enunciado envolvendo conceitos e as representações gráficas utilizadas como meio de expressá-los, acham-se sempre inseridos e vinculados a um “*corpo de*

noções”, como diz Bachelard⁶⁰, ou a uma “rede de relações racionais”⁶¹, a uma “rede de significados”, como cada vez mais é considerado na epistemologia atual, onde a metáfora de rede vem tendo uma importância crescente na conceituação do que é o conhecimento⁶². Segundo essa concepção:

- “• *compreender é apreender o significado;*
- *apreender o significado de um objeto ou de um acontecimento é vê-lo em suas relações com outros objetos ou acontecimentos;*
- *os significados constituem, pois, feixes de relações;*
- *as relações entretecem-se, articulam-se em teias, em redes, construídas social e individualmente, e em permanente estado de atualização;*
- *em ambos os níveis – individual e social – a idéia de conhecer assemelha-se à de enredar.”*⁶³

Assim, quando o conhecimento vem expresso através de chavões, completamente dissociado e desvinculado da rede de significados em que foi concebido, ele perde completamente o seu sentido original; torna-se vazio, oco... Vazio que pode ser preenchido por novas associações de significado de origem diversa, ingênua, baseada no senso comum, como vimos em diversos exemplos ao longo de nosso levantamento, como no caso marcante da imagem do planisfério, que é interpretada como sendo a forma real da Terra, na falta de uma indicação do que é um planisfério, de qual é a projeção adotada para representá-lo.

Fala-se, por exemplo, que: “o Sol é uma estrela de quinta grandeza”, sem que se tenha a menor noção do que significa esta “grandeza”⁶⁴, ou mesmo o que é uma estrela⁶⁵. É dito que “a Terra é achatada nos pólos”, mas não se compara o valor desse achatamento com as dimensões reais da Terra. Se isso fosse feito se constataria que ele é mínimo, imperceptível ao olhar numa representação em escala real. Diz-se que “a Lua é 49 vezes menor que a Terra”, sem que seja

⁶⁰ BACHELARD, 1974, p.174.

⁶¹ MORTIMER, 1997, p.9.

⁶² Veja MACHADO, 1995.

⁶³ MACHADO, op. cit., p.138.

⁶⁴ Que acha-se ligada ao conceito astronômico, bastante abstrato, de magnitude absoluta.

⁶⁵ Grande parte da professoras, assim como das crianças, possui apenas uma concepção realista ingênua do que sejam as estrelas, imaginando-se próximas, pequenas e com pontas, como se elas estivessem distribuídas no espaço ao redor da Terra, no interior do sistema solar.

explicitada a dimensão que está sendo comparada (que, neste caso, trata-se do volume dos dois astros); ou que: “os astros dividem-se em luminosos e iluminados”, mas então como explicar aos alunos porque a “estrela d'alva”, que é um planeta (Vênus), é tão brilhante? É dito que “a Terra tem o eixo inclinado”, só que sem indicar em relação a quê ele é inclinado, e, ao desenhá-lo, muitos representam-no inclinado em relação aos pólos geográficos da Terra!... Etc. Ou seja, o significado deste chavões não é explicado, tratando-se de um “conhecimento” que se reduz a um mero verbalismo sem reflexão, que vem desacompanhado de qualquer indicação sobre a rede de relações lógicas nele implicada.

Na verdade, estes chavões não são feitos para serem compreendidos, mas apenas para serem repetidos...

Toda a vez que, na escola, são feitas certas perguntas, geralmente também padronizadas, como: “o que é o Sol?...”, todos respondem em coro: “uma estrela de quinta grandeza...”. Conhecimento oco, vazio!...

No caso dos nossos questionários percebemos que, com algumas questões propostas, sem querer reproduzimos algumas dessas perguntas padronizadas que tiveram respostas unânimes, praticamente idênticas, ou seja, que automaticamente detonaram o emprego de um chavão, como a que perguntava, no módulo 6: “Quais são os principais movimentos da Terra?”, à qual todas responderam secamente: “rotação e translação”, sem uma palavra explicativa a mais. Em outras perguntas, mais gerais, que não remetiam automaticamente ao uso de um único chavão bem definido, o que ocorria é que as respostas dadas eram simplesmente uma soma de vários chavões, cada um deles com a sua característica peculiar – um enunciado curto, fragmentado, sem maiores explicações. Por exemplo, em resposta à pergunta: “Como é a Terra?”, feita no questionário inicial, tivemos como respostas:

“Arredondada, possui 2 pólos, realiza 2 movimentos (rotação e translação), possui mais água do que terra, não possui luz própria, é o 3º planeta a partir do Sol.” (Cin);

“Redonda, achatada nos pólos, 1/4 de terra e 3/4 de água, com movimentos de rotação e translação.” (Pau).

Evidentemente o uso de chavões não é exclusivo do ensino da Astronomia no ensino fundamental. Muito pelo contrário, o que observamos no nosso caso é apenas o reflexo do exercício de uma concepção geral de educação, bem caracterizada por Paulo Freire como sendo uma “educação bancária”⁶⁶, na qual o processo de ensinar é concebido como um processo de “depositar” conhecimentos nos alunos, que passivamente os devem receber e obedientemente os devolver por ocasião das provas, quando é feito o “resgate” do depósito. Uma educação cuja intenção ideológica de fundo seria a “domesticação” e o enquadramento dos alunos numa sociedade desigual, à qual não interessa de modo algum o confronto com a realidade e seu eventual desvelamento, para a qual a formação de consciências críticas significa uma ameaça (à sua perpetuação), a quem, portanto, é conveniente manter a escola numa “redoma”, numa “ilha da fantasia”, descolada da realidade.

É interessante lembrar o depoimento, citado por HARPER et al. (1980), que exemplifica bem esse desligamento da escola com relação à realidade, coincidentemente numa situação ligada à observação de um fenômeno astronômico:

Um certo estudante, tendo lido no jornal que naquele dia ocorreria um eclipse do Sol, havia preparado um vidro enfumaçado para observá-lo e discutia com seus colegas, na porta da escola, os riscos de se fazer uma observação do eclipse a olho nu, quando alguém disse:

“– Comigo não há problema, minha classe é do lado de lá, o Sol vai estar do lado de cá...”

É impossível pensar que seria permitido estar às 8 h 39 min em outro lugar que não a sala de aula, mesmo com um eclipse em curso.

*E a sineta (que não lê jornal) tocou às 8 h 25 min levando com ela, em fila, o rebanho de dóceis carneirinhos, enquanto a Lua encobria o disco alaranjado do Sol.”*⁶⁷

Com efeito, parte das professoras de nosso grupo evidenciava possuir uma concepção do ensino como um processo de doação, de transmissão de

⁶⁶ FREIRE, 1980b.

⁶⁷ HARPER et al., 1980, p.62.

conhecimento de quem o tem para quem o não tem, que é então “enchido” com o conhecimento doado, à qual se poderia aplicar também a chamada “metáfora do balde”⁶⁸: conhecer seria como encher um balde, um reservatório previamente existente em cada ser humano, talvez inicialmente vazio, com o fluido do conhecimento pronto, acabado. Isso pôde ser notado, por exemplo, nas respostas dadas por algumas delas à questão do questionário inicial que perguntava o que elas gostariam de aprender no curso, onde foi freqüente o uso de termos como “passar” e “transmitir” conhecimentos, indicativo da concepção subjacente do ensino como um processo de transmissão.

Porém, em contraposição a essa tendência, algumas professoras dão evidências de uma certa desconfiança em relação aos chavões, começando a questionar o seu conteúdo, como nos seguintes exemplos:

Em resposta à pergunta: “como é a Lua?”, feita no questionário inicial, uma das professoras diz que ela:

“É um satélite natural da Terra e que reflete a luz recebida do Sol.” (Yol);

mas logo abaixo escreve:

“Obs: na minha opinião eu não concordo muito com essa minha resposta. Pois quando o sol se esconde como pode refletir luz?” (Yol)

Ou seja, primeiramente ela respondeu da forma padrão, como é tradicionalmente esperado, dizendo que a Lua “*é um satélite natural de Terra*” e que ela é um astro iluminado (pelo Sol). Porém, em seguida, com sua observação, demonstra que não acredita que a última parte dessa resposta seja verdadeira, pois contradiz o seu bom senso: depois que o Sol já se escondeu, a noite, como ele ainda pode estar iluminando a Lua?... Ou seja, Yol demonstra que não compreende a resposta padrão, que desconhece a rede de significados na qual essa asserção acha-se inserida, no caso, desconhece como é o sistema Sol-Terra-Lua em proporções reais de tamanhos e distâncias e tem dificuldade de desprender-se do referencial topocêntrico em que vive, no qual “anoitece”. Mas o ponto importante a ser observado aqui é que ela já dá mostras de fazer uma

⁶⁸ A “metáfora do balde” é citada, por exemplo, por MACHADO (1995, p.30).

autocrítica, não concordando com sua própria resposta, com o procedimento de simplesmente dar uma resposta padrão que lhe parece errada e sem sentido.

Em resposta à pergunta: “Como é o sol?”, também do questionário inicial, outra professora responde que:

“Segundo os livros, é uma estrela porque possui luz própria. Nos livros didáticos o sol é uma estrela de 5ª grandeza.” (Dal)

Notamos na resposta de Dal um tom de desconfiança, de “não me comprometo” com relação à sua própria resposta, baseada em dois chavões clássicos: “uma estrela é um astro que tem luz própria” e “o Sol é uma estrela de 5ª grandeza”. Ela deixa bem claro que sua resposta é “segundo os livros”, que é **nos livros didáticos** que o Sol é uma estrela de 5ª grandeza, deixando no ar, em aberto, se fora dos livros didáticos, na realidade, também o seria...

Em outro exemplo, mais contundente, essa desconfiança já se transformou num descrédito completo nas informações veiculadas pelos livros didáticos e na sua “reprodução” para os alunos. Em resposta ao item do questionário que perguntava: “o que você gostaria de aprender no curso”, Fat responde que:

“Na realidade minhas noções teóricas são precárias.

*Todo e qualquer conhecimento servirá para meu enriquecimento, já que apenas reproduzo o que leio nos livros didático, sem qualquer convicção a nível pessoal*⁶⁹.

Tenho curiosidade sobre a mudança nas estações, a influência sobre as plantas e marés se é que existem; mudanças de lua e ter mais claros o conceitos de astros, estrelas, sol etc.” (Fat).

Por fim, numa das professoras, percebe-se uma consciência bem clara da farsa representada pelo ensino tradicional da Astronomia no ensino fundamental. Ela respondeu à questão que perguntava o que gostaria de aprender no curso, dizendo que gostaria de aprender:

“As verdades científicas, escondidas atrás das mentiras didáticas” (Gin).

⁶⁹ Grifo meu.

Outro sinal auspicioso, de que grande parte das professoras acham-se abertas e suscetíveis a mudanças em relação à postura tradicional foi o entusiasmo e prazer com que a maioria entregou-se ao contato direto com a natureza através da realização de atividades práticas de observação do céu.

II.4. A REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO: ESPAÇO GEOMÉTRICO x ESPAÇO TOPOLÓGICO

Ao levantarmos as concepções iniciais das professoras, sobretudo as relativas aos movimentos da Terra, sua órbita, as estações do ano e os movimentos da Lua, inferidas em grande parte com base em desenhos e atividades com modelos tridimensionais, pudemos perceber que uma das características gerais mais evidentes dos modelos concebidos pelas professoras, para os sistemas Terra-Sol ou Terra-Lua, era a quase total ausência de preocupação com relação às distâncias e proporções que deveriam ser obedecidas pelos astros entre si e por suas órbitas. Chamou-nos especialmente a atenção a grande proximidade com que, freqüentemente, a Terra era representada com relação ao Sol, ou a Lua com relação a Terra, tanto nos desenhos como nos modelos tridimensionais. A distância da Terra ao Sol poderia corresponder a apenas uns dois ou três diâmetros terrestres e, a da Terra a Lua, até a menos de um diâmetro terrestre⁷⁰.

No trabalho com os modelos tridimensionais também foi notável a grande falta de atenção à posição em que deveriam ficar os planos das órbitas: por exemplo, freqüentemente o plano em que a órbita da Terra era representada não passava pelo Sol, ficando acima ou abaixo dele; também a visualização de planos, como o plano do equador ou o plano do horizonte de um ponto da superfície da Terra⁷¹, necessária para indicar qual seria, por exemplo, a posição do Sol com relação ao equador terrestre ou ao horizonte do observador, freqüentemente apresentava dificuldades.

A essa “falta de atenção” a propriedades geométricas como distâncias, proporções e orientação de planos no espaço, soma-se também a observação, feita em alguns momentos de nosso levantamento, de que as professoras aparentavam pouca familiaridade com noções geométricas básicas, por exemplo: ao dizer que a Terra tem a forma “circular”, ou que a Terra é “49 vezes maior que a Lua” ou “300 vezes menor que o Sol”, mas sem especificar a que tipo de

⁷⁰ Veja, p. ex., figuras 32(a), 32(b), 36(c), 38(a), 38(c).

⁷¹ O plano do horizonte de um certo ponto sobre a superfície da Terra corresponde ao plano que tangencia a esfera terrestre naquele ponto.

grandeza espacial se referia a comparação (diâmetro, superfície ou volume), ou ainda que o tamanho da Terra é de “milhões de quilômetros”, também sem especificação da grandeza a que esta medida se referiria.

Essas constatações configuram um quadro que parece indicar que o uso de noções e relações geométricas, parece ser pouco relevante na representação de universo das professoras.

Ao examinarmos o universo das crianças, no capítulo anterior, também havíamos chegado a conclusão semelhante: também as crianças revelavam dar pouca atenção às distâncias e proporções entre os astros e evidenciavam carência de noções geométricas, revelada, por exemplo, na dificuldade de distinção entre corpos bidimensionais e tridimensionais. Havíamos notado, então, como estes fatos pareciam ligados à questão da própria representação do espaço na criança (veja p.113), que, de acordo com os resultados obtidos por Piaget e Inhelder (1993), é marcada por uma evolução de uma representação do tipo topológico, nas crianças mais jovens, para uma representação geométrica, euclidiana, que se iniciaria por volta dos 8-9 anos. Um espaço representativo “topológico” corresponderia, assim, a uma representação do espaço estruturada por relações topológicas, ou seja, relações de vizinhança, separação, ordem, envolvimento e continuidade; enquanto que o espaço “geométrico”, ou “euclidiano”, seria uma representação estruturada com base em relações de distâncias e proporções (Piaget e Inhelder, 1993).

Parece-nos que a mesma interpretação é aplicável às professoras: algumas de suas representações espaciais, como a da disposição dos astros, ainda parecem fortemente marcadas por uma estruturação dominada por relações topológicas, em detrimento das geométricas. Isso nos parece ter ficado bem evidente nos modelos por elas concebidos para a representação dos sistemas Terra-Sol e Terra-Lua: em ambos a essência da concepção acerca da disposição dos astros parece ser a de que um astro acha-se *nas vizinhanças* do outro, girando *em torno*, ou *em volta* dele; ou seja, a ênfase parece recair toda em relações de vizinhança e envolvimento; pouco importando a distância exata entre a Terra e o Sol, a proporção de tamanhos entre eles e a posição do plano da órbita, ou seja, as relações geométricas.

De acordo com essa nossa interpretação, o que antes mencionamos como uma “falta de atenção” com relação às distâncias e proporções, em verdade não parece ser apenas uma questão de “falta de atenção”, mas uma falta de representação de relações do tipo euclidiano, em favor das relações topológicas, uma ausência de estruturação do espaço concebido pelas professoras com base em relações geométricas.

Um fator que deve concorrer para a manutenção da representação espacial das professoras com relação aos astros neste nível topológico são as imagens apresentadas nos livros didáticos que, tradicionalmente, não respeitam as proporções reais e nem vêm acompanhadas de qualquer alerta ou explicação quanto a isso. Já chamamos a atenção para esse fato quando discutimos a noção de órbita terrestre das professoras, inspirada num chavão gráfico que é completamente fora de escala (veja figura 34). No artigo de Trevisan et al. (1997), onde os autores apresentam resultados da análise que fizeram de livros didáticos do ensino fundamental quanto a conteúdos de Astronomia uma das constatações também refere-se exatamente a esse ponto:

*“As figuras, na maioria das vezes, quase sem exceção, passam aos alunos um conceito distorcido, induzindo uma visão fora da realidade. Temos como exemplo as dimensões relativas do Sol e dos planetas. Em nenhum texto vê-se uma figura desenhada em escala, e nenhuma nota explicando o fato de que o desenho está totalmente fora de escala.”*⁷²

Com efeito, parece-nos que há aqui um fenômeno de realimentação recíproca entre as figuras dos livros didáticos e uma representação de natureza topológica da distribuição espacial dos astros do sistema solar, que, possivelmente, induz as professoras a permanecerem presas a este nível de representação.

Examinaremos a seguir, em detalhe, outra forte evidência da relevância das relações topológicas na estruturação da representação do espaço das professoras, que se manifestará nas características do seu espaço representativo gráfico.

⁷² TREVISAN et al., 1997, p.10.

O espaço gráfico: realismo intelectual x realismo visual

Durante o trabalho no módulo que abordou o tema das estações do ano, uma constatação interessante foi a de que quase todas as professoras, embora tenham aparentado chegar a uma boa compreensão do papel fundamental desempenhado pela inclinação do eixo terrestre na explicação das estações do ano, a partir da atividade com o modelo tridimensional⁷³, ainda assim, depois disso, apresentaram problemas ao representar graficamente a posição da Terra e de seu eixo, em sua órbita em torno do Sol, nas quatro posições que marcam o início de cada estação, na forma do desenho padronizado tradicional (veja fig. 34).

O que se observava em seus desenhos era uma mistura de perspectivas, ilustrada de maneira marcante nos desenhos apresentados à figura 35, onde percebe-se nitidamente que a órbita é representada como se fosse vista “de cima”, enquanto que o eixo acha-se representado “de perfil”.

Como já nos referimos anteriormente, foram justamente estes desenhos que primeiro nos alertaram para o fato de que, na interpretação das professoras, as figuras representando a órbita da Terra não possuíam profundidade, sendo sempre visões “de cima” da órbita. O que mais nos surpreendia, neste casos, era que elas sabiam perfeitamente qual era a posição correta do eixo em três dimensões, como haviam demonstrado no trabalho com o modelo tridimensional, porém seus desenhos davam a impressão de que o eixo estaria contido no plano da órbita, quando os interpretávamos como sendo feitos sob uma única perspectiva.

O que concluímos disso é que as professoras não desenhavam da maneira esperada, obedecendo a uma única perspectiva; ao contrário, parecia-lhes bastante natural realizar uma mistura de perspectivas.

Revendo outros desenhos feitos ao longo do curso notamos que, de fato, essa mistura era bastante corriqueira, como exemplificamos à figura 44, na página seguinte.

⁷³ Conseguindo, ao final da atividade com o modelo, representar perfeitamente a posição em que a Terra, com seu eixo, fica em relação ao Sol no início de cada uma das estações.

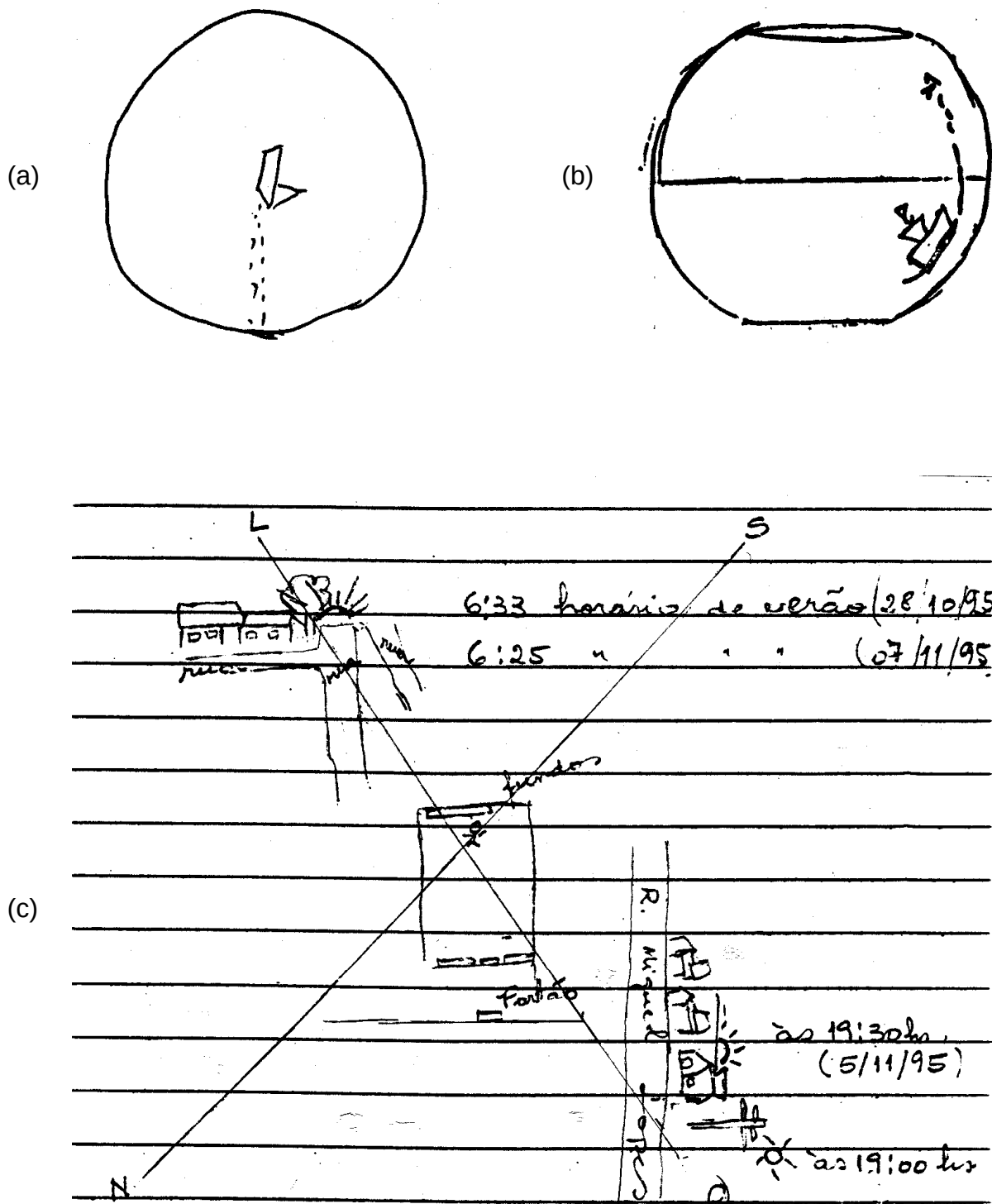


Figura 44: Desenhos feitos pelas professoras onde se percebe uma mistura de perspectivas. (a) e (b): navio desenhado de lado sobre uma Terra que é vista “de cima” (desenhos feitos em resposta ao item 3.4 do módulo 3; veja apêndice B); (c): representação do ponto de observação do céu utilizado pela professora, em sua casa, visto de cima enquanto que os objetos no horizonte são desenhados de frente.

Esse comportamento pode ser interpretado em termos dos estágios de desenvolvimento do desenho em crianças. Piaget e Inhelder citam⁷⁴ que, uma vez ultrapassado o nível da simples garatuja, há três grandes estágios de desenvolvimento do desenho infantil, nomeados como estágios da “incapacidade sintética”, do “realismo intelectual” e do “realismo visual”. O primeiro só é observado nas crianças muito jovens; para a interpretação dos desenhos das professoras interessa-nos especialmente a caracterização dos dois últimos:

Segundo Luquet, citado por Piaget e Inhelder⁷⁵, no estágio do realismo intelectual o sujeito desenha não o que vê do objeto, mas sim “tudo o que ‘está ali’ [no objeto]”.

Na interpretação de Piaget e Inhelder isto ocorre porque, neste nível, o espaço gráfico é organizado obedecendo a relações espaciais mais elementares, que, segundo revelam seus estudos⁷⁶, precedem, geneticamente, as relações geométricas euclidianas e projetivas. Estas relações mais elementares, como já discutimos anteriormente, seriam de natureza topológica, ou seja, relações de vizinhança, separação, ordem, envolvimento e continuidade. Neste estágio, as relações euclidianas e projetivas estariam apenas começando a ser construídas e aplicadas, sendo, em caso de conflito, submetidas às topológicas, fazendo com que ainda não haja uma coordenação de perspectivas:

“... o ‘realismo intelectual’ constitui um modo de representação espacial no qual as relações euclidianas e projetivas apenas começam e de uma forma ainda incoerente em suas conexões, ao passo que as relações topológicas esboçadas no estágio precedente [da ‘incapacidade sintética’] encontram sua aplicação geral em todas as figuras e triunfam, em caso de conflito, sobre as novas relações.

...

Quanto às relações projetivas e euclidianas, se elas começam a ser construídas durante esse estágio [do realismo intelectual], seu caráter incoerente no seio do ‘realismo intelectual’ vai precisamente de par com um espaço representativo não estruturado em relação às perspectivas ou às distâncias, isto é, sem coordenação dos pontos de vista nem coordenadas gerais; ele exprime, por

⁷⁴ Em “A Representação do Espaço na Criança” (PIAGET e INHELDER, 1993, p.62).

⁷⁵ op. cit., p.66.

⁷⁶ op. cit.

isso, novamente a presença de uma representação essencialmente topológica, que admite o caráter elástico e deformável dos objetos, sob condições de as relações precedentes [topológicas] serem respeitadas. É assim que **um mesmo desenho testemunha uma mistura de pontos de vista inconciliáveis**⁷⁷: numa das figuras reproduzidas por Luquet vê-se simultaneamente um cavalo de perfil, um automóvel visto de frente, mas deitado num plano horizontal e suas rodas achatadas nos lados; além do mais, as diversas faces do conjunto são simplesmente alongadas para serem vistas ao mesmo tempo.”⁷⁸

Só no estágio posterior, do “realismo visual”, as relações euclidianas e projetivas (de perspectiva) passam a ser dominantes com relação às topológicas, passando a estruturar o espaço gráfico. Aparece então *“uma forma de desenho preocupado simultaneamente com perspectivas, proporções e medidas ou distâncias”*⁷⁹, na qual o objeto é representado como ele é visto. Essas novas relações dominantes caracterizam-se por serem relações de conjunto, em oposição às relações topológicas, que permanecem ligadas ao objeto, considerado como um todo, sem relação com os demais.

Vemos assim que um desenho onde aparecem, por exemplo, perspectivas diversas misturadas pode ser ter sido feito desta maneira não por uma questão de inabilidade técnica ou falta de atenção, mas sim por fazer parte de um esquema representativo, *“em parte intencional e seguramente sistemático e durável”*⁸⁰, associado ao estágio do “realismo intelectual”.

Parece-nos ser este o caso de várias professoras de nossa amostra. Sobretudo quando consideramos o conjunto das respostas dadas por elas às questões propostas durante o curso, onde, como já citamos, em vários momentos nota-se a falta de uso de noções geométricas, de respeito a distâncias e proporções, uma dificuldade de coordenação de pontos de vista, a ausência de uma visão de conjunto etc.

Segundo os resultados obtidos por Piaget e Inhelder, a passagem do “realismo intelectual” ao “realismo visual” ocorreria, em média, por volta dos 8-9

⁷⁷ Grifo meu.

⁷⁸ Op. cit., p.66-67.

⁷⁹ Op. cit., p.68.

⁸⁰ Op. cit., p.66.

anos⁸¹, porém os autores não deixam de referir-se à “*duração às vezes surpreendente do realismo intelectual*”⁸², que, como nossos dados indicam, pode prolongar-se até a idade adulta.

Um ponto importantíssimo cuja compreensão fica mais nítida a partir dessa discussão, que nos leva a concluir que o espaço gráfico concebido pelas professoras ainda é marcado pelo realismo intelectual, pela dominância das relações topológicas sobre as geométricas, é a questão da falta de profundidade, por nós observada, em seus desenhos relativos à órbita da Terra. Ela também pode ser interpretada como resultante do trabalho num espaço gráfico onde a visão em perspectiva e de conjunto ainda desempenham um papel secundário, sendo os objetos, como a órbita ou o eixo terrestre (ou o navio e as casas, na fig. 44), desenhados na perspectiva (“de cima”, “de frente” ou “de perfil”) que pareça ser a mais fácil e simples de representá-los, fazendo-se isso de maneira fragmentada, independente dos demais objetos, sem uma coordenação de conjunto.

É interessante notar que, de fato, a representação em perspectiva não é algo trivial. Em seu livro sobre o espaço e o tempo, Szamosi (1988) observa que a pintura realista, em perspectiva foi um evento cultural que desenvolveu-se unicamente na civilização ocidental⁸³, os primeiros exemplos tendo surgido na antiguidade, na época helenística romana, tendo depois desaparecido completamente no período medieval e ressurgido apenas nos primórdios do renascimento, no século XIV, entre pintores italianos e flamengos, desenvolvendo-se plenamente, a partir daí, na arte renascentista⁸⁴. O mesmo autor também comenta que há “*observações que parecem mostrar que as pessoas não familiarizadas com a pintura e a fotografia ocidentais não podem compreender a informação perspectiva*”⁸⁵. Vemos assim a forte marca cultural da representação

⁸¹ Op. cit., p.68.

⁸² Op. cit., p.68.

⁸³ Mesmo nas civilizações orientais mais desenvolvidas, esse tipo de representação jamais apareceu.

⁸⁴ SZAMOSI, 1988, p.117-118. O autor também faz a interessante observação, neste mesmo capítulo, que a pintura em perspectiva, inevitavelmente acompanhada de uma geometrização do espaço simbólico gráfico, nas artes, precedeu e pavimentou desenvolvimentos semelhantes na ciência, como o surgimento da geometria projetiva, que ocorreu apenas no século XVII (SZAMOSI, 1988, 128).

⁸⁵ SZAMOSI, 1988, p.125.

em perspectiva e do realismo visual. O resultado obtido por Piaget e Inhelder, anteriormente citado, da passagem de um realismo intelectual para um realismo visual, com a concomitante geometrização do espaço representativo gráfico, evidentemente só é válido no contexto da cultura ocidental contemporânea. Em outras culturas o realismo visual sequer existe nas representações gráficas e pictóricas. Essa consideração põe em evidência o fato de que a construção de um espaço representativo geométrico, por parte dos estudantes e professores, é essencialmente uma questão cultural e educacional, que, no caso das professoras de nossa amostra, parece não ter sido bem encaminhada, elas ainda precisam aprender a ver o espaço gráfico de uma maneira geométrica.

Por fim, é importante ressaltar que a falta de uma interpretação em termos de perspectiva dos esquemas gráficos que aparecem nos livros didáticos, relativos à órbita da Terra, às estações do ano e outros, torna completamente inviável a compreensão dos mesmos; conduzindo a uma interpretação completamente equivocada, como a de que a órbita terrestre é uma elipse com um “achatamento” bem visível, pois não se percebe que o que está (ou devia estar) representado é uma circunferência, que, numa projeção oblíqua, parece uma elipse.

II.5. A NATUREZA DO CONHECIMENTO ASTRONÔMICO DOS PROFESSORES

Os resultados e discussões apresentados nas seções anteriores indicam que o conhecimento inicial das professoras parece profundamente marcado pela assimilação e uso de enunciados e imagens padronizados, a que denominamos “chavões”, cuja principal característica é a de virem desacompanhados de uma indicação da rede de relações lógicas em cujo contexto adquirem sentido. Esse conhecimento consiste assim numa espécie de “racionalismo reduzido”, posto que, embora derivados de um contexto racionalista, científico, têm suprimidas as relações racionais que os sustentam.

Na falta da explicitação da relações originais, os chavões são reinterpretados pelas professoras com base em seu senso comum e, algumas vezes, esses chavões reinterpretados, especialmente os chavões gráficos, são usados como base para algumas inferências ou mesmo a elaboração de modelos explicativos.

De fato, pudemos verificar, em nosso estudo, que as professoras buscam dar sentido à informação fragmentada que receberam. Busca que, nalguns casos, se expressa na forma de uma desconfiança em relação aos enunciados, por conflitarem com seu senso comum, conforme relatamos à seção II.3; mas que, em outros, significa o estabelecimento de alguma relação com outros conhecimentos que elas possuam, a extração de algumas conclusões, ou mesmo a elaboração de modelos baseados nesses chavões reinterpretados⁸⁶. Obviamente, ao fazer isso, em geral o resultado é uma conclusão, ou modelo, equivocado, uma vez que a interpretação do chavão feita pelas professoras, com base sem seu senso comum, geralmente utiliza alguns pressupostos incorretos⁸⁷. Contudo, essa atitude de esforço no sentido de extrair e dar sentido aos chavões, deve ser levada em grande consideração, esta busca ativa de estabelecimento de relação e extração de significado é condição necessária e imprescindível para uma legítima construção de conhecimento.

⁸⁶ Veja, por exemplo, os modelos imaginados por Cin e The para a explicação das estações do ano.

⁸⁷ Exemplo típico: a interpretação da imagem padrão da órbita da Terra como sendo sem profundidade.

Além dos chavões foi possível perceber também a presença de algumas crenças, ou pressuposições, de origem realista ingênua, isto é, baseadas na percepção imediata que a própria pessoa tem da aparência e comportamento dos objetos a sua volta, embora sua influência na elaboração das concepções das professoras não pareça ser tão grande e generalizada quanto a dos chavões.

No quadro que apresentamos no item “Síntese das concepções acerca da Terra”, pudemos observar alguns exemplos do uso de chavões e/ou crenças realistas ingênuas na articulação de algumas concepções a respeito da Terra e de algumas de suas características, que ilustram bem o que dissemos acima, acerca do seu uso como fundamento para algumas inferências ou modelagem.

Por fim, outro fator determinante da forma que assume o conhecimento astronômico das professoras, que ficou bem patente em nosso levantamento, é a sua representação do espaço. Vimos que ela parece ser, em grande parte, estruturada por relações topológicas e não geométricas, o que implica na rara utilização de medidas, proporções e coordenadas, em desenhos com misturas de perspectivas e na ênfase em relações espaciais, de um tipo mais qualitativo, como as relações de vizinhança, envolvimento e ordem. Assim os modelos imaginados pelas professoras, por exemplo, para o sistema Terra-Sol-Lua, parecem enfatizar a proximidade e vizinhança dos astros, o envolvimento representado pelo movimento de “girar em torno”, e esses modelos são utilizados, como vimos, nas suas inferências acerca das estações do ano e das fases da Lua.

Em resumo, o conhecimento das professoras pode ser caracterizado como sendo:

- baseado em chavões que são reinterpretados de acordo com o senso comum dos professores;
- apresentar alguns traços de um realismo ingênuo, em que se acredita que a aparência sensorial dos objetos é real;
- marcado por uma representação topológica do espaço em detrimento de uma representação geométrica.

CAPÍTULO III

O UNIVERSO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Neste capítulo, buscaremos compor os resultados que obtivemos nos dois primeiros, visando delinear o cenário cognitivo em que se desenrola o ensino de temas de Astronomia no ensino fundamental. A partir dele, procuraremos extrair algumas indicações acerca de possíveis caminhos a serem seguidos para a melhoria deste ensino.

Na primeira seção, realizamos uma comparação e levantamento de contrastes e convergências entre os resultados apresentados nos dois primeiros capítulos, no decorrer dos quais buscaremos destacar o que nos pareceu ser as grandes questões de fundo, acerca da natureza e conteúdo do conhecimento, que permeiam os dois universos, o das crianças e o dos professores. Desse modo intentaremos indicar, na medida do possível, com os resultados que obtivemos, como eles se complementam e contribuem para conformar o quadro conceitual no qual se desenvolve o ensino de Astronomia no ensino fundamental.

Na segunda seção, com base nas conclusões apresentadas na primeira, no que o quadro nela esboçado nos permitiu entrever, e em alguns pressupostos pedagógicos que explicitaremos, buscaremos fazer algumas indicações gerais acerca dos rumos que imaginamos devam ser seguidos para que o ensino da Astronomia no ensino fundamental possa ser aperfeiçoado. Ao longo dessa exposição, basearemos nossa argumentação também na avaliação de alguns resultados que obtivemos com o curso “Astronomia no 1º Grau”.

III. 1. OS UNIVERSOS DAS CRIANÇAS E DOS PROFESSORES: CONTRASTES E CONVERGÊNCIAS.

O fio condutor desta seção é uma comparação entre os resultados que obtivemos acerca das concepções das crianças e as dos professores relativas a alguns dos principais “objetos” astronômicos cujas representações foram investigadas neste nosso estudo: a Terra, a Lua, o Sol, as estrelas, os planetas, o céu e o universo. Ao longo dessa comparação, iremos indicando os aspectos gerais relativos à natureza dessas concepções, que nos parecem caracterizar os respectivos universos.

Com relação à Terra, as características que enfocamos na investigação das concepções das crianças foram, essencialmente, a sua forma, a questão da posição em que as pessoas se encontram e a direção da gravidade em sua superfície. Já no caso das professoras, como a tomada de dados foi feita a partir de um curso onde diversos outros aspectos relativos à Terra também foram abordados, como o uso de referências e localização em sua superfície, seus movimentos e ciclos diurno e sazonal, o conjunto de concepções levantadas também foi mais amplo.

Nos pontos em comum, relativos à forma, gravidade e posição das pessoas pudemos constatar o seguinte: dos cinco modelos de Terra concebidos pelas crianças – Terra plana, dupla, oca, esfera achatada e esférica –, as professoras parecem trabalhar apenas com os dois últimos: os modelos da esfera achatada e o da Terra esférica.

Nossa interpretação dos modelos infantis foi baseada essencialmente na polarização e tensão existentes entre as concepções realistas ingênuas, fundadas na crença de que os sentidos nos revelam a realidade tal como ela é, absolutamente, e as concepções conceituais/racionais veiculadas pela cultura. No caso dos cinco modelos de Terra, vimos que os primeiros achavam-se mais próximos do pólo do realismo ingênuo enquanto os últimos eram mais conceituais. Concluímos assim que o conhecimento das professoras, que só aparentam adotar os dois últimos modelos, encontra-se, neste caso, decididamente próximo do pólo

conceitual, embora o uso do modelo da Terra esférica achatada ainda indique alguma influência da noção realista ingênua de que a superfície terrestre é plana.

Outra crença, com raízes no realismo ingênuo, cuja presença ainda é muito marcante, mesmo entre as professoras, mesmo entre as que adotam o modelo da Terra esférica, é a de que a direção vertical é absoluta: vimos que cerca de metade das professoras de nosso grupo apresentava este tipo de concepção, também muito presente entre as crianças, sobretudo as mais jovens.

Em nossa análise do universo das professoras também vimos que uma articulação desta concepção realista ingênua, de que a direção vertical é única, com a padronização com que a representação gráfica da Terra é veiculada nos livros didáticos e na mídia em geral, parece conduzir à concepção de que a vertical é não apenas única, absoluta, como encontra-se orientada numa direção bem determinada com relação ao planeta Terra: sempre paralela ao eixo que passa pelos pólos, num sentido em que o norte está sempre em cima e, o sul, embaixo.

Neste ponto vale a pena tentarmos caracterizar melhor como é o pólo conceitual do qual, como dissemos anteriormente, as professoras acham-se próximas. Nossa investigação forneceu vários indícios a este respeito. O levantamento que fizemos permitiu perceber, especialmente no caso das concepções relativas à Terra, que, de fato, o conhecimento das professoras parece ser em grande parte marcado por diversas noções de origem conceitual, extraídas da ciência, só que, em geral, elas parecem ser veiculadas e assimiladas de maneira descontextualizada, isto é, as noções vêm expressas através de chavões verbais e gráficos que não são acompanhados da explicitação, mesmo sumária, da rede de relações lógicas que lhes conferiam sentido no contexto científico. Na falta desta explicitação, as professoras assimilam este conhecimento a sua maneira, com base em seu senso comum, em parte constituído por outros chavões, que também foram assimilados de maneira descontextualizada, em parte ainda enraizado no realismo ingênuo.

Assim as professoras imaginam as estações do ano como sendo provocadas pela maior ou menor aproximação de certas regiões da Terra ao Sol, pois interpretam os desenhos de sua órbita como indicando que ela de fato passa por pontos bem mais próximos e outros bem mais afastados do Sol e sabem, por

experiência própria, que o aquecimento produzido por uma fonte de luz e calor depende da distância. Concebem a vertical como orientada absolutamente na direção do eixo que passa pelo centro dos pólos porque interpretam o chavão gráfico da Terra “em pé”, com o pólo norte em cima, o sul embaixo, como sendo a posição real da Terra e porque sabem, pela sua vivência cotidiana, que a direção vertical, o “para cima” e o “para baixo”, são únicos e muito bem definidos. Pensam que o eixo de rotação da Terra é inclinado em relação ao eixo que passa pelos pólos porque conhecem o enunciado que diz que “o eixo da Terra é inclinado” e “sabem” que os pólos acham-se alinhados na vertical, portanto nada mais lógico concluir que o eixo da Terra acha-se inclinado em relação à vertical que passa pelos pólos. Imaginam os pólos da Terra como exageradamente achatados, aplainados, pois sabem que “a Terra é achatada nos pólos” e vêem o chavão gráfico dos planisférios em que a Terra aparece com os pólos sendo representados por segmentos de reta. E assim por diante...

Trata-se assim de um pólo conceitual diferente do da cultura erudita, científica, um pólo que acha-se ligado a uma cultura escolar, que reinterpreta os enunciados e representações gráficas extraídas da ciência a sua maneira, com base em seu senso comum¹ – esse é o universo das professoras!

Outro aspecto muito importante desse universo, revelado pelo nosso estudo, decisivo na construção do conhecimento astronômico das professoras (e estudantes) refere-se à representação do espaço. Vimos, de maneira bem mais extensa no caso das professoras, mas também no das crianças, que a representação dominante é a de um espaço muito mais qualitativo que quantitativo, mais topológico que geométrico, onde tamanhos, distâncias e proporções não são tão relevantes, onde a ênfase parece recair em relações de vizinhança, separação, ordem e envolvimento; onde os astros mais notáveis, o Sol e a Lua, são pensados como vizinhos bastante próximos, a Lua ficando “em torno” da Terra e esta “em torno” do Sol. Essas noções são determinantes na elaboração de modelos alternativos como os apresentados pelas professoras no caso das estações do ano, provocadas pela maior ou menor aproximação do Sol, e da

¹ É interessante observarmos que, embora bem distintos, há uma continuidade entre o pensamento de senso comum e o científico, que o último radica-se no primeiro, como é apontado por ALVES (1995); ambos respondem ao mesmo impulso humano de uma busca de ordem e explicação do mundo.

explicação das fases da Lua, pela projeção da sombra da Terra sobre ela. Outro exemplo notável desta concepção acerca da proximidade do Sol e da Lua e também da falta de distanciamento com relação ao próprio ponto de vista, de sua articulação com um ponto de vista do espaço, foi a observação feita por Yol, citada mais de uma vez ao longo do capítulo anterior, dizendo que não acredita que a Lua é iluminada pelo Sol, pois quando ela aparece brilhando no céu, a noite, o Sol já se pôs.

Com efeito, a representação do espaço é um ponto no qual observamos um grande convergência entre os universos das professoras e das crianças. Também neste último, o universo das crianças, foi possível notar essa representação muito mais qualitativa de espaço, a pouca importância dada a tamanhos, proporções e distâncias na montagem dos modelos tridimensionais de universo, o cuidado com a ordem dos astros, o caso da forma do Sol em que a coroa de raios, que o envolve, era considerada muito mais importante que o fato de sua forma ser plana, como um disco, ou esférica.

No caso da Lua, pudemos verificar que, tanto entre as crianças como entre as professoras, ela é um astro que se destaca, que é muito lembrado: entre as crianças ela foi o destino preferido da “viagem”, entre as professoras ela foi o astro mais representado, juntamente com as estrelas, nos desenhos e descrições do céu. Outro ponto comum observado foi a crença de que a Lua só é visível a noite. Com efeito, quase todas as crianças a que perguntamos se era possível ver a Lua de dia responderam que não; por sua vez, várias professoras se mostraram espantadas quando pedimos a elas que observassem a posição da Lua durante o dia, parecendo desconhecer que isso era possível. Em nossa interpretação, esse fato evidencia duas coisas: por um lado que tanto crianças como professoras não estão acostumadas a observar atentamente o céu, por outro, que é realmente muito forte a associação entre a Lua e a noite, que ela é sempre pensada como oposta ao Sol. Talvez o último fator seja, de fato, o determinante para a crença anteriormente citada, já que é difícil acreditar que, mesmo sem querer, as pessoas nunca tenham visto a Lua durante o dia, contudo não tomam consciência disto, a imagem que realmente guardam em si, que fica gravada em sua memória, é a de uma bela Lua brilhando a noite...

Em outros pontos percebemos um nítido contraste entre as representações das crianças e das professoras relativas à Lua: para as professoras a forma da Lua é sempre “*redonda*” e ela só aparece falcada pelo fato de uma parte sua ficar na sombra (da Terra); já as crianças, sobretudo as menores, acreditam na existência de mais de uma Lua, que a Lua falciforme é uma Lua distinta da Lua cheia, que aparece redonda.

Percebemos assim, neste caso, o quanto as crianças acham-se muito mais apegadas a uma visão realista ingênua, que crê que a aparência da Lua indicada pela sua visão é real, que existe uma Lua falcada.

Além de sempre conceberem a sua forma como “*redonda*”, vimos também que as professoras possuem um conhecimento conceitual a seu respeito, feito de alguns chavões verbais, e elaboram modelos explicativos para as fases e os eclipses com base nos movimentos e posições dos astros (Terra, Lua e Sol), supondo-os, contudo, como ficando bastante próximos, vizinhos, como parece ser típico de sua maneira topológica de representar a disposição espacial destes objetos.

A representação do Sol, por sua vez, tanto nas crianças como nas professoras parece possuir raízes sensoriais bastante profundas: seu calor, sua luz, seus raios, são constantemente referidos e representados. Para algumas crianças, como vimos, os seus raios eram uma característica tão fundamental, tão real que deveria estar presente nos modelos tridimensionais. Nas professoras este realismo já é mitigado, os raios não são mais considerados tão essenciais, embora sempre sejam representados nos desenhos, para indicar a luminosidade solar. A forma do Sol era concebida como sendo a de um disco por algumas crianças e pelo menos uma das professoras de nosso grupo também se referiu a ele como tendo essa forma.

A essa concepção realista, sensorial, vimos que as professoras costumam acrescentar a noção conceitual de que “*o Sol é uma estrela*”. Esse mesmo enunciado foi ouvido de pelo menos uma criança (Fer, 9 anos), que o mencionou de maneira espontânea ao falar sobre como é uma estrela, que, segundo ele, “*tem luz própria*”. Percebemos assim, nesta criança, o mesmo tipo de conhecimento por chavões apresentado pelas professoras, ou seja, como era de se esperar, as crianças parecem ser introduzidas ao mesmo universo conceitual das professoras.

No caso da concepção de Sol, percebemos, portanto, uma aproximação dos dois universos – o das crianças e o das professoras –, nos dois sentidos: tanto as professoras parecem guardar noções fortemente fundadas nos aspectos sensoriais, como as crianças começam a apresentar um conhecimento conceitual do mesmo tipo que as professoras.

É importante mencionar que essa aproximação das crianças do universo conceitual das professoras, feito de chavões reinterpretados de acordo com seu senso comum, foi também observada em outras ocasiões ao longo de suas entrevistas, nas quais as crianças espontaneamente emitiram opiniões onde percebia-se a influência de chavões bem conhecidos, como no caso de Gab que disse que *“a Terra fica girando”* (isto é, possui movimento de rotação), mas não usou isso para explicar para onde vão o Sol e a Lua quando não aparecem no céu, ou de Fer que cita que o planeta Terra *“tem mais água do que terra”* (isto é, $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra são cobertos de água e $\frac{1}{4}$ de terra), ou ainda no caso de Thi, que disse que a Terra *“parece uma abóbora”*, lembrando do chavão gráfico da Terra achatada nos pólos, como aparece nos planisférios, como o seu desenho da Terra parece indicar².

No caso das estrelas a convergência dos universos é ainda maior, ambos se encontram no contexto do realismo ingênuo: como vimos nos capítulos anteriores, tanto as crianças como as professoras concebem as estrelas como pequenas, próximas, luminosas, fazendo parte do sistema solar, no caso das professoras, ou próximas dele, formando uma camada por sobre a Terra ou os planetas, no caso das crianças. Vimos inclusive que as professoras interpretam com reservas o chavão que diz que “o Sol é uma estrela” e, no fundo, parecem considerá-las bem diferentes do Sol, confiando muito mais nas suas aparências sensoriais, bem distintas.

Com os planetas acontece algo semelhante, mas da maneira inversa: aqui ambos os universos novamente se encontram, mas no contexto conceitual. Vimos que, com as crianças, ocorria uma interessante estratificação etária: todas as crianças de nossa amostra com menos de 8 anos não se referiram a planetas ao montar o seu modelo de universo, enquanto que todas as que tinham mais de 8

² Veja fig. 2.

anos o fizeram, escolhendo planetas como destino de sua viagem. Argumentamos então que isso ocorria justamente pelo fato de a concepção de planeta não possuir uma contrapartida realista ingênua, sendo, de saída, conceitual, não fazendo parte do senso comum das pessoas que os planetas sejam visíveis a olho nu. Desse modo, a concepção de planeta, só surge nas crianças a partir dos 8-9 anos, muito provavelmente pela intervenção da escola, ao ser abordado o tema “sistema solar”, ou seja, a partir do momento em que as crianças travam contato com o universo escolar, como o universo das professoras e dos livros didáticos.

Com as professoras, de maneira semelhante, também percebemos o mesmo desconhecimento em relação à visibilidade dos planetas, sendo a sua localização e observação o olho nu, nas primeiras aulas “de campo” do curso cercadas de espanto e admiração. Entre as professoras pudemos verificar que a concepção de planeta encontra-se associada aos conceitos de sistema solar e universo, apresentando assim um caráter puramente conceitual, livresco.

Na concepção de céu, por sua vez, o realismo ingênuo mais uma vez predomina, tanto entre as crianças como entre as professoras:

- No caso das crianças, graças ao trabalho com modelos tridimensionais, pudemos inferir cinco modelos diferentes relativos à disposição espacial do céu, onde apenas o último, o do “céu-espaço” corresponde à uma noção predominantemente conceitual, enquanto os outros quatro, sobretudo os três primeiros, os modelos do céu plano, “semi-espaço” e calota, são marcadamente realistas ingênuos.

- No caso das professoras, cuja concepção de céu foi inferida basicamente a partir de desenhos, pudemos discernir duas categorias: a primeira, hegemônica, corresponde a uma noção de céu como sendo um espaço que fica sobre nossas cabeças, onde aparecem a Lua, as estrelas, as nuvens, o Sol e outros objetos “terrestres”, como pássaros e aviões, mas não os planetas, e que é uma noção fundada no que nos revelam os sentidos, ligada a um ponto de vista da superfície da Terra, onde nos encontramos, coerente com os quatro primeiros modelos apresentados pelas crianças. A segunda categoria, menos freqüente, corresponde à noção conceitual de um “céu-universo” que coincide exatamente com a do “céu-espaço” das crianças, onde o céu é pensado como sendo o meio onde se encontram e se movem todos os astros, dentre os quais os planetas, incluindo a

Terra; noção que está associada a um ponto de vista “do espaço”, de fora da Terra, de onde ela própria pode ser vista como um planeta entre outros.

Percebemos aqui, novamente, uma grande proximidade entre as concepções das crianças e professoras.

Quanto à concepção geral de universo, nossa investigação com as crianças, envolvendo a construção de um modelo tridimensional, foi extremamente reveladora com relação ao processo de composição de noções de diferentes naturezas – realista ingênua e conceitual – realizado pelas crianças na conformação de sua representação espacial do universo. Pudemos discernir três principais modelos: o da “Terra embaixo, céu em cima”, do “universo em camadas” e do “universo plano”. Notamos como a dispersão das concepções neste espectro de modelos parecia ser determinada pela polarização entre visão realista ingênua e conceitual relativas aos diferentes astros: aqueles que possuíam uma representação realista ingênua tendiam a ser colocados “*no alto*”, como os vemos aqui da superfície da Terra, enquanto que os astros que possuíam uma representação conceitual tendiam a ser dispostos numa camada na altura do rosto da criança. Os modelos iam assim de um extremo realista ingênuo, em que apenas a Terra ficava embaixo e todos os demais astros em cima (modelo da “Terra embaixo, céu em cima”), até uma representação mais conceitual, em que todos os astros dispunham-se, aproximadamente, num mesmo plano, na altura do rosto da criança (modelo do “universo plano”), passando por um tipo híbrido, o “universo em camadas”. Foi possível perceber uma tendência de evolução com a idade no sentido do pólo conceitual.

Além dessa estruturação espacial de acordo com a natureza da representação dos astros, pudemos também perceber, na construção dos modelos das crianças, nalguns casos, um cuidado com a ordem dos planetas em relação ao Sol (o mais próximo, o mais distante) e a atribuição de uma posição destacada para o Sol, enquanto que as estrelas eram invariavelmente colocadas próximas, ou até misturadas, entre os planetas, evidenciando assim uma concepção de um universo heliocêntrico.

Com as professoras não obtivemos informações sobre sua concepção da estrutura espacial, tridimensional, dos astros no universo, pois, com elas, não

trabalhamos com a montagem de modelos tridimensionais deste tipo, mas apenas com desenhos e com uma questão verbal que perguntava como era o universo.

As respostas dadas à questão verbal indicam que muitas concebem o universo como sendo o conjunto de tudo que existe e/ou o espaço imenso em que esse conjunto acha-se inserido, o que parece ser indício de uma noção conceitual, principalmente a idéia de um espaço imenso (até infinito) onde situam-se todos os astros. Por sua vez, seus desenhos, revelaram três maneiras distintas de conceber a estrutura deste universo: algumas distribuem os astros de maneira aparentemente aleatória, parecendo não conceber qualquer estrutura; outras, a semelhança de algumas crianças, imaginam o Sol como sendo o astro dominante, ou seja, parecem conceber um universo do tipo heliocêntrico; um terceiro grupo, minoritário, imagina o universo composto por galáxias. Os dois últimos modelos, sem dúvida, implicam numa elaboração conceitual.

Concluimos assim que os modelos tridimensionais de universo construídos pelas crianças parecem ser um reflexo e uma síntese da natureza de suas concepções acerca dos diferentes tipos de objetos astronômicos, natureza que, como vimos mostrando, acha-se entretecida pela dualidade realismo ingênuo versus “conceitualização”. Algumas professoras, por seu turno, aparentam possuir uma noção geral de universo com aspectos conceituais bem evidentes.

A comparação que fizemos entre os universos das crianças e o das professoras mostrou muito mais convergências do que contrastes. Ambos sendo marcados por uma composição e entrelaçamento de conhecimentos de natureza diversa, realista ingênua ou conceitual, sendo perceptível, contudo uma tendência geral de maior aproximação do universo das professoras com relação ao pólo conceitual e, das crianças, com relação ao realista ingênuo. Pudemos perceber também que esta oscilação entre os dois pólos, tanto por parte das professoras como das crianças, é dependente do objeto: as estrelas e o céu são tipicamente realistas; os planetas tipicamente conceituais³; já as noções de Terra, Sol, Lua e do próprio universo parecem que tendem a envolver uma mescla maior das distintas naturezas de conhecimento.

³ Entre as crianças, pudemos verificar que a noção de “espaço” (cósmico) também é tipicamente conceitual (veja item “O céu e o espaço” no capítulo I, p.54-62).

Nossa investigação permitiu também uma caracterização mais precisa do pólo conceitual a que tendem as professoras, que, como vimos, é composto por chavões que são reinterpretados com base em seu senso comum, o qual, por sua vez, foi construído a partir de crenças realistas ingênuas e outros chavões também reinterpretados. Percebemos também que as crianças, como seria de se esperar, são expostas e introduzidas a esse mesmo universo conceitual, também passam a incorporar chavões reinterpretados ao seu conhecimento.

Em suma, concluímos que os traços mais marcantes da natureza do conhecimento acerca do universo apresentado tanto pelas professoras como pelas crianças, traços que parecem balizar a tessitura deste conhecimento, seriam: o realismo ingênuo, isto é, a crença de que a aparência com que os objetos se apresentam aos nossos sentidos é real, e uma visão conceitual que é construída a partir de chavões extraídos do conhecimento científico, mas reinterpretados pelo senso comum das professoras e crianças. A estas duas características deve-se ainda somar uma terceira, que também desempenha um papel determinante: a representação do espaço, que, como vimos, é de uma natureza mais qualitativa/topológica que quantitativa/geométrica.

III. 2. INDICAÇÕES PARA A MELHORIA DO ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Nesta seção, retomamos o tema que deu origem a este trabalho, que será examinado à luz dos resultados nele obtidos. Como indicamos na introdução, este estudo foi inteiramente motivado por uma prática de vários anos em projetos de extensão executados na Universidade Federal do Espírito Santo, cujo objetivo era a divulgação e o ensino de Astronomia para a comunidade em geral, especialmente estudantes e professores de 1º e 2º graus. Prática que estava a exigir, como contrapartida, um aprofundamento teórico com relação aos seus objetivos, seu alcance, ao conhecimento do contexto em que se desenvolvia.

O presente trabalho, dentro de um recorte a que inevitavelmente teria que se ater, e que escolhemos como sendo apenas relativo ao ensino fundamental, à natureza e conteúdo do conhecimento de professores e estudantes deste nível de ensino, forneceu diversas indicações acerca do contexto cognitivo em que se desenrola o ensino de Astronomia no ensino fundamental. Em especial revelou o que nos pareceu ser os traços mais marcantes da natureza deste conhecimento. A partir desses resultados é possível perceber algumas pistas interessantes com relação a possíveis caminhos a serem seguidos em futuras intervenções. Antes de iniciarmos essa discussão, porém, julgamos importante explicitar alguns pressupostos pedagógicos básicos que assumimos e que, inevitavelmente, estarão envolvidos, implícita ou explicitamente, ao longo da mesma.

Como questão de princípio, adotamos uma concepção geral de educação inspirada em Paulo Freire, segundo a qual a educação deve ser um processo que promova a inserção do homem no seu tempo e espaço, que promova a emergência de uma consciência da circunstância em que vive, acompanhada de uma ação transformadora sobre esta mesma circunstância⁴.

Obviamente nossa temática não é a mesma temática central freiriana: a da opressão, da dominação versus libertação. O conteúdo do ensino de que nos ocupamos refere-se à Astronomia, mas, ao estilo freiriano, também desejamos nos referir fundamentalmente ao homem, à sua situação existencial: nossa temática é

⁴ FREIRE, 1980a, 1980b.

a da inserção do homem no cosmos, da sua tomada de consciência de sua posição no universo, da sua ação investigadora e de afrontamento dos desafios e do desconhecido nele presentes, da aventura de sua exploração, e também, porque não, da simples fruição estética de sua beleza.

Assumiremos também, como princípio, dois pressupostos baseados em idéias de Georges Snyders⁵: primeiro a de que a educação pode ser pensada como um processo que deve promover o acesso das pessoas à cultura elaborada, um processo de transcendência da cultura primeira, do senso comum, de modo a atingir um estágio de compreensão ampliada do mundo em que vivem e de si mesmos; segundo, a de que o ensino deve ser um processo prazeroso, que dê alegria aos estudantes e professores, um prazer pela maior compreensão da realidade fornecida pela cultura elaborada, que, ao mesmo tempo, represente uma continuidade das alegrias da cultura primeira, mas também uma ruptura com o seu horizonte estreito e imediato .

A preocupação de Snyders, como a de Freire, também é essencialmente existencial, e suas idéias nos parecem extremamente pertinentes no caso do ensino de Astronomia: como vimos, boa parte do conhecimento das crianças e professores é ingênuo, baseado no senso comum, cabendo, sem dúvida à escola o papel de promover uma superação, uma transcendência do mesmo, o acesso à cultura elaborada, à visão do universo e de nossa posição dentro dele descortinada pela ciência. A meta de um ensino prazeroso também é extremamente factível no caso da Astronomia, cujo objeto de estudo, o céu, notoriamente, desperta interesse e fascínio na maioria das pessoas.

Assumimos assim que o objetivo principal do ensino de Astronomia no ensino fundamental não deva ser simplesmente a tradicional aprendizagem dos conceitos científicos, embora, evidentemente, isto faça parte, mas antes fazer com que os estudantes percebam (tomem consciência de) como a natureza é bela, interessante e desconhecida; e, em decorrência, que vale a pena engajar-se na aventura de seu conhecimento, de acesso à compreensão científica, que isso traz alegria e proporciona uma visão ampliada, um desvelamento de nossa posição no

⁵ SNYDERS, 1988.

universo, de nosso planeta, do tempo e do espaço em grande escala em que vivemos, ou seja, da moldura cósmica onde se desenrola o drama humano.

Passemos agora a examinar, em detalhe, algumas das pistas levantadas pelo presente estudo com relação a pontos que devem ser atacados para que se concretize um ensino de Astronomia coerente como os pressupostos anteriormente apontados.

Podemos tomar como ponto de partida os resultados que obtivemos com relação à natureza do conhecimento dos professores e estudantes, levantadas em nosso trabalho. Vimos que ela possui três traços fundamentais:

- apresenta diversas noções baseadas na interpretação ingênua de que a aparência com que os objetos se apresentam aos nossos sentidos corresponde exatamente ao que eles são (realismo ingênuo);

- inclui muitas noções que vêm expressas na forma de chavões verbais ou gráficos, os quais são veiculados fora do contexto científico em que foram criados, ou seja, vêm desacompanhados da indicação das relações lógicas que lhes conferiam sentido naquele contexto, sendo assim reinterpretados pelas professoras e estudantes de acordo com seu senso comum;

- a representação do espaço é mais qualitativa/topológica do que quantitativa/geométrica, o que significa que relações de separação, vizinhança, ordem, envolvimento e continuidade são mais enfatizadas na estruturação do espaço do que as distâncias, proporções, coordenadas e a coerência de conjunto de projeções e perspectivas.

É fácil perceber que se temos como meta pedagógica promover uma transcendência da cultura primeira, uma compreensão ampliada, um acesso à cultura científica elaborada, uma consciência do entorno cósmico e de nossa posição dentro dele, qualquer uma das três características apontadas representa sério entrave, ou seja, será necessário trabalhar a superação de todos estes três traços, será necessário atacar em três frentes. As estratégias que passaremos a sugerir para isso, como veremos, não são excludentes, ou seja, uma mesma “arma” pode ser utilizada para combater em mais de uma das três frentes, que também acham-se inter-relacionadas.

Por exemplo, será difícil, ou mesmo impossível, a superação completa de uma visão realista ingênua com relação à Terra, enquanto o estudante, ou o professor, não for capaz de uma coordenação de pontos de vista, de uma representação geométrica do espaço, pois só assim será capaz, por exemplo, de uma relativização da direção vertical, de uma articulação entre os pontos de vista topocêntrico e heliocêntrico e assim compreender plenamente que aquela Terra esférica que aparece nas representações, vista de fora, do espaço, é realmente o lugar onde ele vive.

Para a superação do realismo ingênuo parece-nos que o essencial é trabalhar a relativização do próprio ponto de vista, a problematização das aparências.

Podemos separar as noções realistas ingênuas ligadas aos astros basicamente em dois tipos: o primeiro, mais simples, ligado a uma não consideração da distância real que nos separa dos mesmos. Assim, por exemplo, acredita-se que a Lua e o Sol são discos, que eles nos acompanham quando saímos a passear, que as estrelas são objetos muito pequenos e próximos; porque falta considerar a sua distância até nós e compreender como as aparências mudam quando ela varia. Acreditamos que esse tipo de “ilusão” pode ser trabalhado de maneira relativamente simples através de atividades com modelos tridimensionais, nos quais poderíamos aproximar e afastar diversos objetos pedindo que seja observada a variação na sua aparência; ou, talvez melhor, simplesmente trabalhar com objetos reais presentes no meio ambiente (um poste, uma casa, pessoas, montanhas etc.). Esse tipo de atividade poderia ser desenvolvido nas séries iniciais do ensino fundamental, onde, de fato, a observação atenta do ambiente deveria ser enfatizada. Evidentemente, ao realizar tais atividades também estarão envolvidas as representações espaciais. A consideração das distâncias acha-se ligada à geometrização do espaço.

O segundo tipo importante de noções realistas ingênuas relativas aos astros seriam as ligadas a uma falta de consideração e coordenação de diferentes pontos de vista em situações onde varia não apenas a distância, mas, necessariamente, a posição do observador e o ângulo com que o objeto é observado. Assim, por exemplo, a vertical é considerada absoluta, a “Terra-planeta” diferente da Terra onde vivemos e os movimentos do astros no céu,

vistos de um referencial local, não são relacionados e compreendidos à luz de um referencial heliocêntrico. Aqui, como já discutimos anteriormente, acha-se completamente envolvida a questão da representação do espaço. A estratégia a ser utilizada, não temos dúvida, novamente é a realização de atividades práticas com modelos tridimensionais.

No desenrolar do curso “Astronomia no 1º Grau”, tivemos várias evidências que mostraram a importância, o forte impacto, as dificuldades e avanços ocorridos em virtude do trabalho com modelos tridimensionais. Por exemplo, foi um verdadeiro choque para várias professoras perceber, no trabalho com o modelo de Terra (uma bola de isopor), que o sentido de sua rotação dependia do ponto de vista sob o qual a mesma era observada: visto do pólo norte, anti-horário, do sul, horário. A coordenação entre os pontos de vista local e heliocêntrico também mostrou-se problemática de início, mas grandes progressos foram percebidos. No trabalho com os modelos, o ponto de vista em que a pessoa se encontra é o inverso de nosso ponto de vista natural, topocêntrico, pois é o do espaço, fora da Terra, que a pessoa visualiza a própria Terra e os demais astros. No modelo, o espaço da sala em que se trabalha representa o espaço cósmico e é nele que a pessoa se encontra. Toda a dificuldade reside em se transportar para o ponto de vista da superfície da Terra. Nessa tarefa o ponto chave pareceu ser o da visualização do plano do horizonte de um observador na superfície da Terra, representado por um alfinete fincado na bola de isopor. Quando ocorria essa visualização o transporte ao ponto de vista local e a decorrente visualização da posição e movimento dos astros com relação a ele era possível. Uma providência que mostrou-se extremamente útil para facilitar essa visualização foi o uso de um pequeno pedaço plano de folha de papel, preso na base do alfinete que representava o observador, para a representação do seu plano do horizonte.

Devido à complexidade deste tipo de atividade, da maturidade exigida na representação do espaço⁶, julgamos que este tipo de trabalho com modelos tridimensionais, que envolvem o uso de um ponto de vista heliocêntrico e sua articulação com o ponto de vista local, como na explicação das estações do ano e das fases da Lua, só deva ser realizado nas séries finais do ensino fundamental.

⁶ Lembramos, mais uma vez que, segundo os resultados de PIAGET e INHELDER (1993, p.227-228), somente a partir dos 9-10 anos as crianças tornam-se capazes de coordenar diferentes pontos de vista.

Afora estas noções realistas, ligadas a dificuldades de relativização do próprio ponto de vista espacial, há ainda algumas outras ligadas a outros tipos de questões físicas, como a do aquecimento produzido por uma fonte de luz, que depende não só da distância mas também do ângulo de incidência sobre a superfície. Também nesses casos julgamos que a melhor maneira de se trabalhar seria a partir de atividades experimentais.

Em suma: nossa indicação, com relação à superação do realismo ingênuo, é a realização de atividades práticas e experimentais, envolvendo o uso de modelos tridimensionais, acompanhadas de uma discussão que enfoque prioritariamente a necessidade de relativização do próprio ponto de vista. Nessas atividades é importante a consideração de sua adequação ao estágio de desenvolvimento dos estudantes, sobretudo com relação à representação do espaço, à coordenação de distintos pontos de vista.

A superação do conhecimento feito de chavões forçosamente passa pelo exame e compreensão das relações lógicas que lhes são subjacentes, do contexto racional, científico, do qual foram extraídos. Obviamente não se trata de uma tarefa simples, pois o conhecimento científico é um conhecimento elaborado, em que os conceitos acham-se sempre “enredados” em diversas relações lógicas. A iniciação a este universo evidentemente envolve um árduo caminho de construção e estabelecimento de relações racionais; nunca será fácil ou simples. Contudo, mesmo a nível do ensino fundamental, respeitado o nível de desenvolvimento dos estudantes, acreditamos que deve e pode ser enfatizada a sua contextualização, bem como adotada uma postura construtivista, em que a atividade do próprio aluno na construção e estabelecimento das relações seja o primordial.

Por exemplo, as figuras que ilustram várias explicações de fenômenos astronômicos, a começar pela imagem padrão da própria Terra, a que tanto nos referimos ao longo do capítulo 2, jamais deveriam ser consideradas como auto-evidentes, auto-explicativas, como sói acontecer nos livros didáticos. Elas sempre deveriam vir acompanhadas de uma discussão do problema da escala, do caminho seguido até se chegar àquela representação altamente abstrata, das dificuldades de se representar um objeto tridimensional no plano, da questão do sistema de projeção adotado, como, por exemplo, no caso dos planisférios, onde os pólos aparecem representados por segmentos de reta. Este é um ponto em

que, certamente, seria muito vantajosa uma aproximação entre o ensino de Ciências e os de Artes e Geografia.

No caso de se trabalhar a noção de Sol, de se relacioná-lo com as estrelas, teria que ser necessariamente abordada a questão das distâncias imensas que nos separam delas, deveria se retomar a questão da variação da aparência dos objetos com a distância, talvez pudesse ser discutida a questão de qual seria a aparência do Sol visto de outros planetas, dos mais distantes, de Plutão, por exemplo.

Outro ponto que pode e deve ser adotado como estratégia na superação dos chavões, seria uma ênfase na generalização dos conceitos. Com efeito, um dos traços marcantes dos chavões é a sua particularização, em contraste com a generalidade dos conceitos científicos.

Por exemplo, como vimos no capítulo 2, a translação era concebida pelas professoras apenas como sendo “*o movimento da Terra em torno do Sol*”. Ao contrário, acreditamos que deveriam ser discutidas as características cinemáticas gerais dos movimentos de rotação e translação – trabalho esse que se revelou extremamente produtor e iluminador durante o nosso curso⁷. Poderia ser ressaltado que os demais planetas e satélites, como a Lua, também apresentam estes movimentos. A Terra poderia ser comparada com outros planetas, indicando que eles também apresentam órbitas, movimentos de rotação e translação, eixos inclinados, pólos, equador, dias e noites, estações do ano, gravidade etc.

Outro ponto essencial, do qual o ensino de Astronomia no ensino fundamental jamais deveria ser dissociado é a observação do céu a olho nu. Ela pode ser um meio efficientíssimo de se trabalhar a superação do conhecimento por chavões, livresco, bem como do realismo ingênuo e da representação espacial qualitativa/topológica, desde que feita com método e acompanhada de uma discussão e interpretação de seus resultados.

Já tivemos a oportunidade de justificar a enorme importância que atribuímos à observação do céu no ensino de Astronomia no ensino fundamental ao descrever, no início do capítulo 2, as ênfases que adotamos no curso que realizamos. Acreditamos, de fato, que ela deva ser encarada como uma parte

⁷ Sobretudo em virtude de ter sido baseado numa atividade prática, em que se devia utilizar o próprio corpo para a representação destes tipos gerais de movimento.

fundamental do conteúdo deste ensino. Ensinar a observar a natureza, exercitar esta capacidade, deve ser, em nossa opinião, uma das metas prioritárias do ensino de Ciências no ensino fundamental.

Acompanhando cada um dos principais temas de Astronomia tradicionalmente abordados neste ensino: orientação, rotação e translação da Terra, fases da Lua, estações do ano, o sistema solar etc., é possível desenvolver um programa de observações a eles diretamente relacionados. Por exemplo:

- Orientação: observação das posições de nascimento e ocaso do Sol, de sua variação ao longo do ano⁸, e o acompanhamento da variação das sombras ao longo do dia, trabalhando-se com um gnômon, instrumento muito simples (uma vareta alinhada na vertical sobre uma superfície plana, onde possam ser marcadas as posições do extremo da sombra da vareta ao longo do dia) e de enorme importância prática e histórica, com base no qual os pontos cardeais podem ser determinados precisamente⁹.

- Rotação da Terra: observação do nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas.

- Fases da Lua: observação da Lua, da variação de sua aparência (fase) com o passar dos dias, de sua posição em relação ao Sol em cada uma das fases, do horário em que ela nasce e se põe, o que, se feito de maneira sistemática, poderá servir de fundamento observacional para a discussão e construção de um modelo explicativo para as fases, além de servir de subsídio para a discussão dos movimentos da Lua, da existência de uma face oculta etc.

- Translação da Terra: observação da sucessão das constelações visíveis ao longo do ano.

- Estações do ano: observação da variação das sombras (p. ex., repetindo a atividade com o gnômon em diferentes épocas do ano), da posição de nascimento e ocaso do Sol e das constelações visíveis ao anoitecer com o passar do ano.

- O sistema solar: observação dos planetas visíveis a olho nu, de seu deslocamento aparente diante das estrelas.

⁸ O que desmistificaria o chavão que diz que “o Sol nasce a leste”, deixando subentendido que ele nasceria sempre na mesma posição, no ponto cardinal leste, o que não ocorre.

⁹ A importância e uso do gnômon tanto na determinação dos pontos cardeais como na das estações do ano são indicados, por exemplo, por BOCZKO (1984) e CANIATO (1975).

Seria interessantíssimo se fosse desenvolvido na escola, por exemplo, um programa dedicado ao acompanhamento do ciclo anual das quatro estações, onde, no início de cada estação se fizessem observações do Sol (suas posições de nascimento e ocaso), das sombras, das constelações visíveis ao anoitecer para que se percebesse como elas se sucedem, como a natureza se transforma e como, após transcorrido um ano, o ciclo se fecha e se repete.

Um aspecto que cabe destacar, quanto às observações que estamos propondo, seria a exigência de sua organização e sistematização, ou seja a utilização de uma metodologia, que seria em si muito instrutiva: em primeiro lugar seria necessário o uso de referências, seja do próprio céu, seja do horizonte e, em geral, uma orientação com a identificação, ao menos aproximada, dos pontos cardeais e o registro da data e da hora. Se for feito um registro da observação através de desenho, ou se se trabalhar com cartas celestes, será necessário o aprendizado e aplicação de noções de perspectiva e projeção, questões nada triviais, ligadas às representações espaciais. Pode-se também realizar estimativas de ângulos usando o próprio corpo, de acordo com regras práticas usadas pelos astrônomos amadores. Em suma trata-se de uma observação que já incorpora uma certa sistematização e busca de objetividade características da ciência.

Nossa experiência durante o curso “Astronomia no 1º Grau” indicou que a grande ênfase que demos às observações foi acertada: as professoras entregaram-se com grande entusiasmo à sua realização, as discussões que eram feitas a partir delas, no início de cada aula, foram sempre acaloradas, de uma grande riqueza no levantamento e discussão de questões não só observacionais, mas também teóricas. De fato, talvez o maior mérito do curso tenha sido produzir uma mudança significativa na maneira como as professoras – sobretudo o pequeno grupo que acompanhou o curso até o final – se relacionavam com o céu: uma relação que antes era distanciada, utilitarista (olhavam-no para “ver o tempo”), ou de mera apreciação estética, transformou-se numa relação muito mais interessada, envolvendo a curiosidade, a observação atenta do Sol, da Lua, de estrelas e planetas, de sua aparência, suas posições e movimentos, o seu reconhecimento. Concluimos assim que, sendo nosso objetivo a promoção de uma consciência do entorno cósmico, não resta dúvida que a ênfase na observação do céu foi um caminho que deu bons resultados.

Para a superação da representação qualitativa/topológica do espaço, por sua vez é necessário trabalhar a construção de uma representação quantitativa/geométrica, ou seja, deve se enfatizar a realização de medidas e o uso de noções geométricas. Julgamos que esse deve ser encarado como um trabalho de base, fundamental, cuja importância deve ser fortemente ressaltada: sem noções geométricas e quantitativas é impossível o acesso à visão de universo tal como é descortinada pelo conhecimento científico, é impossível a compreensão dos modelos utilizados pela Astronomia na sua descrição. Sem uma representação geométrica do espaço, como vimos, a superação do realismo ingênuo e de muitos dos chavões também torna-se inviável. Esse é um terreno em que uma aproximação entre o ensino de Ciências e o da Matemática seria muito bem-vinda.

Ligadas à Astronomia, há uma série de atividades que podem ser desenvolvidas nesse sentido. Por exemplo:

- Realização de medidas de ângulos usando o próprio corpo¹⁰.
- Realização de medidas indiretas de alturas e distâncias por triangulação, ou seja, aplicando a noção de semelhança de triângulos. Pode-se começar usando, por exemplo, o próprio gnômon para medir a altura de prédios e postes pelo tamanho de sua sombra, em comparação com a do gnômon, cuja altura é conhecida. Acreditamos que isso poderia ser trabalhado mesmo nas séries iniciais, de maneira puramente geométrica, desenhando os triângulos semelhantes em escala reduzida numa folha de papel e medindo os comprimentos de seus lados com uma régua, sem necessidade de cálculos. Desta forma estar-se-ia, também, trabalhando a noção de escala. Como prolongamento deste trabalho poder-se-ia introduzir a noção de paralaxe e realizar a medida indireta de distâncias também por semelhança de triângulos¹¹.
- Construção de modelos em escala. Poder-se-ia construir modelos tridimensionais, por exemplo, do sistema Terra-Lua, Terra-Sol-Lua ou do sistema

¹⁰ Esta é uma técnica utilizada na astronomia amadora: com o braço esticado pode-se usar o dedo indicador, o polegar, o punho cerrado, a mão espalmada etc, para realizar estimativas da distância angular entre os objetos celestes (veja, por exemplo, FERREIRA e ALMEIDA, 1995, p. 206).

¹¹ A realização desse tipo de atividade é indicada no livro "Iniciação à Ciência", publicado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (ALBERS et al., 1971).

solar inteiro com todos os planetas¹². Nossa experiência mostra que o impacto desse tipo de atividade, ao mostrar de maneira palpável como é imenso o espaço existente entre os astros, como a Terra é diminuta em relação ao Sol e às distâncias que a separam dos demais astros, é enorme.

- Discussão e exercício do uso de perspectivas e projeções. Uma atividade muito importante seria a de simplesmente observar atentamente e representar graficamente como muda a aparência dos objetos de acordo com o ponto de vista, de acordo com o ângulo sob o qual estão sendo observados. Por exemplo, seria importantíssimo mostrar que um círculo, numa visão oblíqua, fica com aparência de uma superfície cujo contorno é uma elipse. Isso permitiria compreender melhor o batido chavão gráfico que representa a órbita da Terra em torno do Sol através de uma elipse alongada com o Sol no centro. A interpretação de mapas também poderia ser trabalhada, num área interdisciplinar com a Geografia. Em especial a interpretação dos planisférios, das projeções utilizadas para representar a superfície terrestre no plano seria interessante. O uso, nada trivial, de cartas celestes, também poderia ser exercitado. Acreditamos que atividades como as primeiras que sugerimos, de simples observação e registro das variações nas aparências dos objetos de acordo o ângulo de visada, possam e devam ser feitas nas séries iniciais, enquanto que a discussão de mapas e projeções, o uso de cartas celestes, deveriam ser conduzidas nas séries finais.

- Atividades que envolvam o uso de modelos tridimensionais dos astros, que, mais uma vez enfatizamos, são essenciais. O uso de um material simples como bolas de isopor para representação da Terra e da Lua, de uma lâmpada para o Sol, são um meio excelente de se representar fenômenos astronômicos, tais como as fases da Lua e as estações do ano, para cuja compreensão é fundamental a visão tridimensional, que é impossível de ser alcançada trabalhando-se apenas no espaço forçosamente bidimensional dos cadernos e livros didáticos. Com esses modelos podem ser trabalhados, por exemplo, a visualização de planos, direções, o uso de referenciais e a coordenação de pontos de vista.

¹² Uma discussão dessas atividades e indicações de materiais e metodologias a serem utilizadas são feitas, por exemplo, por CANALLE (1994a e 1994b).

Um procedimento a ser utilizado com os professores, que, acreditamos, seria extremamente interessante para se trabalhar a superação das três feições da natureza do seu conhecimento que anteriormente apontamos, seria a realização de uma crítica dos livros didáticos que eles próprios utilizam. Evidentemente tal programa de trabalho teria que ser precedido, necessariamente, por uma atividade de formação continuada que lhes permitisse a construção de uma base de conhecimentos suficiente para a realização da crítica. Através dela, certamente, poderiam ser aprofundados seus conhecimentos e, sobretudo, a sua consciência das dificuldades envolvidas no ensino da Astronomia, da necessidade de se quebrar com o círculo vicioso em que a maioria dos professores e estudantes do ensino fundamental acham-se presos, pois o livro didático, ao que parece, em geral reforça o uso de chavões, a representação topológica do espaço e escamoteia a observação da natureza¹³.

Uma questão educacional geral, a que já nos referimos rapidamente, mas que merece ser novamente destacada é o cuidado que se deve ter para que se exerça uma prática que seja efetivamente construtivista, que priorize a atividade do estudante, ou do professor, no caso de um curso de formação continuada, que os considere como sujeitos de seu próprio desenvolvimento.

Embora a perspectiva construtivista seja consenso entre os educadores a nível teórico, na prática, a tentação de se persistir e recair no “bancarismo”, numa concepção de conhecimento como resultante de um processo de “transmissão” ou “aquisição”, seja por ser essa a postura tradicional, seja pela maneira de apresentação destes conteúdos nos próprios livros didáticos, ainda é muito forte.

Nesse sentido um ponto que sempre deve ser lembrado é que, ao mesmo tempo que se deve buscar promover o desenvolvimento do estudante (ou professor), também é necessário que se considere o seu estágio de desenvolvimento, trabalhando no que Vygotsky chama de “zona de desenvolvimento proximal”, ou seja, uma região em que, mediante o estímulo e a cooperação de outras pessoas, o estudante já é capaz de avançar além do estágio em que se encontra, do que conseguiria apreender isoladamente,

¹³ Podemos concluir isso a partir dos resultados apresentados numa monografia de fim de curso (LEITE, 1998) e nos trabalhos de CANALLE et al. (1996, 1997) e TREVISAN et al. (1997).

trabalhando-se assim não apenas as funções intelectuais já maduras, mas principalmente as funções em amadurecimento¹⁴.

Quanto a isso, no caso do ensino de Astronomia no ensino fundamental, uma questão em especial merece destaque: via de regra as explicações dadas acerca dos fenômenos astronômicos sempre utilizam um referencial situado fora da Terra, de onde ela é observada inteira, como uma “bola”, um referencial que, se não está sobre o Sol, está em repouso em relação ao Sol, ou seja, um referencial que poderíamos chamar de “heliocêntrico”. Contudo, como já mencionamos anteriormente, os estudos de Piaget e Inhelder indicam que a coordenação de diferentes pontos de vista só ocorre a partir dos 9-10 anos. A partir deste instante, em que a criança começa a coordenar distintos pontos de vista é que julgamos que o ensino de Astronomia a partir de um referencial heliocêntrico pode ser produtivo e contribuir para o próprio desenvolvimento desta função em amadurecimento. Antes disso os círculos ou “bolas” representando a Terra, para as crianças, nada mais são do que bolas e círculos que as pessoas chamam de planeta Terra, mas que não são a mesma coisa que o lugar onde elas vivem.

Esta distinção é marcante e foi claramente observada em nossa investigação acerca do universo das crianças. Para as crianças menores existe a Terra em que vivemos, que é plana, e a “Terra-planeta”, duas coisas muito distintas. Uma fica no céu, ou no espaço (a Terra-planeta), e, a outra (a Terra plana), *“aqui embaixo”*. Portanto, este ponto de vista heliocêntrico não é compreendido como referindo-se à Terra em que elas vivem. Consideramos, assim, que este tipo de abordagem deva ser evitado ou usado com muito cuidado nas séries iniciais e só se inicie a partir da 4^a ou 5^a séries, e, de preferência, que seja precedida por um trabalho em que se busque promover o desenvolvimento de uma representação geométrica do espaço, como indicamos anteriormente. Para as série iniciais sugerimos apenas a observação do céu e a descrição dos fenômenos a partir de um ponto de vista decididamente topocêntrico, a partir da Terra onde elas vivem, de onde observam o universo através do céu. Nas séries finais poderia ser introduzido o ponto de vista heliocêntrico com os devidos

¹⁴ VYGOTSKY, 1996, p.89.

cuidados, lembrando que um dos grandes nós deste ensino será justamente a articulação entre os dois pontos de vista: o da superfície da Terra e o do espaço.

Para concluir esta seção, após termos apontado para algumas questões de fundo relativas ao ensino de Astronomia que necessitam ser superadas, após termos indicado algumas estratégias que poderiam ser usadas nesta superação, julgamos, por fim, importante relembrar alguns pontos positivos que detectamos junto às professoras e estudantes, que nos fazem crer que, de fato, essa superação é viável:

Com relação às professoras, é de se salientar, por exemplo, o gosto e entusiasmo com que as mesmas se entregaram às atividades de realização de medidas de ângulos com o próprio corpo e, também, à maior parte do trabalho com os modelos tridimensionais, em que era desenvolvido o uso de uma visão geométrica, sendo nítido o seu progresso. Concluimos assim que a freqüente ausência de uma representação quantitativa/geométrica de espaço não parece se dever a qualquer incapacidade ou falta de interesse em trabalhar com medidas ou questões geométricas por parte da professoras, mas, principalmente, a uma falta de familiaridade com esse tipo de atividade, a uma falta de exercício deste tipo de representação.

Outro ponto altamente positivo foi o gosto com que as professoras também se dedicaram às observações do céu. Como já apontamos antes, essa talvez tenha sido uma das transformações mais importantes que observamos em decorrência do curso: mudou a relação que as professoras antes mantinham com o céu, mudou no sentido de se tornar muito mais atenta e interessada, muito mais consciente desta realidade grandiosa em que nos achamos inseridos, do contexto cósmico em que vivemos.

Lembramos também que as professoras, embora incorporando em seu conhecimento os chavões, não o faziam de uma maneira meramente passiva, mas lhes davam uma significação pessoal, os reinterpretavam à luz de seu senso comum, ou seja, construía, com os meios que dispunham, o seu conhecimento, muitas vezes adotando uma postura cética e crítica em relação aos chavões¹⁵.

Com relação às crianças, não vemos nenhum motivo para que também não lhes sejam aplicáveis os comentários anteriores, relativos à falta de familiaridade e

¹⁵ Veja seção II.3.

exercício de noções geométricas e medidas, ao gosto pela observação do céu e à elaboração de seu próprio conhecimento, sendo ainda notória a sua curiosidade com relação ao céu e ao universo, portanto o seu interesse e motivação para estudá-lo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste nosso estudo, buscamos investigar e discutir o conhecimento de estudantes e professores do ensino fundamental relativos à Astronomia não apenas em termos de seu conteúdo, mas, sobretudo, de sua natureza. Com esta abordagem logramos discernir alguns dos traços fundamentais desse conhecimento: o realismo ingênuo, um conhecimento conceitual feito de chavões reinterpretados e a representação qualitativa/topológica do espaço. Pudemos verificar como eles acham-se profundamente imbricados e são determinantes na forma de representação do universo de crianças e professores.

Outros dois pontos de nosso trabalho que julgamos devam ser destacados, em virtude de sua novidade, foram a metodologia utilizada na investigação das representações das crianças, baseada na construção de modelos tridimensionais, e a constatação do papel destacado desempenhado pelas imagens gráficas na estruturação das concepções de professores e crianças. A metodologia do trabalho com as crianças, além de permitir um levantamento de suas representações acerca da disposição espacial tridimensional dos astros, foi crucial no desvelamento da influência marcante da natureza do conhecimento utilizado por elas na construção de seus modelos.

Julgamos importante também ressaltar que os indícios de rumos a serem seguidos para uma transformação e aperfeiçoamento do ensino de Astronomia que extraímos de nossos resultados apontam para a necessidade de um trabalho de longo prazo com os professores, para a necessidade de um legítimo processo de formação continuada. Vimos que são necessárias mudanças nada triviais, na sua representação do espaço, na sua visão da natureza, ainda bastante marcada por um realismo ingênuo, e no tipo de conhecimento conceitual que apresentam.

Todas são tarefas extensas, envolvem o desencadeamento de processos de construção de novas representações; de mudança na forma de pensar e interpretar a realidade, geometrizando-a, quantificando-a, relativizando o próprio ponto de vista, buscando a contextualização lógica e a generalização dos

conceitos, a compreensão da rede de relações em que acham-se inseridos etc. Todos esses processos são demorados, exigindo muita atividade prática e reflexiva por parte dos sujeitos desse processo educativo – os próprios professores. Intervenções pontuais certamente serão insuficientes e inócuas com relação a estes objetivos, no máximo poderiam produzir uma sensibilização quanto a eles. Ao final do curso “Astronomia no 1º Grau”, cuja carga horária foi de 80 horas, sentimos claramente que, embora tenhamos alcançado alguns avanços significativos, sobretudo no desenvolvimento de uma postura mais atenta e interessada com relação à observação da natureza, havíamos chegado apenas ao que parecia ser o limiar inferior de uma introdução a uma visão do universo tal como a descortinada pela cultura elaborada, científica, e de que avanços notáveis ainda poderiam ser alcançados se o trabalho se estendesse por mais tempo.

Por fim, relembramos que a origem deste trabalho foi nossa experiência prévia de atuação em diversos projetos de extensão ligados ao ensino e divulgação da Astronomia, voltados a estudantes e professores do ensino fundamental e médio. Sua motivação foi a necessidade de uma reflexão acerca do sentido desta nossa ação, de seu alcance, objetivos e do contexto educacional em que se desenvolvia. Assim, ao iniciarmos este trabalho, em especial ao planejarmos o curso “Astronomia no 1º Grau”, já partimos de certos pressupostos relativos aos rumos que um curso desta natureza deveria seguir. Daí as “ênfases” que adotamos na sua programação: a observação do céu, a consideração das concepções prévias, o caderno individual e a utilização de modelos tridimensionais.

Apesar de o trajeto que percorremos até aqui ter sido incompleto, pois, conforme apontamos na introdução, o universo do ensino fundamental é bem mais amplo que o dos estudantes e o dos professores, no mínimo mais dois universos nos parecem igualmente importantes na composição do universo maior do ensino fundamental: o do livro didático e o da sala de aula; apesar disso, estamos convencidos do avanço representado pelos resultados que obtivemos neste trabalho. À luz de suas conclusões e do enfoque que nele foi adotado, acreditamos que nos será possível retornar à nossa prática extensionista com uma visão ampliada e mais densa acerca de seus objetivos, de estratégias a serem utilizadas e do contexto epistemológico em que se desenrola o ensino da

Astronomia no ensino fundamental. Com efeito, essa realidade já se nos apresenta transfigurada.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERS, Henry, PEERY, Benjamin F., WYATT, Stanley P., CHESTER, Craig, SWEITAL, Elaine, ATKIN, J. Myron, WILKIN, Fred R., FEJFAR, James, WHITE, Raymon E., 1971. *O Universo*, in: Iniciação à Ciência, vol. 1. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciência - IBECC-UNESCO, Ed. Edart.
- ALVES, Rubem, 1995. *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e suas regras*. São Paulo: Brasiliense, 21^a ed.
- BACHELARD, Gaston, 1974. *A Filosofia do Não*, in: Os Pensadores, vol. 38. São Paulo: Abril.
- BAXTER, John, 1989. Children's understanding of familiar astronomical events, *International Journal of Science Education*, 11(special issue), 502-513.
- BISCH, Sérgio M., 1993. Implantação de um Laboratório de Ensino de Astronomia junto ao Observatório Astronômico do Departamento de Física e Química da UFES. *Atas do X SNEF*, p.575-578.
- BOCZKO, Roberto, 1984. *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher.
- CANALLE, João Batista G., 1994a. O sistema solar numa representação teatral. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 11(1), p.27-32
- CANALLE, João Batista G., 1994b. Comparação entre os tamanhos dos planetas e do Sol. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 11(2), p.141-144.
- CANALLE, J.B.G., TREVISAN, R.H., LATTARI, C.J.B., 1996. Erros Astronômicos no Livros Didáticos do 1^o Grau. *V EPEF, Caderno de Resumos*, p.28.
- CANALLE, J.B.G., TREVISAN, R.H., LATTARI, C.J.B., 1997. Análise do Conteúdo de Astronomia de Livros de Geografia de 1^o Grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(3), p.254-263, 1997.
- CANIATO, Rodolpho, 1975. *O Céu – Um Projeto Brasileiro para o Ensino de Ciências*, vol 1. Campinas: Nobel.

- FERREIRA, Máximo, ALMEIDA, Guilherme de, 1995. *Introdução à Astronomia e às Observações Astronômicas*. Lisboa: Plátano, 2^a ed.
- FREIRE, Paulo, 1980a. *Educação como Prática da Liberdade*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 11^a ed.
- FREIRE, Paulo, 1980b. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 8^a ed.
- HARPER, Babette, CECCON, Claudius, OLIVEIRA, Miguel Darcy de, OLIVEIRA, Rosiska Darcy de, 1980. *Cuidado, Escola! - Desigualdade, Domesticação e Algumas Saídas*. São Paulo: Brasiliense.
- HESSEN, Johannes, 1987. *Teoria do Conhecimento*. Coimbra: Arménio Amado, 8^a ed.
- JOHNSON-LAIRD, P.N., 1983. *Mental Models*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- LEITE, Cristina, 1998. *A Astronomia nos Livros Didáticos do 1^o Grau*. São Paulo: Monografia de fim do curso de licenciatura em Física – Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP.
- MACHADO, Nílson José, 1995. *Epistemologia e Didática: as concepções do conhecimento e inteligência e a prática docente*. São Paulo, Cortez Editora.
- MALI, Ganesh B., HOWE, Ann, 1979. Development of Earth and gravity concepts among nepali children, *Science Education*, 63(5), 685-691.
- MARSICO, Maria Teresa, CUNHA, Maria do Carmo Tavares da, ANTUNES, Maria Elisabete Martins, CARVALHO NETO, Armando Coelho de, 1997. *Coleção Marcha Criança: Ciências*, vol. 3. São Paulo: Scipione.
- MOREIRA, Marco Antonio, 1997. *Modelos Mentais*. http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/Moreira.htm#modelos_conceituais_3.
- MORRISON, David, WOLFF, Sidney, FRAKNOI, Andrew, 1995. *Abell's exploration of the universe*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 7^a ed.

- MORTIMER, Eduardo Fleury, 1997. *Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos?* <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo.html>.
- NARDI, Roberto, 1989. *Um Estudo Psicogenético das Idéias que Evoluem para a Noção de Campo*. Tese de doutoramento, Faculdade de Educação da USP.
- NUSSBAUM, Joseph, NOVAK, Joseph D., 1976. An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews, *Science Education*, 60(4), 535-550.
- NUSSBAUM, Joseph, 1979. Children's conceptions of the Earth as a cosmic body: a cross age study, *Science Education*, 63(1), 83-93.
- PASSOS, Célia, SILVA, Zeneide, s/data. Coleção *Eu gosto de Ciências*, vol 3. São Paulo: Nacional.
- PEIXOTO e ZATTAR, 1993. Coleção *Bom Tempo: Ciências: programa de saúde, educação ambiental*, vol. 3. São Paulo: Moderna, 2^a ed.
- PIAGET, Jean, 1926. *A Representação do Mundo na Criança*. Rio de Janeiro: Record. (Obs.: O ano indicado corresponde ao da edição original francesa, uma vez que edição brasileira não apresenta esta indicação.)
- PIAGET, Jean, 1973. *Problemas de Psicologia Genética*. Rio de Janeiro: Forense.
- PIAGET, Jean, 1991. *Seis Estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 18^a ed.
- PIAGET, Jean, 1996 *A construção do real na criança*. São Paulo: Ática, 3^a ed.
- PIAGET, Jean, INHELDER, Bärbel, 1993. *A Representação do Espaço na Criança*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- SNYDERS, Georges, 1988. *A Alegria na Escola*. São Paulo: Manole.
- SZAMOSI, Géza, 1988. *Tempo e Espaço – As Dimensões Gêmeas*. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro.

- TREVISAN, Rute Helena, LATTARI, Cleiton Joni Benetti, CANALLE, João Batista Garcia, 1997. Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros didáticos de Ciências do Primeiro Grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(1), 7-16.
- VOSNIADOU, Stella, BREWER, William F., 1992. Mental models of the Earth: a study of conceptual change in childhood, *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- VOSNIADOU, Stella, BREWER, William F., 1994. Mental models of the day/night cycle, *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- VYGOTSKY, Lev Semenovitch, 1996. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- WEINER, Jonathan, 1988. *O Planeta Terra*. São Paulo, Martins Fontes.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO INICIAL UTILIZADO NO CURSO “ASTRONOMIA NO 1º GRAU”

Curso de Extensão “Astronomia no 1º Grau” - 1995

DADOS SOBRE O PROFESSOR

Nome: _____

Telefone: resid.: _____ **prof.:** _____

Professor(a) da rede pública: ☐ municipal ☐ estadual

Há quantos anos você leciona? _____

Você ensina algum tema de Astronomia para seus alunos? Qual (ou quais) e como?

O que você gostaria de aprender neste curso?

Curso de Extensão “Astronomia no 1º Grau” - 1995

Responda a todas as perguntas abaixo com toda a sinceridade e do jeito que você souber e achar melhor, sem qualquer preocupação se sua resposta está certa ou errada. O objetivo deste questionário é apenas o de ajudar no próprio planejamento do curso.

1. Você acha, realmente, que Astronomia deve ser ensinada no 1º Grau? Por quê?

2. Você costuma olhar para o céu? _____

3. Caso você tenha respondido afirmativamente à pergunta anterior, quando é que você olha o céu e por quê? _____

4. Em que fase a Lua se encontra hoje? _____

5. Em que estação do ano nos encontramos? Por quê? _____

6. Como é a Terra? _____

7. Como é a Lua? _____

8. Como é o Sol? _____

9. Como é o sistema solar? _____

10. Como é o universo? _____

11. O que é uma constelação? _____

12. O que é uma estrela? _____

13. O que é a Via Láctea? _____

14. O que é um cometa? _____

15. O que é uma galáxia? _____

16. Que lugar ocupamos no universo? _____

17. Que influência os astros exercem sobre a vida na Terra, ou sobre o homem?

18. Qual é o tamanho dos astros? _____

19. Comparando a Terra, o Sol e a Lua, quem é o maior? e o menor? _____

20. Há quanto tempo os astros existem? _____

21. Como a Terra foi criada? e o Universo? _____

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NOS MÓDULOS DO CURSO “ASTRONOMIA NO 1º GRAU”

MÓDULO 1

FORMA, TAMANHO E IDADE DA TERRA.

- 1.1. Desenhe o nosso planeta, a Terra.
- 1.2. Será que ela tem, de fato, a forma que você desenhou? Como você poderia provar isso?
- 1.3. Onde nós vivemos, no interior ou na superfície da Terra?
- 1.4. Imagine um navio que sai de um porto no Brasil e vai navegando em direção ao alto-mar, sempre na mesma direção. Onde ele vai chegar?
- 1.5. Qual é o tamanho da Terra?
- 1.6. A Terra é maior ou menor que a Lua? Quantas vezes?
- 1.7. A Terra é maior ou menor que o Sol? Quantas vezes?
- 1.8. Qual é a idade da Terra?

Instituto de Física da Universidade de São Paulo
Curso de Extensão “Astronomia no 1º Grau”
Profs.: Sérgio M. Bisch e Yassuko Hosoume

MÓDULO 2

REFERÊNCIAS E ORIENTAÇÃO NA TERRA.

2.1. Faça um desenho da Terra e indique onde ficam os seus pólos e o equador. Veja também onde eles ficariam na bola de isopor.

2.2. Por onde passa o eixo de rotação da Terra? Indique no seu desenho e veja na bola de isopor.

2.3. Existe alguma relação entre o eixo de rotação, os pólos e o equador da Terra? Qual(is)?

2.4. Quais são os quatro pontos cardeais?

2.5. Para onde eles apontam?

2.6. Em que sentido a Terra gira?

2.7. Existe alguma relação entre os pólos, a rotação da Terra e os pontos cardeais?

2.8. O equador divide a Terra em duas metades, como elas se denominam? Mostre no seu desenho e veja na bola de isopor.

MÓDULO 3

A GRAVIDADE

3.1. Por que, ao soltarmos um objeto, ele cai?

3.2. Faça um novo desenho da Terra e represente uma pessoa no pólo norte, outra no pólo sul e duas sobre o equador: uma a leste e outra a oeste.

3.3. Desenhe agora cada uma das quatro pessoas do item anterior jogando uma pedra para cima. Indique a trajetória que cada pedra descreverá.

3.4. Faça um outro desenho da Terra e represente um navio que navega no oceano, dirigindo-se do pólo sul para o pólo norte. Por que ele não cai?

3.5. O que significa “para cima” e “para baixo”? Um dos hemisférios da Terra fica sempre para cima e o outro sempre para baixo, o que isso significa? Poderia ser diferente?

3.6. Imagine que possamos tirar todo o ar deste sala, o que acontecerá com os objetos?

3.7. Nesta mesma sala, sem ar, se soltarmos um objeto o que acontecerá?

MÓDULO 4

MERIDIANOS E PARALELOS

4.1. Imagine que o navio que saiu de um porto no Brasil e seguiu navegando sempre em direção ao alto-mar, citado no módulo 1, sofreu um acidente, tendo batido num iceberg em pleno alto-mar, necessitando pedir socorro urgente pelo rádio. Como ele fará para indicar a sua posição?

4.2 O que são os pólos e o equador da Terra? Faça um desenho representando a Terra e indique-os.

4.3. O que é um meridiano e um paralelo da Terra? Faça um novo desenho da Terra onde apareçam representados vários meridianos e paralelos.

4.4. O que é latitude?

4.5. O que é longitude?

4.6. O que é um trópico?

4.7. Qual é a posição da cidade de São Paulo na superfície da Terra?

4.8. Qual é o trópico que passa perto da cidade de S. Paulo

MÓDULO 5

DIAS E NOITES

- 5.1. Em quanto tempo a Terra dá uma volta em torno de seu próprio eixo?
- 5.2. Por que ocorre o fenômeno da sucessão de dias e noites?
- 5.3. Aqui em São Paulo, ao meio-dia, em que posição o Sol aproximadamente se encontra? e a meia-noite?
- 5.4. Em São Paulo, mais ou menos a que horas o Sol nasce e se põe?
- 5.5. No Japão, o Sol também nasce a leste e se põe a oeste ou isto muda?
- 5.6. Uma pessoa apanha um avião e faz um vôo direto, sem escalas, de São Paulo a Rio Branco, no Acre. Ela parte daqui às 8:00 hs. da manhã e, ao chegar a Rio Branco, observa num relógio do aeroporto que ainda são 8:00 hs. da manhã!... Ela partiu de S. Paulo e chegou ao Acre na mesma hora!... Será que isso é possível? Por quê?
- 5.7. A marcação das horas do dia é feita com base em quê?
- 5.8. Em todas as cidades do mundo a hora é a mesma? Por quê?
- 5.9. O que é o horário de verão e para que ele serve?

MÓDULO 6

A ÓRBITA DA TERRA

6.1. Quais são os principais movimentos que a Terra apresenta?

6.2. Qual é a diferença entre rotação e translação?

6.3. O que é uma órbita?

6.4. Como é a órbita da Terra em torno do Sol? Faça um desenho indicando-a. Com auxílio do modelo utilizado no módulo anterior (bola de isopor representando a Terra e lâmpada representando o Sol), reproduza o movimento que você acha que a Terra descreve no espaço e mostre ao professor.

6.5. Em que posição o Sol fica com relação à órbita da Terra? Represente-o no desenho do item anterior.

6.6. A Terra, em seu movimento de translação em torno de Sol, permanece movendo-se sempre no mesmo plano, ou o plano de seu movimento é variável?

6.7. Por que a Terra permanece girando em torno do Sol, sem escapar de sua órbita?

Instituto de Física da Universidade de São Paulo
Curso de Extensão “Astronomia no 1º Grau”
Profs.: Sérgio M. Bisch e Yassuko Hosoume

MÓDULO 7

AS ESTAÇÕES DO ANO

- 7.1. Quais são as estações do ano?
- 7.2. Em que época do ano começa e termina cada uma das estações?
- 7.3. Você acha mesmo que, enquanto é verão no hemisfério sul da Terra, no hemisfério norte é inverno e vice-versa?
- 7.4. Como você acha que pode se explicar a ocorrência das estações do ano?
- 7.5. O eixo de rotação da Terra é inclinado? Se você acha que sim, faça um desenho representando esta inclinação. Depois responda aos itens abaixo:
- 7.6. Em relação a quê o eixo de rotação é inclinado?
- 7.7. Qual seria o valor aproximado dessa sua inclinação?
- 7.8. A inclinação do eixo permanece constante ou é variável durante o movimento de translação? Se você acha que é variável, diga de que maneira você acha que ela varia e faça um desenho tentando representar esta variação.
- 7.9. Faça um desenho representando a órbita da Terra em torno do Sol, a inclinação do seu eixo e a posição em que a Terra fica, com relação ao Sol, em cada uma das estações do ano.

MÓDULO 8

A LUA

- 8.1. Qual é a forma da Lua? Faça um desenho ilustrando.
- 8.2. A Lua é maior ou menor que a Terra? Quantas vezes?
- 8.3. A Lua encontra-se mais próximo ou mais longe da Terra que:
(a) o Sol?; (b) os planetas? (c) as estrelas?
- 8.4. Por que a Lua brilha?
- 8.5. Quais são as fases da Lua e qual é a sua seqüência?
- 8.6. O que você acha que provoca as fases da Lua? Faça um desenho ilustrando sua explicação.
- 8.7. Que movimento(s) a Lua executa e quanto tempo, aproximadamente, ela leva para completá-lo(s)?
- 8.8. O que é e como você acha que acontece um eclipse da Lua? e do Sol? Faça um desenho ilustrando a(s) sua(s) explicação(ões).
- 8.9. Você acha que é verdade que a Lua possui uma face oculta, ou escura, que nós nunca vemos aqui da Terra? Por que você acha isso?
- 8.10. A Lua possui atmosfera? e gravidade?
- 8.11. Você acha que a Lua exerce alguma influência sobre a Terra? Qual(is)?

APÊNDICE C

TEXTOS DE APOIO E ROTEIROS DE ATIVIDADES DOS
MÓDULOS 6 E 7 DO CURSO “ASTRONOMIA NO 1º GRAU”

6. A ÓRBITA DA TERRA – TEXTO DE APOIO E ATIVIDADES:

Rotação e translação:

Dizemos que um corpo está em rotação quando os pontos que o compõem realizam um movimento circular em torno de um mesmo eixo.

A Terra, por exemplo, realiza um movimento de rotação em torno de um eixo que passa pelo seu centro e pelos pólos, que é o principal responsável pela ocorrência da sucessão dos dias e das noites, como vimos no módulo anterior.

Por outro lado, dizemos que um corpo realiza um movimento de pura translação quando ele se move como um todo, sem girar, e os pontos que o compõem descrevem trajetórias idênticas, todos com a mesma velocidade. Nesse movimento, o centro do corpo se desloca (repare que, na rotação, o centro pode ficar parado, bastando que o eixo passe por ele).

A Terra também realiza um movimento de translação: ela descreve uma órbita, ou seja, uma trajetória fechada, em torno do Sol, deslocando-se como um todo em torno dele. O centro da Terra se move no espaço. Só que seu movimento não é uma translação pura, pois, ao mesmo tempo, ela continua em rotação.

Estes são os dois principais movimentos descritos pela Terra: o de rotação em torno de um eixo que passa pelo seu centro e o de translação em torno do Sol. Realizados ao mesmo tempo.

6.8 Como vimos, a rotação é a responsável pela sucessão dos dias e das noites, determinando assim a duração do dia. A translação, por sua vez, também determinará a duração de uma outra unidade de tempo fundamental, que regula nossa vida, você saberia dizer qual?

6.9. Você entendeu bem qual é a diferença entre rotação e translação? Use o seu próprio corpo para testar isso: com ajuda das colegas do grupo – a quem você deverá pedir para observar os seus movimentos e dizer se estão corretos ou não – experimente primeiro apenas rotar, sem transladar, em torno de um eixo que passe pelo centro do seu próprio corpo. Depois peça a uma de suas colegas para ficar no centro do que será a sua órbita de translação e realize, em torno dela, um movimento de **pura translação**, ou seja, **sem rotar**. Certifique-se bem com suas colegas e com o professor se você está de fato conseguindo realizar um movimento de pura translação, não é muito fácil!... Por fim, peça a uma de suas colegas para representar o Sol e faça como a Terra: ao mesmo tempo realize um movimento de rotação e outro de translação. Se quiséssemos que esta representação fosse bem fiel ao real, quantas rotações você teria que efetuar enquanto completa uma volta de translação?

A órbita da Terra:

Provavelmente você já ouviu falar que a órbita da Terra é uma elipse e que o Sol situa-se em um dos focos desta elipse. Esta forma elíptica da órbita da Terra (e de todos os demais planetas) em torno do Sol, descoberta pela primeira vez por Kepler, foi explicada por Isaac Newton, ainda no século XVII, como sendo uma consequência direta das leis do movimento e da Lei da Gravitação Universal, por ele formuladas.

A Lei da Gravitação Universal diz que quaisquer dois corpos com massa atraem-se com uma força que é diretamente proporcional a suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa. Ela é chamada de “universal” justamente porque é absolutamente geral e se aplica a quaisquer dois corpos, seja aqui na Terra – onde o peso dos objetos nada mais é do que a força de atração gravitacional que o planeta Terra, com sua grande massa, exerce sobre os corpos que acham-se em sua superfície –, como no espaço, onde a força de atração gravitacional é o que mantém a Lua em sua órbita em torno da Terra e todos os planetas em suas respectivas órbitas em torno do Sol.

Como a massa do Sol é muito maior que a de qualquer planeta, ele acaba sendo o centro do sistema solar e as forças que exerce sobre os planetas são muito mais intensas que a dos planetas entre si. Assim a Terra, e o restante dos planetas, permanecem girando em trajetórias elípticas em torno do Sol. A influência dos demais planetas sobre a órbita terrestre é apenas a de provocar pequeníssimas perturbações, cujo efeito só se torna sensível ao longo de muitos milhares de anos (de fato, ocorre uma leve variação cíclica no “achatamento” da órbita elíptica da Terra, com um período de cerca de 95.000 anos, que parece ser uma das causas da ocorrência das chamadas “idades do gelo”, que repetiram-se diversas vezes na história da Terra a intervalos de dezenas de milhares de anos, estimando-se que a última tenha terminado a 18.000 anos atrás¹⁶).

Desenhando a órbita da Terra:

Há uma maneira simples de se traçar uma elipse: basta atar as duas pontas de um barbante, formando assim uma linha fechada com comprimento constante, e enlaçar com ela, sobre uma folha de papel em branco, os dois pontos representando seus focos (que, com auxílio de um(a) colega, podem ser fixados, por exemplo, através de duas canetas em pé) e a ponta de um lápis. Então, tendo o cuidado de manter as canetas sobre os focos firmemente presas e puxando o lápis de maneira a deixar o barbante sempre esticado, você poderá traçar com a ponta do lápis uma elipse sobre a folha de papel (se você estiver em dúvida sobre este procedimento, consulte o professor).

6.10. Siga o procedimento indicado acima e trace numa folha em branco várias elipses. Verifique como varia a forma da elipse a medida que você aproxima ou afasta mais os focos. Você percebe que, a medida que a distância entre os focos é reduzida, a elipse aproxima-se cada vez mais de uma circunferência? Com a órbita da Terra acontece exatamente isso: como os dois focos estão bastante próximos em comparação com o diâmetro maior ou menor da elipse (observe que uma elipse têm dois diâmetros: o maior e o menor), sua órbita real é uma elipse que, na prática, é quase igual a uma circunferência.

¹⁶ Fonte: livro “O planeta Terra” de Jonathan Weiner (1988).

A distância da Terra ao Sol permanece quase constante, variando no máximo cerca de 1,7%, a mais ou a menos, com relação a sua distância média ao Sol¹⁷.

6.11. Se você representar a elipse da órbita da Terra em escala reduzida, de maneira que o seu diâmetro maior tenha 10 cm, calcule quanto valerão, nesta mesma escala, os valores da distância entre os focos e da diferença entre a distância mínima e máxima da Terra ao Sol (em consequência do achatamento da elipse) sabendo-se que ambas correspondem a 1,7% do valor do diâmetro maior. Represente esta elipse num desenho e observe a sua forma.

O plano da órbita:

Conforme você verificou na atividade anterior, a órbita da Terra é uma elipse com o Sol em um dos focos, mas ***uma elipse que é praticamente uma circunferência com o Sol no centro***, pois os focos estão muito próximos em comparação com o tamanho da elipse. Assim a trajetória, ou órbita, da Terra realiza-se num plano bem definido – o plano da elipse. O centro do Sol fica sobre este mesmo plano e praticamente no centro da trajetória (mesmo que a trajetória fosse um elipse mais achatada, o Sol, que situa-se sempre sobre um dos focos, continuaria contido no plano da órbita, só não mais se situaria bem próximo ao centro, pois neste caso os focos ficariam mais distantes dele).

6.12. Usando a representação da Terra e de Sol usada no módulo anterior (bola de isopor e lâmpada), reproduza com eles, da maneira mais fiel possível, a órbita e os principais movimentos da Terra. Discuta com seus colegas de grupo para ver se eles concordam com o tipos de movimentos e órbita que você reproduziu.

Responda novamente, em grupo, às questões iniciais (6.1 a 6.7).

¹⁷ A excentricidade da órbita terrestre, que é a razão entre a distância entre os focos e o diâmetro maior da elipse, vale 0,017 (fonte: Morrison et al., 1995).

7. AS ESTAÇÕES DO ANO - TEXTO DE APOIO E ATIVIDADES

A inclinação do eixo da Terra:

Como vimos na unidade anterior, a Terra realiza dois movimentos básicos: o de rotação em torno de seu próprio eixo e o de translação em torno do Sol. Uma característica fundamental do eixo de rotação da Terra é que, como todo o eixo em torno do qual um corpo esteja girando, ele tende a se manter apontando sempre na mesma direção (por isso, por exemplo, é fácil equilibrar-se sobre um bicicleta em movimento, pois os eixos de rotação de suas rodas tendem a manter-se na horizontal). De fato ***o eixo da Terra aponta sempre na mesma direção***, isto é, ele se desloca junto com a Terra em seu movimento de translação ao redor do Sol, mas se mantém sempre paralelo à mesma direção (em verdade, devido à forma levemente achatada nos pólos que a Terra apresenta e à atração gravitacional que ela sofre tanto do Sol como da Lua, o eixo de rotação terrestre realiza um movimento chamado de “precessão”, semelhante ao realizado pelo eixo de um pião, em que lentamente vai mudando de direção, porém numa escala de tempo muito longa, levando 26.000 anos para completar uma volta, portanto, durante a passagem de apenas um ano, ele pode ser considerado praticamente fixo). Por sua vez, a órbita elíptica da Terra, como já foi dito no módulo anterior, situa-se num plano muito bem definido, que constitui uma referência importante para analisar os movimentos dos demais astros, e que é denominado ***“plano da eclíptica”***, onde o nome ***“eclíptica”*** é derivado de ***“eclipse”***, pois só quando a Lua em sua fase nova ou cheia cruza este plano é que ocorrem os eclipses do Sol e da Lua. Portanto, no seu movimento de translação em torno do Sol, o centro da Terra movimenta-se sobre o plano da eclíptica. Agora, contrariamente ao que poderíamos imaginar, ***o eixo da Terra não é perpendicular ao plano de sua órbita***, ou seja, ao plano da eclíptica, ***mas acha-se inclinado cerca de 23,5° com relação à direção perpendicular ao plano da órbita***. Este fato não é extraordinário no sistema solar, ao contrário, a maioria dos planetas apresenta uma inclinação semelhante, e um deles – Urano – apresenta o seu eixo praticamente “deitado” sobre o plano de sua órbita.

7.10. Usando mais uma vez a representação da Terra e de Sol através da bola de isopor e da lâmpada, reproduza novamente, junto com suas colegas de grupo, o movimento que a Terra realiza em torno do Sol, prestando especial atenção ao plano em que ela deve se movimentar (o plano da eclíptica) e à posição do eixo de rotação da Terra. ***Cuide para que o eixo não mude de direção*** e se mantenha sempre inclinado em relação à perpendicular ao plano da órbita. Considere também, como é convencional, que o norte esteja “para cima”, e lembre-se que, olhando do norte (ou seja, “de cima”) o sentido da translação da Terra é anti-horário (se olhássemos do sul, o sentido se inverteria, ou seja veríamos a Terra girando no sentido horário). Cada uma das pessoas do grupo deve efetuar este movimento com o modelo e mostrá-lo às colegas e ao professor. Preste muita atenção, você verá que não é tão fácil realizá-lo da maneira correta!...

As estações do ano

Agora que você já conseguiu representar de maneira correta, através do modelo da bola de isopor e da lâmpada, o movimento anual que a Terra descreve em torno do Sol, fica fácil entender porque ocorrem as estações do ano. Repare que, devido à inclinação do eixo da Terra e ao fato de que sua direção se mantém fixa, há certos momentos, ao longo do ano, em que a Terra fica numa posição em que o hemisfério norte é mais iluminado pelo Sol do que o hemisfério sul; e há outros momentos em que, pelo contrário, é o hemisfério sul que recebe mais luz solar do que o hemisfério norte. De fato, durante cerca de metade do ano o hemisfério norte estará sendo mais iluminado que o sul e, na outra metade, ocorre exatamente o inverso. Tente perceber isso através do modelo da bola de isopor e da lâmpada e, a seguir, usando novamente o modelo, responda à questão abaixo:

7.11. Identifique o(s) ponto(s) da órbita da Terra em que:

- (a) O hemisfério norte estará recebendo o máximo de iluminação do Sol.
- (b) O hemisfério sul estará recebendo o máximo de iluminação do Sol.
- (c) O hemisfério norte estará recebendo o mínimo de iluminação do Sol.
- (d) O hemisfério sul estará recebendo o mínimo de iluminação do Sol.
- (e) O sol estará iluminando por igual o hemisfério sul e o norte.

Mostre ao professor o resultado a que seu grupo chegou e faça um desenho representando o Sol, a órbita da Terra e a Terra, com seu eixo, em cada uma das posições acima.

Como a luz solar é a principal responsável pelo aquecimento da Terra, quando o hemisfério norte é mais iluminado que o sul, isto significa que ele estará sendo mais aquecido pelo Sol do que o sul. Depois, invertendo-se a situação, na época do ano em que o hemisfério sul estiver sendo mais iluminado que o norte, ele é que estará sendo mais aquecido. Evidentemente esta variação cíclica no aquecimento maior ou menor de cada um dos hemisférios afetará o clima destas regiões. Haverá uma época do ano que será mais quente e outra que será mais fria em cada um dos hemisférios, surgindo assim as estações do verão e do inverno em cada um deles. Note que estas estações sempre ocorrerão de uma maneira inversa quando se compara os dois hemisférios: quando for verão no hemisfério norte, será inverno no sul, e, quando for verão no hemisfério sul, será inverno no norte, pois, como você deve ter verificado ao responder à questão 7.10, no mesmo ponto da órbita em que o hemisfério norte recebe o máximo de iluminação do Sol, o hemisfério sul recebe o mínimo e vice-versa. As estações da primavera e do outono corresponderão às épocas de transição entre o verão e o inverno: a primavera precede o verão e, o outono, o inverno. A única diferença entre outono e primavera é o sentido da variação do aquecimento produzido pelos raios solares: na primavera o aquecimento do hemisfério vai aumentando enquanto que, no outono, ele vai diminuindo, o que já representa, para os seres vivos, por exemplo, uma enorme diferença.

Como o aumento de temperatura, principalmente das águas dos oceanos, provocado pela absorção do calor transmitido pelos raios solares não é imediato, mas sim gradual, geralmente a época mais quente do ano, em cada um dos hemisférios, não ocorrerá exatamente nos dias em que a iluminação solar é máxima, mas sim um pouco depois. Por exemplo, o Sol estará na posição em que a iluminação do hemisfério sul é máxima por volta do dia 22 de dezembro, enquanto que os dias mais quentes do ano neste hemisfério geralmente não ocorrerão em dezembro, mas sim em janeiro ou fevereiro, quando a iluminação já é um pouco menor porém o efeito cumulativo do aquecimento do hemisfério

é maior. Oficialmente, o dia em que o Sol atinge a posição em que seus raios estarão produzindo a iluminação máxima de um dos hemisférios, e, portanto, a iluminação mínima do outro, marcará o início do verão no primeiro hemisfério, e do inverno no segundo. Os dois dias do ano em que o Sol estiver iluminando por igual os dois hemisférios marcarão o início do outono no hemisfério em que era verão, e da primavera, no hemisfério em que era inverno. Em geral as datas em que isso ocorre são:

- 22 de dezembro: máxima iluminação do hemisfério sul e mínima do norte → início do verão no hemisfério sul e do inverno no hemisfério norte;

- 21 de março: iluminação por igual dos dois hemisférios → início do outono no hemisfério sul e da primavera no hemisfério norte;

- 21 de junho: iluminação máxima do hemisfério norte e mínima do sul → início do verão no hemisfério norte e do inverno no sul;

- 23 de setembro: iluminação por igual dos dois hemisférios → início da primavera no hemisfério sul e do outono no hemisfério norte.

As vezes ocorre uma certa flutuação em torno das datas acima fornecidas (um dia a mais ou a menos) uma vez que o período de translação da Terra em torno do Sol não é exatamente de 365 dias, mas sim de cerca de 365 dias e 6 horas, o que força a introdução de um dia a mais no calendário (dia 29 de fevereiro) a cada quatro anos, nos chamados anos bissextos, justamente para compensar as 6 horas a mais do período de translação e fazer com que o início das estações permaneça sempre em torno das mesmas datas do ano (em alguns calendários antigos, como o egípcio, isto não acontecia, o que fazia com que, gradualmente, o início das estações fosse se atrasando¹⁸).

7.12. Faça um novo desenho representando o Sol, a órbita da Terra e a posição da Terra no início de cada uma das quatro estações ano (não esqueça de indicar corretamente a posição do eixo). Indique, no desenho, o trecho da órbita que corresponde à duração de cada uma das quatro estações.

7.13. Se o eixo da Terra fosse exatamente perpendicular ao plano de sua órbita, ainda assim ocorreriam as estações do ano, por quê? Verifique isso usando o nosso modelo.

¹⁸ O calendário egípcio é discutido por Boczek, 1984, p.12-14.

Equinócios e solstícios:

Na seção anterior, trabalhamos o tema “estações do ano” usando um modelo em que representávamos a Terra e o Sol e adotávamos **o ponto de vista de um observador que estivesse no espaço**, olhando a órbita da Terra em torno do Sol de fora da Terra. Nesta seção discutiremos o mesmo assunto só que agora sob **o ponto de vista de um observador que está sobre a superfície da Terra**, que é, evidentemente, o ponto de vista a que estamos presos e de onde foram feitas todas as nossas observações do céu ao longo do curso. Isto será muito interessante, pois assim aproveitaremos a experiência que você já adquiriu na observação do Sol (lembra que, dentre as atividades para casa que sugerimos, estavam a observação da variação da sombra de um vareta ao longo do dia e o registro das posições de nascimento e ocaso do Sol e de como elas variavam com o passar das semanas?). Iremos descrever o movimento “aparente” que o Sol realiza no céu ao longo do ano (onde, por movimento “aparente” queremos dizer o movimento do Sol como ele é visto quando observado aqui da superfície da Terra, tendo como referência o nosso próprio horizonte) e, mais importante ainda, iremos relacioná-lo com o que foi discutido na seção anterior, mostrando que o que se observa aqui da superfície da Terra é totalmente coerente com a explicação dada anteriormente, que considerava um ponto de vista do espaço. Ou seja, tentaremos mostrar a relação existente entre os dois pontos de vista e que eles, evidentemente, concordam um com o outro. O fenômeno é o mesmo, só o que muda é o ponto de vista.

7.14 Iniciamos o nosso curso, o ano passado, durante a **primavera**. Lembrando das observações do Sol que você fez **naquela época**, responda:

(a) Como variavam as posições de nascimento e ocaso do Sol com o passar das semanas, com relação às direções leste e oeste?

(b) Como variava a sombra mínima projetada pelos objetos na vertical, próximo ao meio-dia, com o passar das semanas?

Para um observador situado sobre a superfície da Terra, o primeiro e mais evidente movimento “aparente” do Sol é o seu chamado **“movimento diurno”**, de todos os dias nascer no lado leste, descrever um arco sobre nossas cabeças e se pôr no lado oeste. Este movimento “aparente” acha-se ligado à rotação da Terra em torno de seu próprio eixo.

A translação da Terra em torno do Sol, por sua vez, produzirá um segundo movimento “aparente” do Sol, mais lento, que irá se sobrepor ao movimento diurno. Neste segundo movimento, o Sol se desloca no céu cerca de 1° a cada dia com relação às estrelas. Embora esteja essencialmente ligado à translação da Terra, este segundo movimento “aparente” do Sol será influenciado pelo fato de o eixo de rotação terrestre ser inclinado e manter fixa a sua direção ao longo do ano: além de se deslocar todos os dias de oeste para leste com relação às estrelas, porque o sentido da translação da Terra é anti-horário, a inclinação do eixo fará com que o Sol também se movimente um pouco do norte para o sul, durante metade do ano, e do sul para o norte, durante a outra metade, o que está estreitamente ligado ao fenômeno das estações do ano, como veremos a seguir em detalhe.

7.15. Você saberia dizer por que, no movimento “aparente” relacionado à translação da Terra, o Sol se desloca justamente cerca de 1° a cada dia com relação às estrelas?

Tomemos como referência o nosso hemisfério, o sul: durante a primavera, além de diariamente nascer, aproximadamente, a leste e se pôr a oeste, podemos observar que, gradualmente, o Sol vai se deslocando cada vez mais para o sul e passando cada vez mais alto no céu. Próximo do meio-dia ele vai se aproximando cada vez mais do zênite e as sombras dos objetos verticais vão se tornando cada vez menores com o passar dos dias. (Isso tudo pode ser facilmente verificado através da experiência do gnômon.) Também o tempo que o Sol fica acima do horizonte vai se tornando cada vez maior, fazendo com que a duração do dia vá aumentando e, a da noite, diminuindo. Em verdade, como anteriormente mencionamos, o sol nasce apenas “aproximadamente” a leste e se põe “aproximadamente” a oeste, pois, no meio da primavera, ele já se acha deslocado em direção a sul tanto no seu nascimento como no ocaso. Este deslocamento em direção ao sul aumenta a cada dia de primavera que passa, até que, no dia que marcará **o fim da primavera e o início do verão** (o que costuma ocorrer no dia 22 de dezembro) ele atingirá o seu máximo afastamento ao sul do equador. Neste dia, o Sol pára de se mover em direção ao sul e retorna, passando a mover-se em direção ao norte. Este instante da “parada”, que corresponde ao máximo afastamento do Sol em direção ao sul, em que a iluminação dos raios solares e a duração do dia, no hemisfério sul, serão máximas, é denominado **“solstício”**, palavra cuja origem latina (*solstitiu*) significa “sol estático”. Após este dia o Sol começará a retornar gradualmente, dia após dia, em direção ao norte, invertendo o sentido deste seu movimento aparente. Tudo isso nada mais é, evidentemente, do que uma consequência da inclinação do eixo da Terra, com relação à perpendicular ao plano de sua órbita, e de a Terra estar descrevendo uma órbita em torno do Sol, como verificaremos na prática sugerida a seguir. Devido à translação e à inclinação do eixo, para um observador situado na superfície da Terra, o Sol gradualmente muda sua posição de nascimento e ocaso e a posição do arco que aparentemente ele descreve no céu, sobre nossas cabeças, durante o dia.

(Observação: Cuidado! Não pense que a “parada” do Sol a que acima nos referimos significa que o Sol de fato pára de se mover no céu, pois o seu movimento diurno de nascer no lado leste e se pôr no lado oeste, ligado à rotação, sempre permanece! A “parada” de que estamos falando se refere apenas ao outro movimento, o de deslocamento gradual que o Sol fazia em direção ao sul, associado ao movimento de translação da Terra e ao seu eixo inclinado. Lembre que o movimento “aparente” do Sol no céu é, na verdade, o resultado da superposição destes dois movimentos “aparentes” básicos, um ligado à rotação e o outro à translação da Terra.)

7.16. Verifique, usando o modelo da bola de isopor e da lâmpada, o que acima foi dito com relação ao gradual deslocamento do Sol em direção ao sul durante a primavera. Para tanto, coloque um alfinete aproximadamente na posição em que nos encontramos no hemisfério sul, representando um observador nesta posição. Será necessário imaginar qual seria o plano do horizonte deste observador e onde ficariam os pontos cardeais para ele. Para concretizar melhor esta idéia, recorte um pedaço pequeno de papel, trace duas perpendiculares sobre ele, para indicar as direções norte-sul e leste-oeste e prenda-o sobre a bola de isopor com o alfinete que representa o observador, tendo o cuidado de orientar corretamente o papel. Assim o plano do pedaço de papel pode representar concretamente o plano do horizonte do observador e ainda você terá indicada a posição dos pontos cardeais. Depois compare como fica a posição do Sol no nascer e no ocaso em diversas posições do trecho da órbita da Terra correspondente à primavera no hemisfério sul. Em especial compare as posições correspondentes ao início e ao final da primavera. Se você fincar o

alfinete que representa o observador bem na direção do raio da bola de isopor, você poderá verificar também como varia o tamanho de sua sombra ao meio-dia e conferir se o que foi dito acima a respeito de sua variação está certo. Esta atividade é complexa, porque implica num alternância de ponto de vista e referencial, em caso de dúvida peça auxílio ao professor.

Continuando no acompanhamento do movimento “aparente” do Sol no céu do hemisfério sul ao longo do ano, verificaremos que, após o solstício de verão, quando ele atinge o máximo deslocamento em direção ao sul, o Sol vai gradualmente retornando para o norte. Passa a nascer e a se pôr cada vez mais próximo do leste e oeste verdadeiros, o tamanho das sombras ao meio-dia vai aumentando, a duração do dia vai diminuindo e, a da noite, aumentando, até que, num certo dia que marcará **o fim do verão e o início do outono** no hemisfério sul (em geral, dia 21 de março), o Sol nascerá exatamente a leste e se porá exatamente a oeste. Neste dia o Sol estará passando precisamente sobre o equador da Terra, dirigindo-se do hemisfério sul para o norte, ficando exatamente doze horas acima do horizonte e doze abaixo, ou seja, a duração do dia será igual à do noite. Este instante é chamado de **“equinócio”**, palavra cuja origem latina significa, apropriadamente, igualdade do dia e da noite. Ele marcará o momento exato da passagem do Sol de um hemisfério para outro, ou seja, a transição entre a região da órbita da Terra em que o Sol iluminava mais o hemisfério sul para aquela em que ele iluminará mais o hemisfério norte.

7.17. Usando o modelo da prática anterior, verifique que, na posição do equinócio, em que o Sol nasce exatamente a leste e se põe a oeste, ele realmente fica sobre o plano do equador da Terra e ilumina igualmente seus dois hemisférios.

Após o equinócio de outono do hemisfério sul, o Sol continuará movendo-se em direção ao norte, gradualmente, dia após dia, fazendo com que suas posições de nascimento e ocaso se afastem cada vez mais em direção ao norte, as sombras ao meio-dia tornem-se cada vez maiores, as horas de dia diminuam, as de noite aumentem; até que, num certo dia (geralmente, 21 de junho) o Sol atingirá o seu máximo afastamento ao norte do equador. Este instante marcará **o fim do outono e o início do inverno** no hemisfério sul e será chamado novamente de **“solstício”**, pois novamente o Sol irá parar o movimento que fazia, agora em direção ao norte, e irá invertê-lo, voltando a se deslocar para o sul.

Após o solstício de inverno, o Sol gradualmente irá retornando para o sul, suas posições de nascimento e ocaso irão gradualmente se aproximando do leste e oeste verdadeiros, as sombras ao meio-dia irão diminuindo, as horas de dia aumentando, até que, num certo dia (em geral, 23 de setembro), que marcará **o fim do inverno e o início da primavera** no hemisfério sul, novamente o Sol nascerá exatamente a leste e se porá exatamente a oeste e as horas de dia serão exatamente iguais às de noite. Teremos um novo **“equinócio”**. O Sol novamente estará passando precisamente sobre o equador da Terra, só que agora no sentido do hemisfério norte para o sul.

Com o início da primavera se completará o ciclo anual do segundo movimento “aparente” do Sol no céu, ligado à translação da Terra, mas que sofre a influência do fato de o eixo terrestre ser inclinado.

Na descrição que fizemos acima tomamos como referência o nosso hemisfério, o sul, porém, evidentemente, no hemisfério norte ocorre uma sequência totalmente análoga de eventos, só que defasada de seis meses: quando para nós é verão, para eles é inverno;

quando para nós é outono, para eles é primavera e vice-versa; quando para nós está aumentando as horas de dia e diminuindo as de noite, para eles estão diminuindo as de dia e aumentando as de noite, quando as sombras ao meio-dia aumentam para nós, para eles diminuem, e assim por diante...

Note também que **existem dois solstícios e dois equinócios**: há o solstício de verão e o de inverno, marcando, respectivamente, o início de cada uma destas estações; há o equinócio de primavera e o de outono, marcando também o início de cada uma delas. Repare novamente que, com relação ao hemisfério norte, as coisas se invertem: o solstício que para nós é de verão para eles é de inverno, o equinócio que para nós é de primavera para eles é de outono e vice-versa.

7.18. Verifique, usando o mesmo modelo da atividade 7.15, o que acima foi dito com relação ao gradual deslocamento do Sol em direção ao sul ou ao norte durante as demais estações do ano, além da primavera. Observe também como varia a sombra do alfinete ao meio-dia. Mostre o resultado ao professor.

7.19. Faça um desenho representando o Sol, a órbita da Terra e a Terra, com seu eixo, em cada uma das quatro posições correspondentes aos solstícios e equinócios. Indique em cada uma das posições quais são as estações que se iniciam em cada um dos hemisférios.

7.20. No dia do solstício de verão do hemisfério sul, o Sol atinge o seu máximo deslocamento ao sul do plano do equador terrestre (cerca de $23,5^\circ$). Neste dia, sobre qual paralelo da Terra os raios solares incidirão exatamente a pino, isto é, na vertical, ao meio-dia?

Responda novamente às questões iniciais: 7.1 a 7.9