

Pesquisa em Ensino de Física

Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos (*A course of astronomy and the students' preconceptions*)

Anne Louise Scarinci¹ e Jesuína Lopes de Almeida Pacca²

Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 14/6/2005; Aceito em 25/11/2005

O presente artigo descreve os resultados obtidos em um curso de ciências para alunos da 5^a série de Ensino Fundamental, que teve como meta levar os alunos à compreensão de fenômenos ligados à astronomia, bem como desenvolver competências para uma autonomia cidadã. O programa utilizou uma metodologia de natureza construtivista, com base nos seguintes parâmetros: *i*) O ponto de partida são as pré-concepções dos elementos do grupo, identificadas em pesquisa previamente realizada; *ii*) A aplicação da proposta de ensino desenvolve-se com base em múltiplas estratégias, incentivando a participação interativa do grupo de alunos; *iii*) A construção e aplicação do conteúdo científico são conseguidas através de tarefas práticas, com ampla variedade na escolha de meios e materiais; *iv*) a metacognição é estimulada ao longo do trabalho e considerada uma atividade regular; e *v*) as pré-concepções dos alunos são evidenciadas, analisadas e discutidas pela professora junto aos elementos do grupo, fazendo com que o conteúdo científico seja (re)construído em conjunto. Como resultado da aplicação desse programa, registramos evidências de uma aprendizagem significativa dos conceitos, e uma evolução dos alunos em direção a metas de aprendizagem como a autonomia, a autoconfiança e a capacidade de raciocínio e de reflexão.

Palavras-chave: pré-concepções dos estudantes, conceitos em astronomia, ensino de astronomia.

The article describes the results obtained in a science course for students of fifth grade of middle school, with the aim of leading students to the comprehension of phenomena related to astronomy, as well as developing skills that foster a citizenly autonomy. The program utilized a constructivist methodology, based on the following parameters: *i*) the starting point is the preconceptions of the elements of the group, identified in previous research; *ii*) the carrying of the teaching proposal develops through multiple strategies, encouraging interactive peer participation; *iii*) The construction of the scientific knowledge is achieved through practical activities, with a wide variety of means and materials; *iv*) metacognition is stimulated throughout the program and considered a regular activity; and *v*) the students' preconceptions are brought to evidence, analyzed and discussed by the teacher with the students, making that the scientific knowledge be (re)constructed by the group altogether. As a result of the program, we registered evidences of significative learning of the concepts and an evolution of the students in the direction of objectives of learning such as autonomy, self-confidence and reasoning abilities.

Keywords: students preconceptions, concepts in astronomy, astronomy teaching.

1. Introdução

A astronomia - ou a ciência que trata dos astros e dos fenômenos celestes que envolvem toda a nossa vida e que podem ou não ser explicados - faz parte da curiosidade do senso comum e também da grande motivação e busca constante de conhecimento pelos cientistas astrônomos.

Quase sempre reservado ao ensino no nível fundamental, esse conteúdo está geralmente dentro da ementa de geografia e, por isso, raramente é tratado com foco no formalismo matemático que descreve os fenômenos ou na teoria física que os sustenta. Seria fácil contar com o interesse que alguns desses fenômenos despertam nas crianças, mas parece que muitos professores

não estão preparados para ir adiante de uma descrição, muitas vezes incorreta, e mais ainda, de uma explicação com fundamento científico.

O interesse presente no senso comum de modo geral nos mostra que os indivíduos não só querem conhecer melhor os fenômenos astronômicos, mas que também têm explicações pessoais para o que ocorre. Na escola é fácil ouvir das crianças que já estudam ciências (do currículo) explicações para as estações do ano, dia e noite, eclipses, estrelas e constelações, outros planetas, universo, etc.; são explicações que estão longe das aceitas cientificamente, mas que deverão evoluir para estas ao longo da aprendizagem. O papel do professor é encontrar os meios adequados para isso ocorrer.

Consideramos que o ensino de ciências que parte

¹E-mail: anne@if.usp.br. ²E-mail: jesuina@if.usp.br.

das idéias prévias dos alunos pode ser estratégia interessante e possui algumas vantagens. Por um lado, dá oportunidade para que os próprios educandos coloquem em evidência as suas incoerências na forma de pensar e, com isso, propicia o surgimento de problemas significativos que os mesmos tentarão resolver. Adotando uma concepção vigotskiana, a formação de conceitos exige a participação efetiva do sujeito na sua construção, pois “é um processo criativo, e não um processo mecânico e passivo” ([1], p. 67). Dessa forma, para que o aprendizado ocorra, “deve surgir um problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos”. O aprendizado desencadeado a partir das concepções espontâneas e do conflito cognitivo terá como ponto de partida questões internas dos alunos, o que é essencial para que se assegure a formação, pelos aprendizes, dos conceitos científicos.

Por outro lado, acreditamos que o processo metacognitivo² é favorecido quando os alunos se dão conta de suas concepções e do conflito que existe entre estas e as informações que recebem e crêem verdadeiras [3]. Em astronomia, particularmente, os alunos já detêm uma grande quantidade de informações sobre os astros e seus movimentos: na 5ª série do Ensino Fundamental, todos já costumam estar de acordo que o Sol é uma estrela e que não se move (em torno da Terra), que a Terra tem movimentos de rotação e de translação ao redor do Sol, que a Lua gira ao redor da Terra, etc. O que eles não conseguem é conectar essas informações com as outras que vivenciam no mundo real à sua volta, de modo a criar uma estrutura mental coerente para explicar os fenômenos.

Na tentativa de produzir essas conexões, as crianças elaboram concepções intuitivas, porém incompletas ou erradas do ponto de vista da ciência, e que dão conta apenas de eventos e informações particulares. Essas concepções espontaneamente produzidas pelas crianças estão aquém do nível do consciente e, caso trazidas à luz da análise objetiva, entram em choque entre si e com as informações de origem científica divulgadas pela cultura - com as quais as crianças já tomaram contato. Em outras palavras, as concepções espontâneas das crianças, se evidenciadas para/por elas mesmas, se mostrarão (às próprias crianças) insuficientes para dar coerência aos fenômenos observados [4, 5].

A literatura de pesquisa em ensino de ciências e também nossa experiência de sala de aula mostram que as crianças possuem várias idéias conflitantes com relação aos astros e seus movimentos [6, 7, 8, 9]. Apesar de falarem, com segurança, que a Terra é redonda, não conseguem se imaginar vivendo “de cabeça para baixo” na superfície de uma esfera. Da mesma forma, citam o Sol como uma estrela, mas o imaginam de natureza muito diferente das outras estrelas que vêem à noite. O livro didático também amiúde apresenta

ilustrações em perspectivas obscuras ou textos que se tornam pouquíssimo esclarecedores ou mesmo confusos aos alunos que ainda não detêm o aparato mental científico de pensamento para análise dos fenômenos astronômicos.

Com base nesse quadro, pensou-se em um ensino de astronomia partindo das concepções espontâneas dos alunos. Isso não pressupõe somente detectá-las, mas também - e principalmente - usá-las como um auxílio na (re)construção do conhecimento, de maneira que a criança possa por si própria percorrer o caminho rumo à concepção científica. Uma grande vantagem dessa opção pedagógica, além da maior garantia de ocorrência de aprendizagem real, é o incentivo à autonomia do sujeito para o seu aprendizado.

Um dos domínios em que se encontra (e se desenvolve) a autonomia é na construção da razão, pois “o pensamento racional é, entre outras coisas, fruto da abstração reflexiva, ou seja, do esforço que o sujeito faz para pensar o seu próprio pensar” ([10], p. 112). O indivíduo é autônomo quando ele usa a razão para estabelecer suas certezas (*ibid*). Quando as crianças percebem que a mudança conceitual está partindo delas pelo seu próprio esforço no uso da razão, tornam-se mais confiantes do seu próprio raciocínio.

2. Uma metodologia para o desenvolvimento do curso

O curso foi inicialmente aplicado em uma escola bilíngüe, na 5ª série do ensino fundamental, em uma classe da faixa etária de dez a onze anos. A escola que sediou a pesquisa funciona em período integral, de forma que para todas as disciplinas dispõe-se de um tempo maior que o estipulado pelo MEC e regularmente usado. Por esse motivo, o tema pôde se estender por 54 horas-aula. Os tópicos programados para todo o curso estão resumidos na tabela que se segue.

Tabela 1 - Resumo dos conteúdos programados no curso.

1	Vertical absoluta / relativa;
2	Movimento absoluto / relativo, referencial;
3	Dia e Noite, regularidade, causas;
4	Fases da Lua;
5	Estações do ano: definição e regularidade, causas, paralelos geográficos astronômicos;
6	Diferentes durações do dia e da noite por causa da inclinação do eixo da Terra, e relação com as estações do ano;
7	A face oculta da Lua - Rotação da Lua;
8	Eclipses e inclinações nos eixos de translação;
9	A força da gravidade e as órbitas dos objetos astronômicos;
10	Outros objetos astronômicos: planetas, estrelas, constelações, meteoros, asteróides, cometas, buracos negros, etc; ciclo de vida estelar;
11	Fenômenos de paralaxe na determinação das distâncias;
12	Teorias sobre o surgimento do universo.

²Pensar sobre o pensar, “tornar-se consciente das estratégias de aprendizagem a que se recorre para (re)construir os conceitos” ([2], p. 85).

As atividades dos alunos estavam apoiadas no desenvolvimento de um projeto pedagógico, com o título de *The Solar System and Beyond - O Sistema Solar e Além Dele*. Foi desenvolvido em três partes: a identificação das pré-concepções dos participantes, o estudo dos fenômenos astronômicos elementares (tópicos 1 a 6 da Tabela 1), e a discussão de outros eventos astronômicos e conceitos de interesse (tópicos 7 a 12). Entre a segunda e a terceira parte do curso, houve uma saída de estudos para observação do céu noturno.

Para a primeira e segunda partes do curso, foram disponibilizados e largamente usados materiais como bolas de isopor (de diversos tamanhos), massa de modelar (com a qual os alunos construiriam os astros e seres habitantes da Terra), barbantes (delimitando partes significativas, por exemplo, a parte iluminada da Lua), palitos de madeira (para representar os eixos de rotação) e lanterna (percepção da iluminação solar). Houve também o uso de mapas e de um globo terrestre.

Durante a saída de estudos, foram usados planisférios, lunetas artesanais, tripés, binóculos, uma câmera fotográfica manual com filme fotográfico específico para exposição noturna e lanternas cobertas por celofane vermelho, bem como guias e manuais de observação do céu noturno. Um *software* foi utilizado, previamente à saída, para a localização dos planetas visíveis, na época da observação.

A terceira parte do programa ainda contou com a gama de materiais listados anteriormente, mas, além disso, houve o acréscimo de amplo material de pesquisa bibliográfica, coletado principalmente pelos alunos.

Prevíamos para as três partes uma interação intensa entre todos, professora e alunos. Ao mesmo tempo, tínhamos a intenção de nos aproximarmos de condutas construtivistas para proporcionar situações de aprendizagem. Como salienta Santos ([11], p. 17), hoje, caminhando para um construtivismo mais maduro, já compreendemos que não podemos, no processo educativo, dispor do ensino, ou da “comunicação do patrimônio cultural construído ao longo de gerações”, contudo não deixamos de almejar a *educação*, de forma ampla e intencional, mais do que simplesmente a instrução. Com esse pensamento a autora descreve competências e caracteriza o conhecimento desejável na situação em que trabalhamos.

Educar pressupõe pensar na formação do cidadão, autônomo, analítico e crítico, e também solidário, afetivo e ético. Pesquisadores defendem que o desenvolvimento das **competências do pensar** - não do pensar simplesmente, mas do pensar bem, ou pensar certo, nas palavras de Paulo Freire - através do currículo escolar, é um importante passo na construção da cidadania [11].

Das competências do pensar citamos, dentre outras, as habilidades de (re)conceitualizar situações, resolver problemas, buscar soluções inovadoras e adequadas, tomar decisões e aplicar eficientemente o conhecimento. Uma melhor aprendizagem também acontece quando o

sujeito torna-se “consciente da sua capacidade e dos procedimentos deliberadamente estruturados para ativar e mobilizar suas competências” (*ibid*, p. 84). A isso dá-se o nome de metacognição.

A metacognição é uma estratégia de autoconhecimento e de fomento à **autonomia**, pois permite ao aprendiz conscientizar-se e psicanalisar seus pensamentos primeiros [12], verbalizar as dificuldades que encontra e afastar-se da inércia do “não sei” ou do “não sou capaz”. A metacognição também pode ser grupal, quando, através da interação social, o sujeito tem a oportunidade de confrontar seu pensamento com o dos outros.

Assim, a comunicação é uma parte importante do ato educativo. Dentro de uma educação dialógica, há espaços que encorajam a exposição e defesa de opiniões e também a discussão e a negociação de consensos. O aprendiz percebe que seus pontos de vista nem sempre são lógicos ou válidos, mas percebe também a importância de expô-los para que o conhecimento correto seja alcançado com mais firmeza. Desta forma, mesmo quando o educando sente dificuldades em expressar-se, a presença do professor clarificando ou elucidando seus pensamentos o estimula à **autoconfiança**.

Na dimensão dos conceitos científicos, a avaliação do aprendizado deverá verificar a ocorrência de mudança conceitual. Isso significa verificar não somente se os alunos conseguem fornecer as explicações científicas para as causas e ocorrências dos fenômenos, mas também se conseguem confortavelmente operar com esses conceitos, usando-os para prever ou explicar situações novas, diferentes das trabalhadas de forma sistemática. Isso garante, por exemplo, que os conceitos não foram somente memorizados, mas que foram internalizados e se tornaram ferramenta disponível ao raciocínio.

No modelo de aprendizagem por mudança conceitual, espera-se do indivíduo um papel ativo no processo da reconstrução do conhecimento, bem como dos instrumentos para adquiri-lo, de modo que o encorajamento da autonomia do aprendiz também é desejável sob esse enfoque. Mudar não é fácil, pois qualquer idéia, além de ser um componente afetivo da identidade do sujeito, está articulada de uma forma complexa a muitas outras idéias. A autoconfiança adquirida pelo aluno o ajudará a enfrentar as novas situações que tem a compreender.

Podemos, portanto, acrescentar ao ensino do conteúdo algumas outras categorias da aprendizagem na ótica do construtivismo, entre elas o desenvolvimento das qualidades do pensar, da autonomia e da autoconfiança.

Iniciado o curso que propomos analisar neste artigo, a primeira tarefa da professora procurava evidenciar as concepções dos seus alunos. Como pano de fundo, já contávamos com resultados organizados da literatura específica.

2.1. Concepções espontâneas em astronomia

As crianças podem apresentar uma gama de concepções alternativas para explicar os fenômenos astronômicos, segundo um grande número de pesquisas já realizadas e disponíveis nas publicações. Em relação ao formato da Terra, as noções variam desde a de uma Terra plana, cilíndrica ou semi-esférica, até uma Terra esférica, porém ainda dispondo os seres vivos no “lado de cima”. A dificuldade de conciliar a informação de que “a Terra é redonda” com a vivência cotidiana parece dever-se principalmente à adoção do referencial absoluto de queda dos corpos no universo. Assim, a representação da “redondeza” da Terra precisa se associar a um chão absoluto para onde tudo cai, como nas ilustrações da Fig. 1, apresentadas por Nussbaum [8].

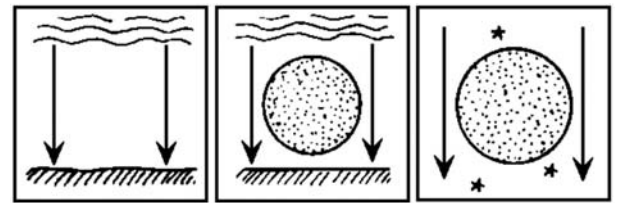


Figura 1 - Pré-concepções sobre o referencial de queda dos corpos [8].

Sobre os movimentos dos astros que ocasionam a sucessão dia-noite, uma concepção comum entre as crianças de 5ª série é a de translação diária da Terra em torno do Sol. Além desta, relacionamos outras no diagrama da Fig. 2, conforme notadas por Baxter [6].

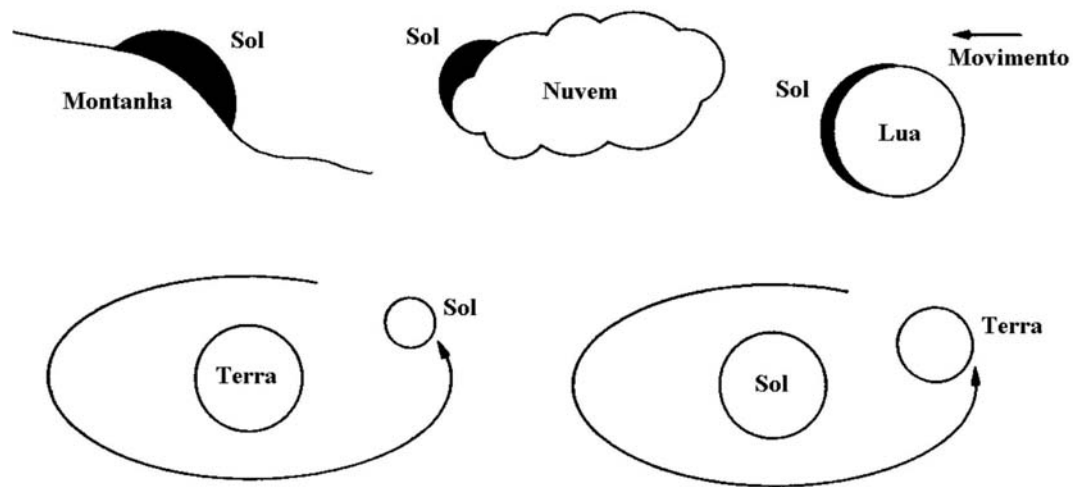


Figura 2 - Pré-concepções sobre o dia e a noite.

Nessa mesma pesquisa, aparecem algumas outras pré-concepções freqüentes relacionadas com o sistema Terra-Lua-Sol: sobre as estações do ano, os alunos costumam relacionar as diferenças de temperatura verão-inverno à distância entre o perigeu e o apogeu terrestre. Quanto aos movimentos da Lua, mesmo quando o aluno consegue corretamente resolver o movimento diário aparente de rotação do Sol em torno da Terra, mantém a explicação de que a Lua revoluciona diariamente em torno da Terra. As fases da Lua são geralmente explicadas através de sombras produzidas no satélite pela Terra ou pelo Sol. Quando solicitados a representar conjuntamente os movimentos Terra-Lua-Sol, os alunos com freqüência descrevem para a Lua um movimento planetário.

2.2. A primeira parte do curso

Para a identificação das idéias prévias dos alunos, foi aplicado um questionário a ser respondido por escrito,

com as questões a seguir:

- 1 Por que a Terra não cai? Explique.
- 2 Como o Sol se move durante o dia? Explique.
- 3 Você está na Lua durante 24 horas. Como você vê a Terra e o Sol? Explique.
- 4 Você está na casa (desenhada), ao meio dia. Desenhe a Terra, o Sol, a Lua e as estrelas.
- 5 Agora desenhe à meia-noite.

Com base nas respostas desse questionário, a professora conduziu uma discussão em grupos de 4 e 5 alunos, com o objetivo de clarear dúvidas das respostas dos questionários, e também para evidenciar para os próprios alunos as suas idéias e as contradições. Na discussão foram disponibilizados materiais diversos no intuito de ajudar os alunos na descrição e explicação dos fenômenos. Os alunos foram incentivados a anotar suas dúvidas e questionamentos, para tê-los como um guia de aprendizagem, pois nessa parte as perguntas não foram respondidas pela professora. A discussão foi gravada em áudio e um trecho transcrito e traduzido encontra-se a seguir.

P - Então ela [a Lua] se move ao redor da Terra e do Sol?

A1 - Sim.

P - Como? Você pode mostrar os dois [movimentos] ao mesmo tempo?

A1 - Assim [Faz o movimento da Lua e da Terra ao redor do Sol, com aquela sempre atrás da Terra]. Não, mas assim... então ela não se move ao redor da Terra, só do Sol. Não, eu não sei se ela se move ao redor da Terra.

A2 - Se move sim. A Terra anda mais para lá e a Lua dá a volta [Conserva a Terra e o Sol imóveis e faz o movimento da Lua ao redor da Terra. Depois, move a Terra de cerca de quarenta e cinco graus ao redor do Sol, com a Lua estática, freia a Terra e dá outra volta com a Lua].

A1 - É, mas aí a Lua iria aparecer de dia.

A2 - Ah, é.

A3 - Posso falar, professora? - Eu acho que a Lua dá a volta na Terra de noite. De dia é o Sol. Assim [Faz o movimento descrito].

P - De dia o Sol o quê?

A3 - De dia ele dá a volta.

A2 e A4 - Mas ele não se move!

A3 - Ah, eu não sei.

2.3. A segunda parte do curso

Nesta, foram trabalhados os movimentos no sistema Terra-Sol-Lua e os fenômenos decorrentes - o dia e a noite, as estações do ano e as fases da Lua (trechos de algumas dessas aulas estão exemplificados e analisados no próximo item). O objetivo era ensinar conteúdos científicos a eles relacionados. Foram discutidas também as causas para a diferença de duração do dia e de luminosidade em diferentes áreas do planeta e sua relação com a delimitação do equador, dos trópicos e dos círculos polares, e abordada a questão dos referenciais para descrição dos movimentos. Para estimular a verbalização e a construção de uma explicação própria dos alunos, nesse período foram “confiscados” os livros didáticos. Mais tarde percebemos que essa ação tinha proporcionado resultados importantes e significativos para a aprendizagem que almejávamos.

A palavra *ensinar* um conteúdo pode, para alguns, trazer consigo uma conotação negativa de abordagem tradicional ou de aula expositiva. Esclarecemos aqui que a aula expositiva foi utilizada, sim, e considerada apropriada em determinados momentos; da mesma forma que foram utilizadas outras abordagens, como modelagens seguidas de explicação de um aluno sobre sua hipótese, debates, discussões em grupos e com a classe, atividades individuais escritas, etc. As estratégias foram escolhidas dentro da finalidade maior de “enculturar” o aluno [5] nos conceitos científicos de astronomia, ou seja, de *ensinar* astronomia; além de

dar oportunidade para debater e refletir diante do conflito com o conhecimento já estabelecido.

Após a apresentação e discussão dos fenômenos astronômicos básicos e suas causas, foi feita uma saída de estudos para observação direta do céu noturno. Para essa saída, foi pesquisada (pelos alunos, sob orientação da professora) a data mais propícia e as razões para sua escolha (Lua minguante ou nova, para melhor observação das estrelas e planetas visíveis), e conforme as atividades planejadas, foi elaborada a lista dos materiais necessários.

No local, as atividades constituíram-se de observações e registros de ocorrências sobre o que se desenrolou no céu noturno. Com a câmera, um grupo de alunos tirou uma foto de longa exposição³ das estrelas, com o intuito de perceber o seu movimento relativo de rotação ao redor da Terra e de comparar a foto com uma similar tirada no hemisfério Norte. Os alunos ainda observaram algumas constelações e a Via Láctea (com ajuda do planisfério) e também objetos imprevistos, como satélites artificiais e “estrelas cadentes”. Com a luneta, foi possível a observação de uma lua em Júpiter, que causou grande empolgação, apesar da grande dificuldade na focalização do astro pela luneta. Os alunos relacionaram os movimentos relativos das estrelas com a rotação da Terra e a luminosidade visível da Lua com a posição do Sol. Parte das observações eram sugeridas pelo professor, mas os alunos também perceberam várias curiosidades, que anotaram para uma discussão posterior já anunciada.

2.4. A terceira parte do curso

De volta à sala de aula, passou-se novamente à discussão dos registros e das idéias elaboradas durante a observação do céu noturno com a retomada das concepções e explicações anteriores e, por fim, ao estudo de fenômenos considerados mais complexos, como os eclipses, e de movimentos de outros astros, como planetas, cometas, satélites artificiais e estrelas. Foram também feitas pelos alunos pesquisas e apresentações sobre buracos negros, ciclos das estrelas e teorias do surgimento do universo; estas sugeridas por eles.

As estratégias de ensino nessa terceira parte contaram com uma ocorrência maior de aulas expositivas. Além disso, houve grande utilização de material de leitura. Os alunos voltaram a usar o livro didático e passaram a uma leitura crítica; perceberam nele, como nas outras fontes de pesquisa, figuras e textos pouco explicativos para um leitor que “não sabia astronomia ainda”; especialmente as figuras do sistema Terra-Sol-Lua. Devido a isso, tiveram a iniciativa de escrever um “livro” para ensinar astronomia.

³Na longa exposição, usa-se uma câmera manual permitindo que o filme fotográfico fique exposto por vários minutos ou horas.

2.5. Avaliação

Durante os três estágios do curso, o envolvimento e a evolução das concepções dos alunos foram avaliados. Não obstante, foi realizada também uma avaliação formal ao fim do módulo, em duas etapas: uma entrevista individual, em que o aluno deveria discorrer sobre alguns fenômenos astronômicos, suas causas e regularidade, e uma prova escrita, abordando conceitos, fenômenos, sistemas referenciais e tamanhos e distâncias relativos. O livro escrito pelos alunos também serviu para fins avaliativos de sua aprendizagem e de mudança conceitual.

3. Resultados do curso: Uma metodologia para análise

3.1. Produção dos alunos e competências adquiridas

Os resultados da aprendizagem do conteúdo e do desenvolvimento pessoal dos alunos nos surpreenderam. Se de início não tínhamos a intenção de tratar o curso como pesquisa acadêmica com uma proposta já estabelecida para sistematizar as informações, percebemos posteriormente que estávamos diante de uma situação de ensino e aprendizagem valiosa porque nos permitia identificar elementos de concepções construtivistas da aprendizagem.

Nossa análise do trabalho dos alunos, suas ações, comentários e reflexões ao longo do curso, dos quais dispúnhamos de registros escritos e gravados, nos permitiram organizar os resultados, que foram interpretados segundo três dimensões de aprendizagem já explicitadas anteriormente: as competências do pensar, a autonomia e a autoconfiança.

3.2. Competências do pensar

Um dos grandes pilares do conhecimento científico, em comparação com outras formas de conhecimento, é que as informações devem ser analisadas, demonstradas e justificadas racionalmente pelo sujeito e pela comunidade, para que sejam aceitas como verdadeiras [10]. Portanto, no ensino no nível Fundamental, um dos conteúdos a serem aprendidos no curso de ciências naturais deve ser justamente o uso da razão.

A forma de abordagem do tema tomou como foco de aprendizagem (além do conteúdo de astronomia em si) o desenvolvimento do raciocínio lógico das crianças, a exposição de idéias, a formulação de hipóteses e a defesa de argumentos, contra-argumentação e busca de leis gerais. Um exemplo foi a discussão a partir da pergunta: *Onde vivemos na Terra?*. Várias hipóteses foram levantadas pelos alunos (Fig. 3) e, após registradas por escrito, foram discutidas por todos, enquanto eram trazidos argumentos a favor ou contra.

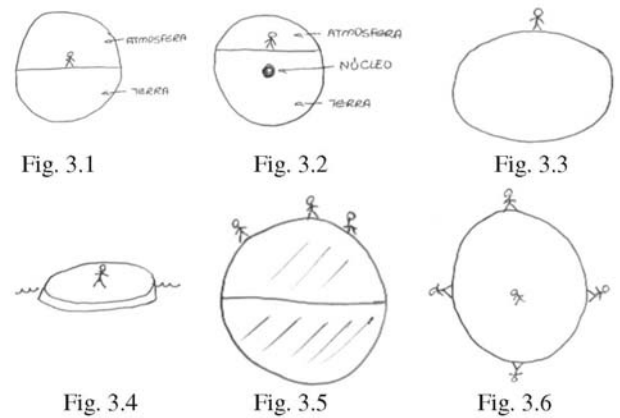


Figura 3 - Hipóteses dos alunos sobre o formato da Terra.

A hipótese 3.1, de que a Terra possui duas metades (uma sólida e outra gasosa), foi mudada para a forma da Fig. 3.2, após uma aluna lembrar que a Terra tinha um núcleo, que ficava no centro. O modelo 3.3 foi sugerido por outra aluna, sob argumento de que a Terra deveria ser inteira sólida. Esse modelo tentou, ao mesmo tempo, ser condizente com a informação, trazida por outro aluno, de que a Terra não é uma esfera perfeita, mas possui achatamentos - num dos quais os seres viveriam, segundo raciocínio dos alunos. Foi descartado a partir da lembrança de que o achatamento da Terra ocorre nos pólos - e não vivemos nos pólos. Enfim, para cada modelo proposto, os alunos procuravam informações em seu arcabouço mental para confrontar com a proposta, e desta forma, o modelo era avaliado.

Foi notável a tentativa das crianças em conciliar uma Terra redonda com um referencial absoluto de queda dos corpos. A Fig. 3.4 foi sugerida por GUI exatamente como uma saída para o problema; *Poderíamos considerar uma Terra redonda mas não esférica*, foi a resposta dada em meio às inquietações de colegas quanto a cair da Terra ao se alcançar a borda. A figura de GUI resolve o problema fazendo a queda ser para o mar.

Aparte à possibilidade não confirmada de GUI ter considerado uma Terra astronômica diferente da Terra em que vivemos (concepção já citada na literatura), observamos que seu palpite desencadeou grande movimentação na sala em busca de contra-argumentos e evidências, o que parece ter clareado a todos o tipo de problema a ser resolvido e o referencial a ser usado. Os contra-argumentos, juntamente com uma foto astronômica da Terra que LUN sacou do livro de Geografia, abriram caminho para as duas hipóteses seguintes. As Figs. 3.5 e 3.6 acabaram por fazer parte das discussões com algum apoio das informações encontradas.

Houve um grande movimento da turma como um todo em construir um modelo para a Terra (embora a noção de modelo para os alunos ainda não tivesse o significado da ciência). Percebemos a colaboração de cada aluno sendo considerada e revelando-se real-

mente importante para a construção do modelo, o que não implica que todos conseguiram chegar à concepção científica final. No caso específico de GUI e de LUN, que no teste de pré-concepções forneceram respostas bem longe dos conceitos científicos, observamos que o esforço maior estava sendo o de compreender a necessidade de construção de um modelo.

A professora procurou abster-se de fornecer as respostas, limitando-se a conduzir as discussões e a apresentar fatos e informações úteis quando a discussão emperrava. Por exemplo, os alunos não conseguiram encaminhar uma resolução mais satisfatória do conflito do achatamento da Terra nos pólos sem que lhes fosse apresentada a dimensão desse achatamento: pequena e suficiente para que a aproximação a uma esfera fosse razoável. A assunção foi de que as informações trazidas pelos alunos e pela professora deviam ser - e de fato foram - suficientes para propiciar a construção de um modelo do planeta Terra.

Consideramos aqui que o fornecimento da resposta pelo professor não é em si uma atitude errada, porém de nada valeria uma resposta em que o aluno prontamente iria acreditar - justamente por vir do professor, autoridade reconhecida pelo aluno - contudo sem compreender. Além disso, no caso específico do formato da Terra, a discussão estava sendo usada como situação-metáfora para a compreensão do referencial relativo de queda dos corpos. A compreensão do formato da Terra seria uma boa avaliação de que o conceito do referencial relativo (“as coisas caem em direção ao *centro* do planeta e esse centro é o lado de baixo”), bastante abstrato e complexo, houvera sido entendido.

A mudança de estratégia de ensino, de aulas expositivas para construção dos saberes em conjunto, a princípio suscitou na classe sentimentos de insegurança, confusão e desordem. Para amenizar as exteriorizações de insegurança a professora procurou valorizar as idéias expostas, dando atenção e fazendo comentários positivos sobre as observações dos alunos. Uma dessas situações ocorreu quando LUS⁴ timidamente apresentou o modelo 3.5, enquanto CAI já havia entendido que se tratava do modelo 3.6. A respeito, a professora comentou: “Tudo bem, CAI, mas você vai ter que dar conta de explicar algo que na proposta de LUS está mais bem resolvido: o fato de as pessoas não caírem se vivem na parte de baixo do planeta”. A intervenção da professora, ao mesmo tempo em que valorizou a concepção de LUS (não como certa, mas como razoável), instigou CAI a buscar argumentos para convencer LUS e a classe do seu modelo. Após algumas semanas, a ansiedade baixou e o interesse pelo saber superou o medo de expor ignorâncias e de “tirar notas baixas”.

⁴Conjuntos de três letras maiúsculas representam os nomes dos alunos.

⁵Piaget [14] descreve esse tipo de motivação a partir da redução de necessidades por reforços internos: o prazer funcional do sujeito quando obtém êxito com relação à sua própria atividade dedutiva.

3.3. Desenvolvimento da autoconfiança

No exemplo descrito anteriormente, percebemos que a valorização de uma idéia do aluno não necessita que o professor a “respeite” no sentido de não intervir e deixar de ajudá-lo a progredir. A autoconfiança não é desenvolvida somente ao produzirmos acertos, mesmo porque, usando a concepção freiriana, como seres inacabados invariavelmente todos cometeremos muitos erros. Desenvolvemos autonomia e autoconfiança quando sentimos que, mesmo quando erramos, estamos progredindo na direção certa [13].

Na situação a seguir, mostramos a frustração inicial de uma aluna ao não conseguir dar uma resposta convincente, mas que a médio prazo transformou-se em motivação⁵ e autoconfiança, pois a mesma criança, após algumas aulas, sentiu grande prazer ao lembrar-se da questão e desenrolar um raciocínio que a levou finalmente à resposta.

LUV, no teste escrito de pré-concepções (primeira aula sobre o tema), entrou em profundo conflito ao tentar explicar que, ao mesmo tempo em que a gravidade *faz as coisas caírem* na Terra, *não deixa a Terra cair* no espaço. Sua resposta à pergunta *Por que a Terra não cai?* foi:

“Por causa da força da gravidade. A força da gravidade é a lei* que nos faz manter no chão. É a força que não permite nada subir; se eu jogar uma caneta, ela cairá. *Lei não aprovada (Vai catar coquinho, porque você não explica)”.

A resposta irreverente de LUV no teste de pré-concepções, além de seu nervosismo durante o teste, denotou o medo por não conseguir formular a resposta certa (LUV, de fato, percebeu - e verbalizou - que não conseguiria explicar por que a gravidade faz as coisas caírem na Terra e ao mesmo tempo não permite que a Terra caia) e a frustração por não obtê-la, de imediato, da professora. A seguir, reproduzimos um trecho do raciocínio verbalizado de LUV, em diálogo com outros alunos, em uma aula posterior.

LUV - *Espera, mas então as coisas ao redor da Terra caem para ela por causa da força da gravidade, certo? (...) Então as coisas caem se têm a Terra para puxá-las, mas então a Terra poderia cair se tivesse alguma coisa para puxá-la...*

SOF - *Já sei, você ainda está preocupada com aquela questão de a Terra cair, não é?*

LUS - *Mas isso nós já sabemos, LUV, que a Terra não cai porque no Universo não tem chão.*

LUV - *Sim, mas agora o “chão” é alguma coisa muito grande, como a Terra, que atrai outros objetos pequenos ou menores (...).*

Já na segunda semana do projeto, os alunos aprenderam a recorrer menos à professora e a dar mais crédito aos seus próprios raciocínios. No entanto, a necessidade de aprovação final da idéia por um adulto permaneceu por mais tempo. Ao final da discussão sobre *onde vivemos na Terra*, os alunos, apesar de satisfeitos ao chegarem no modelo 3.6 (da Fig. 3), levaram a questão para casa e perguntaram aos pais, de modo que na aula seguinte alguns comentaram *Sim, o nosso modelo estava certo, porque o meu pai disse que é assim mesmo!*

Os alunos começaram a adquirir maior autoconfiança junto com a valorização do próprio conhecimento quando, em assuntos mais complexos, perceberam que mesmo os pais não sabiam todas as respostas. Ao levarem para casa a dúvida sobre a causa das estações do ano, perceberam que as explicações dos pais não davam conta dos fenômenos. Dessa forma, após descobrir a causa no movimento de translação associado à inclinação do eixo terrestre, pediram para levar as bolinhas de isopor para casa, para *explicar* aos pais.

3.4. Desenvolvimento da autonomia

No nível afetivo, podemos dizer que a autonomia para o aprendizado é altamente favorecida pelo desenvolvimento da autoconfiança. No plano cognitivo, podemos citar a metacognição como um dos fatores que facilitam esse ganho, visto que a tomada de consciência por parte do indivíduo de como ele próprio pensa [14], é o que lhe proporciona o domínio sobre suas formas de raciocínio e conceituação. Durante o curso, o desenvolvimento da autonomia ficou evidente inclusive para os educandos, através de sua participação indispensável na “elaboração das novas formas de pensar e dos novos conhecimentos” ([10], p. 112).

Essa maior autonomia também foi percebida, no decorrer do curso, pela livre movimentação dos alunos na busca de informações. Os textos trazidos pelos alunos (artigos de jornais, trechos de livros, figuras, fotos, etc.) eram prontamente lidos e discutidos pelo grupo todo, sob o referencial dos conhecimentos já adquiridos nas aulas. No confronto de informações emergiam perguntas, que eram esclarecidas pelos próprios alunos ou anotadas para posterior reflexão junto à professora. O próprio programa do curso foi revisto algumas vezes para incluir assuntos vistos como necessários para a compreensão dos textos nos fenômenos descritos.

Como um exemplo de revisão do programa, durante a discussão sobre referenciais surgiu a dúvida de se os movimentos ocorriam necessariamente associados à vida, ou seja, se somente seres vivos podiam movimentar coisas. O grupo todo viu a necessidade de abrir uma janela no planejamento para discutir as causas do movimento. O estudo sobre o ciclo de vida das estrelas também foi incluído após uma reportagem, trazida por um aluno, de que o Sol iria “parar de brilhar”.

4. Resultados de aprendizagem e estratégias do curso

Os alunos, ao final do curso, eram capazes de pedir por determinadas aulas expositivas, trazendo o conteúdo de forma bastante objetiva. Um exemplo bem significativo ocorreu após a saída de estudos, quando os alunos pediram explicações adicionais sobre a queda dos corpos (já estudada no início do tema, através das questões sobre o formato da Terra e de por que a Terra não cai). O surpreendente foi que justificaram que queriam essa sistematização para que pudessem saber “por que os astronautas flutuavam no espaço”, uma vez que estavam sob influência gravitacional da Terra, da Lua e do Sol. A capacidade de saber que subsídios faltam para a resolução de um problema não é trivial, bem como a iniciativa de pedir pelo conteúdo é bem pouco freqüente entre alunos de qualquer faixa etária, de modo que a situação referida constitui um claro indício do desenvolvimento da autonomia.

O “confisco” do livro didático enriqueceu as discussões (pois evitou contato com os conhecimentos prontos nos quais os alunos iriam apenas crer, mas não compreender), preveniu confusões (que poderiam acontecer pelo despreparo das crianças para entender as informações e imagens) e também favoreceu a busca por materiais diversos de pesquisa - o que é sempre desejável. Evidentemente o livro acabou tornando-se necessário e foi resgatado quando os alunos já tinham subsídios para entendê-lo, analisá-lo e criticá-lo.

A crítica maior ao livro didático foi no referente às figuras. A figura trazida em perspectiva não agradou e foi classificada como ambígua, principalmente por não trazer explícita informação a respeito do tipo de perspectiva usada e das proporções de distâncias e tamanhos, falha bem comum nos textos didáticos de astronomia [15]. Os alunos estudaram várias formas de representar no papel os movimentos e os astros e prepararam uma coleção de figuras explicativas para cada fenômeno, trazidas sob várias perspectivas, que classificaram como “vista de cima” (*top view*), vista oblíqua (*inclined side view*) e vista lateral (*side view*), como na Fig. 4.

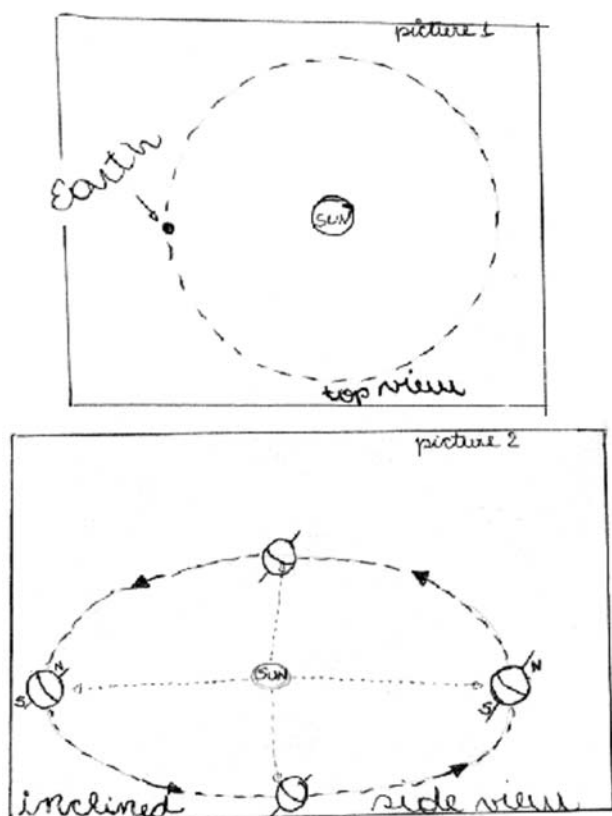


Figura 4 - Esquemas da translação da Terra feitos pelos alunos, evidenciando o tipo de perspectiva usada.

Sobre as proporções dos astros, fizeram um cálculo aproximado dos tamanhos e distâncias para o Sistema Solar e perceberam que a representação em escala era impossível - redimindo, assim, essa falha no livro didático. Na impossibilidade de desenhar as proporções, prepararam uma maquete com os tamanhos relativos e colocaram a maquete em exposição com informações por escrito de onde deveriam ser colocados os planetas relativamente às suas distâncias do Sol, para que se mantivesse na mesma proporção.

O universo científico, ao qual a criança deve ser introduzida, envolve as informações científicas, ou o que foi descoberto pelos cientistas de como funciona o mundo empírico, e as ferramentas mentais ou conceitos necessários para a manipulação, a conexão ou, de forma mais geral, a compreensão dessas informações em uma estrutura mental de pensamento que se reconheça coerente.

No curso de astronomia, as crianças já possuíam várias informações previamente, e durante o curso adquiriram muitas outras. Porém, em relação ao conceito e à teoria física em que essas informações se inseriam, havia erros (as pré-concepções) e lacunas (as dúvidas). Uma avaliação do aprendizado, dessa forma, deve levar em conta essas duas dimensões, a das informações novas adquiridas e, principalmente, no nosso caso, a dos conceitos aprendidos.

Com relação às informações, a prova escrita eviden-

ciou resultados bastante positivos: os alunos souberam fluentemente discorrer sobre o ciclo estelar, os diferentes objetos do sistema solar e do universo e seus movimentos e órbitas, o movimento aparente de estrelas e planetas, os fusos horários, a teoria do *big-bang*, etc.

Em relação aos conceitos científicos, os referenciais construtivistas nos dizem que os alunos já possuem concepções prévias ao ensino, e que um ensino efetivo é o que proporciona modificações nessas concepções ou sua eventual re-elaboração na direção das idéias aceitas da ciência. Por conseguinte, uma importante questão que poderíamos fazer é se houve, de fato, mudança conceitual pela aplicação do método.

Considerando que as respostas dos alunos nas avaliações (tanto orais como escritas) foram autênticas, pois não lhes foi exigido e nem mesmo sugerido memorizar as explicações científicas, há fortes razões para considerar que sim. Os momentos avaliativos foram vários: além da participação nas discussões e dos registros diversos no caderno, houve uma prova escrita, uma prova oral individual, em que se pedia para explicar os fenômenos astronômicos, por movimentos dos astros construídos em massa de modelar, e uma produção livre (o "*livro didático*").

No "*livro didático*", os alunos determinaram como público os seus pais e mães. Assim, resolveram se concentrar em explicar fatos que seus familiares desconheciam, ou que os interessassem. Dessa forma, alguns assuntos do *livro* não haviam sido sistematizados nas aulas e a sistematização partiu dos próprios alunos. No capítulo "dia e noite", por exemplo, dedicaram um subtítulo para explicar por que vemos estrelas de noite, mas não de dia. O trecho está reproduzido a seguir:

"As estrelas estão em toda a nossa volta. Mesmo quando é dia, há estrelas no céu. Mas nós não podemos vê-las porque a luz do Sol é muito forte. E nós podemos vê-las de noite porque a luz do Sol não está lá. Nos eclipses solares podemos ver as estrelas, porque a Lua fica na frente do Sol e o céu se torna escuro".

Outra evidência da ocorrência de mudança conceitual foi a transferência de conceitos científicos já adquiridos para outras situações, diversas das usadas para o aprendizado. Por exemplo, o conceito de movimento aparente dos astros em função da rotação da Terra foi discutido usando o movimento relativo diário do Sol, e depois da Lua. Os alunos foram posteriormente capazes de equiparar o movimento diário do Sol e da Lua ao movimento (diário) das estrelas e dos planetas em relação à Terra, estabelecendo a mesma causa: a rotação da Terra. As Estações do Ano também foram especuladas para os outros planetas após serem estudadas para a Terra:

"Achamos que o planeta Netuno não tinha estações, porque o eixo é totalmente inclinado. Mas ele tem, porque quando ele está do outro lado, o Sol brilha na outra parte, então uma estação do ano é sempre noite e outra é sempre dia" (GAB).

Uma reflexão tardia e espontânea sobre as estações do ano apareceu no “livro” dos alunos: a dupla que estava responsável por escrever o capítulo sobre a Lua citou o eixo de rotação do satélite, frisando que *não é inclinado em relação ao plano da órbita*. A dupla revisora dessa parte fez questão de incluir que *então a Lua não tem estações do ano*.

Conforme foi avaliado, o patamar científico não foi atingido por todos os alunos em alguns assuntos tratados. No teste oral (que foi muito mais elucidativo das concepções das crianças que o escrito), todos os alunos explicaram corretamente questões relacionadas ao fenômeno Dia e Noite, e também houve 100% de acerto para as razões do lado oculto da Lua (consequência de seu período de rotação ser igual ao de translação). Contudo algumas crianças ainda necessitaram de auxílio para completar raciocínios referentes às fases da Lua e às estações do ano. Por exemplo, LUN, lidando com bolas de isopor, não conseguia mostrar o verão no hemisfério Sul porque, ao transladar a Terra ao redor do Sol, mexia na inclinação do eixo, de modo que o hemisfério Norte ficava mais exposto ao Sol nas duas posições de solstício. A aluna conseguiu fazer a demonstração correta somente com auxílio da professora, que a lembrou que “o eixo aponta sempre para a mesma estrela”.

Considerando o estágio inicial de cada criança, todavia, o avanço foi grande - tomando, por exemplo, o caso de GUI, que apresentava concepções bastante ingênuas (por exemplo, nuvens encobrendo o Sol de noite), e que ao final do estudo pôde compreender que os astros apresentam movimentos que são causas dos fenômenos observáveis, e que a regularidade nesses fenômenos é resultante da constância dos movimentos.

Pode-se questionar se haveria mudança conceitual (e aprendizado efetivo) caso se trabalhasse de outra forma, sem o uso das concepções espontâneas dos alunos. Um artigo de Laburú e Arruda [16] questiona, inclusive, se não se poderia mostrar (expositivamente) aos alunos as concepções espontâneas mais frequentes sobre o assunto, e que isso seria uma forma de economizar o precioso tempo em sala de aula para o ensino de ciências. É verdade que o tempo dedicado à mudança conceitual é grande. É também verdade que as pré-concepções destes alunos não trouxeram nenhuma novidade em relação ao padrão de conceitos espontâneos já amplamente pesquisados.

Na realidade, os alunos tiveram grande dificuldade em deixar suas idéias primitivas e adotar as concepções científicas. Foi necessário que percebessem as incoerências de seus modelos mentais, através de representações destes e contraposição com argumentos ou fatos, além de muitíssimas repetições do paradigma científico. Acreditamos que se suas concepções iniciais não fossem verbalizadas por eles próprios e colocadas à prova também pelos próprios, essa percepção das próprias contradições e incompatibilidades com fatos

provavelmente não ocorreria tão facilmente.

Com relação ao tempo gasto, houve, de fato, um tempo grande dispensado às primeiras construções conceituais (na primeira parte do curso), mas esse tempo de aprendizado foi diminuindo gradativamente e, após a compreensão das fases da lua, os conceitos seguintes passaram a ser aprendidos muito mais rapidamente e com considerável facilidade. O tempo inicial para a construção de uma ferramenta conceitual é realmente mais longo, mas não é uma “perda de tempo”, pois justamente forma a base sobre a qual um enorme edifício de informações poderá se erigir.

5. Conclusões

Quando pensamos nos objetivos mais amplos do ensino de ciências naturais que extrapolam o conteúdo específico escolhido, devemos adotar uma linha de ação e estratégias, conscientemente e tão explicitamente quanto possível, em conformidade com essas metas maiores. Nesse sentido, formas diversas de abordagem igualmente válidas poderiam ser planejadas para fins diferentes de aprendizagem, como o incentivo à pesquisa, a discussão da história e dos paradigmas da ciência ou as conexões interdisciplinares. A forma de abordagem escolhida aqui teve o intuito maior de apresentar aos alunos algumas formas de produção do conhecimento científico (observação, formulação de hipóteses, etc.) e características deste (busca de regularidades e de unicidade, formulação de modelos para explicar os fenômenos); mesmo que estivesse implícita e pouco consciente da nossa parte, a estratégia procurava abrir espaço para a participação ativa e colaborativa dos alunos.

Os alunos tiveram contato com as características do conhecimento científico de forma não explícita, não verbalizada: a professora em nenhum momento fez uma generalização do tipo “vejam como a ciência é construída”. Pensamos que essa opção poderia ter sido feita e talvez fosse bastante elucidativa para os alunos. Não obstante, a escolha em contrário deveu-se à crença de que os alunos poderiam ter mais elementos para a análise do conhecimento científico após um contato maior com ele, isto é, em séries posteriores do Ensino Fundamental, ou mesmo no Ensino Médio.

Dentro dos objetivos propostos, portanto, pode-se considerar que os resultados de aprendizagem foram muito positivos: além da meta maior ter sido trabalhada (caracterização do conhecimento científico) os alunos assimilaram os assuntos propostos e adquiriram muitas informações novas. Ademais, a forma de abordagem do tema favoreceu o trabalho de várias características e habilidades desejáveis ao educando, como a autonomia no aprendizado, o raciocínio lógico, a elaboração e defesa de argumentos, o relacionamento interpessoal e a motivação para o estudo.

Consideramos a astronomia um bom tema para

trabalhar esses objetivos, considerando alguns motivos como os seguintes: *i*) para ultrapassar as pré-concepções, não se recorre somente aos sentidos e à observação direta; ao contrário, é necessária a formulação de um modelo de funcionamento dos astros celestes; *ii*) os processos de abstração e idealização são necessários durante a construção dos conceitos; *iii*) os alunos já possuem uma quantidade apreciável de informações científicas mesmo antes do aprendizado - apenas não conseguem relacioná-las e incluí-las em um todo coerente; *iv*) o grupo de alunos consegue, na maioria dos casos, chegar à resposta científica de forma não tão dependente do professor.

Um dos diferenciais mais evidentes da proposta foi o imenso entusiasmo dos alunos em estudar astronomia num nível de explicação científica, com coerência e significado físico. Apesar da carga horária maior que de costume reservada ao curso, o tema não causou enfado - pelo contrário, foi muito querido e interessante - e, por extensão, a ciência tornou-se uma disciplina gostosa e apreciada.

Por outro lado, cabem algumas outras observações sobre o resultado e o contexto geral desse trabalho de ensino. Sabemos que a astronomia é um tema já intrinsecamente motivador aos alunos, e traz interesse independentemente das estratégias usadas no ensino. Esse é um tema que podemos considerar que já passa pela emoção e à estratégia usada poderíamos, minimamente, atribuir o mérito de conseguir conservar e fomentar esse interesse. Não obstante, acreditamos que os resultados surpreendentes estão em grande parte relacionados à estratégia usada, sem ignorarmos a motivação devida ao próprio assunto. Essa questão é pertinente a muitos outros trabalhos em ensino de ciências e mereceria uma reflexão futura.

Observamos também que a atividade de observação do céu noturno foi decisiva para o desenvolvimento posterior dos temas mais complexos da astronomia. Através dessa atividade, a professora dirigiu as ações de seus alunos para determinadas observações, registros e elaborações de vínculos dentro dos dados de observação, que guiaram os estudos posteriores em classe. Sabemos, em contrapartida, que, em níveis superiores de ensino (*e.g.* Ensino Médio), a necessidade de abstrações é essencial para progredir no conhecimento científico. Os alunos devem ultrapassar o nível de registro das observações e da elaboração de modelos qualitativos, e passar a um nível de formalização e construção de relações matemáticas. Desta forma, fica a questão de como essa atividade de campo pode ser complementada para esses níveis superiores e que outras estratégias cumpriram a função de tornar significativo e de aprofundar o aprendizado de temas complexos, tal como foi a observação do céu.

O estudo dos temas mais complexos também se tornou possível pelas dimensões pedagógicas da classe (alunos com boa formação básica e sócio-economicamente favorecidos) e o tempo grande de contato dos alunos com o professor. Em um currículo regu-

lar, contudo, a astronomia provavelmente disporia do tempo máximo de um bimestre - o que numa grade horária de 3 aulas semanais resultaria em 24 horas-aula, que é menos da metade do tempo usado para esse curso. Com isso, ficariam de fora os temas além do sistema Terra-Sol-Lua, que são os que fornecem uma aplicação e possibilidades de generalização do modelo. Deixamos para uma posterior investigação o estudo da forma e das condições de uma classe podendo afetar qualitativamente a compreensão alcançada.

Finalmente, percebemos uma possível conexão entre o favorecimento do desenvolvimento considerado positivo para a aprendizagem no referencial construtivista e o “improviso” causado pelo “desconhecimento” - ou não planejamento - dos resultados finais pelo professor. A abertura de espaço para a participação do aluno foi visível ao longo de todo o curso. Poderia a ambigüidade na conduta do professor, que não planeja uma pesquisa para medir resultados, favorecer um protagonismo preferencial do aprendiz?

Referências

- [1] L.S. Vigotski, *Pensamento e Linguagem* (Martins Fontes, São Paulo, 1998), 2ª ed.
- [2] M.E.V.M. Santos, *Mudança Conceitual na Sala de Aula - Um Desafio Pedagógico* (Lisboa, Ed. Livros Horizonte, 1991).
- [3] M.E. Beeth, *Journal of Science Teacher Education* **9**, 49-61 (1998).
- [4] L. Viennot, *American Journal of Physics* **53**, 432 (1985).
- [5] R. Driver, A. Hilary, J. Leach, E. Mortimer e P. Scott, *Educational Researcher* **23**, 5 (1994).
- [6] J. Baxter, *International Journal of Science and Education* **11**, 502 (1989).
- [7] N. Lanciano, *Enseñanza de las Ciencias* **7**, 173 (1989).
- [8] J. Nussbaum, *Science Education* **63**, 8 (1979).
- [9] S. Vosniadou e F. Brewer, *Cognitive Science* **18**, 123 (1994).
- [10] Y. de La Taille, *Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias Psicogenéticas em Discussão* (Summus, São Paulo, 1992).
- [11] M.E.V.M. Santos, *Que Educação?* (Santos Edu, Lisboa, 2005).
- [12] G. Bachelard, *A Formação do Espírito Científico* (Contraponto, Rio de Janeiro, 1996).
- [13] P. Freire, *Pedagogia da Autonomia - Saberes Necessários À Prática Educativa* (Paz e Terra, São Paulo, 1996).
- [14] J. Piaget, *Fazer e Compreender* (Melhoramentos/Edusp, São Paulo, 1978).
- [15] R.H. Trevisan, C.B. Lattari, e J.B.G. Canalle, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **14**, 7 (1997).
- [16] C.E. Laburú e S.M. Arruda, *Rev. Bras. Ens. Fís.* **24**, 477 (2002).