

TÓPICOS DE FÍSICA SOLAR NO ENSINO MÉDIO: ANÁLISE DE UM CURSO COM ATIVIDADES PRÁTICAS NO OBSERVATÓRIO *DIETRICH SCHIEL*

*Silvia Calbo Aroca*¹
*Pedro Donizete Colombo Júnior*²
*Cibelle Celestino Silva*³

Resumo: Este trabalho analisa resultados obtidos em um curso sobre física solar para alunos do ensino médio promovido pelo Observatório *Dietrich Schiel* da USP. O curso foi elaborado pelos autores com a intenção de investigar concepções sobre o Sol, ensinar tópicos de física moderna relacionados ao Sol e conhecimentos gerais sobre o astro rei. A metodologia de coleta de dados consistiu em gravação em áudio e vídeo das aulas e das entrevistas semi-estruturadas, e respostas a questionários escritos. Os resultados mostraram que a maioria dos participantes concebeu o Sol como constituído por fogo e as manchas solares como buracos na superfície solar. Embora alguns alunos soubessem que um espectro pode ser formado por um prisma ou rede de difração, a maior parte deles desconhecia a natureza das linhas espectrais. Ao longo do curso, este tema foi trabalhado com uma abordagem prática com observação do espectro solar e de lâmpadas e em aulas expositivo-dialogadas. Os resultados obtidos no curso apontam para a importância dos centros de ciências como parceiros da educação formal. Neste caso específico, a Sala Solar do Observatório *Dietrich Schiel* é um ambiente propício para o ensino de física moderna no ensino médio.

Palavras-chave: Sol, centros de ciências, ensino de astronomia, física solar, ensino de física moderna.

TEMAS DE FÍSICA SOLAR PARA ESTUDIANTES DE ESCUELAS SECUNDARIAS: UN ANÁLISIS DE UN CURSO CON ENFOQUE PRÁCTICO EN EL OBSERVATORIO *DIETRICH SCHIEL*

Resumen: Este artículo analiza los resultados obtenidos en un curso sobre la física solar, auspiciado por el Observatorio *Dietrich Schiel* de la USP para estudiantes de las escuelas secundarias. El curso fue diseñado por los autores con la intención de investigar las concepciones sobre el sol, enseñar temas relacionados con la física moderna del Sol y conocimientos generales sobre el astro rey. La metodología utilizada para la recolección de datos consistió en grabar, en audio y video, las clases, las entrevistas semi-estructuradas y las respuestas a los cuestionarios escritos. Los resultados mostraron que la mayoría de los participantes conciben el Sol como constituido por fuego y las manchas solares en la superficie solar como agujeros. Aunque algunos estudiantes sabían que un espectro puede estar formado por un prisma o red de difracción, la mayor parte de ellos desconocía la naturaleza de las líneas espectrales. A lo largo del curso, esta cuestión fue trabajada con un enfoque práctico mediante la observación del espectro solar y de las lámparas durante clases expositivas/dialogadas. Los resultados obtenidos en el curso muestran la importancia de los centros de ciencia como un apoyo en la educación formal. En este caso en particular, la Sala Solar del Observatorio *Dietrich Schiel* se destaca como un entorno favorable para la enseñanza de la física moderna en la escuela secundaria.

Palabras clave: Sol, centros de ciencia, enseñanza de astronomía, física solar, enseñanza de física moderna.

¹Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. e-mail: < silvia@dfte.ufrn.br >

²Instituto de Física de São Carlos, Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo. e-mail: < pedrocolombo@usp.br >

³Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. e-mail: < cibelle@ifsc.usp.br >

SOLAR PHYSICS TOPICS IN HIGH SCHOOL: ANALYSIS OF A COURSE WITH PRACTICAL ACTIVITIES AT *DIETRICH SCHIEL* OBSERVATORY

Abstract: This work analyses results obtained in a solar physics course for high school students promoted at the *Dietrich Schiel* Observatory of the University of São Paulo (USP). The course was elaborated by the authors with the intention of investigating student's concepts about the Sun, teaching topics of modern physics related to the Sun and providing students with knowledge about our star as well. The methodology of data gathering consisted of audio and video records of classes and of semi-structured interviews, and analysis of answers to written questionnaires. The results showed that most high school students conceived the Sun as made of fire, while sunspots were thought to be holes in the Sun. Even though some students did know that a spectrum is formed using a prism or diffraction grating, most of them ignored the nature of the observed spectral lines. Through the course, this topic was developed by means of a practical approach with solar and lamp spectra observations. The results obtained in the course point to the importance of science centers as partners in formal education. In this specific case, the Solar Room at the *Dietrich Schiel* Observatory is as a favorable environment for teaching modern physics in high school.

Keywords: Sun, science centers, astronomy teaching, solar physics, modern physics teaching.

1. O ensino de astronomia em um centro de ciências

O sistema educacional brasileiro tem passado por grandes transformações nas últimas décadas. No caso do ensino de ciências, entre as várias inovações presentes no currículo está a ênfase na interdisciplinaridade e contextualização. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) o ensino interdisciplinar e contextualizado pode proporcionar ao aluno um real significado do que está sendo ensinado no momento em que se aprende, além de uma melhor aproximação com seu cotidiano e com o mundo. É fato que ensinar ciências apenas dentro da sala de aula não é suficiente para promover uma visão interdisciplinar e contextualizada de ciências. Em geral a ciência ensinada nas escolas é vista pelos alunos como ultrapassada e sem graça, sendo frequentemente desmotivadora pela forma com que é apresentada. Como ressaltam Braund & Reiss (2006) o fato de se explorar determinado assunto durante as aulas de maneira diferente, fugindo da fragmentação de grande parte dos livros didáticos, torna possível estabelecer novas conexões com as dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural dos alunos.

Para Falk e Dierking (2000), o aprendizado compreende um diálogo entre o indivíduo e os contextos pessoal, sociocultural e físico em que está inserido. Como na escola muitas vezes não existe este diálogo, o aluno acaba não incorporando o que está sendo estudado e esquece rapidamente o que lhe foi ensinado. Somados a este fato, os conhecimentos científicos estão em constante evolução e transformação, implicando na necessidade de uma constante atualização dos conteúdos e da forma como eles são ensinados. Um exemplo desta necessidade encontra-se no atual ensino de física, geralmente restrito à física clássica, que apesar de ser importante, não é suficiente para 'dialogar' e compreender nossa realidade atual. Apesar da evidente necessidade de se incluir tópicos de física moderna no currículo escolar, poucas têm sido as ações para a efetivação desta introdução. Corroborando o exposto acima, os PCN+ evidenciam a necessidade de o professor constantemente promover e interagir com meios culturais e de difusão científica, como centros tecnológicos, observatórios, museus e centros de ciências (BRASIL, 2002), fazendo a constante releitura de sua prática docente e dos tópicos abordados em sala de aula.

Para Falk (2001), a grande atenção devotada ao ensino de ciências em espaços formais deveria ser balanceada por uma maior atenção à educação não formal (por exemplo, aquela que ocorre em centros de ciências, observatórios, planetários), pois quanto maior a sobreposição das influências de *esferas* como lazer, família, trabalho e escola na vida dos estudantes maiores são as chances de uma aprendizagem contínua para a vida e entendimento do mundo. Pesquisa realizada por Griffin (2004) mostrou que visitas a centros de ciências são experiências memoráveis para os visitantes, podendo fazer com que eles passem a encarar a ciência como parte integrante e útil à sociedade.

A principal característica de um centro de ciências é o emprego da educação não formal, uma vez que este tipo de educação está livre de currículos e estruturas pré-estabelecidas encontradas no ensino formal. Quando se pensa no papel educativo dos centros de ciências, o termo aprendizagem é de fundamental importância, pois espera-se que tudo o que está ali exposto, assim como as palestras, seminários e demonstrações, visem motivar, despertar o interesse e o entendimento da ciência por parte do público visitante (COLOMBO JR et. al., 2009).

Em se tratando do ensino de astronomia e astrofísica na escola, estes raramente são ensinados por meio de atividades interativas e práticas, como a observação de planetas, Sol, estrelas e seus movimentos, uma vez que os tópicos abordados são geralmente restritos às informações contidas nos livros didáticos. Tais atividades quando realizadas em parceria com espaços não formais de educação podem possibilitar ao aluno ser *agente* de seu próprio conhecimento. Os PCN+ defendem a observação como um elemento essencial no ensino de astronomia, ou seja, os estudantes precisam aprender como ocorrem as estações do ano, movimento dos planetas, fases da Lua e outros fenômenos astronômicos, não apenas pelos livros didáticos, mas também observando o céu (BRASIL, 2002).

É importante enfatizar que esses espaços não devem ser encarados apenas como oportunidades de atividades educativas complementares ou de lazer, uma vez que a permanência do visitante por apenas algumas horas em um centro de ciências, não é suficiente para que ocorra um ensino mais profundo de conteúdos científicos específicos. Deve haver o processo de ensino e aprendizagem de forma planejada, sistemática e articulada (LANGHI, 2005). Uma das maneiras de alcançar este objetivo é oferecer cursos aos visitantes, permitindo que estes tenham maior contato com a ciência destes locais e permaneçam por mais tempo nestas instituições.

O presente artigo analisa parte de um curso sobre Física Solar realizado com onze alunos distribuídos nos três anos do Ensino Médio, desenvolvido no segundo semestre de 2007, com duração de duas semanas, no Observatório Dietrich Schiel da USP, *campus* São Carlos. Os objetivos do curso foram compreender o papel chave desempenhado pela espectroscopia na astrofísica, contextualizar os conteúdos ensinados por meio de atividades práticas questionadoras e permitir uma abordagem interdisciplinar incluindo tópicos de matemática (geometria e trigonometria), física (campos magnéticos, óptica e espectroscopia), astrofísica (conceitos sobre o Sol) e química (fusão nuclear) no ensino de astronomia.

1.1 Física Solar no Observatório Dietrich Schiel

A escolha em trabalhar a Física Solar foi motivada por vários fatores, dentre eles, por ser um assunto que naturalmente possibilita uma abordagem contextualizada,

abrangendo uma gama de possibilidades de trabalhos e por ser um tema vivenciado por todos, porém pouco conhecido por professores e alunos que visitam o Observatório, também pelo fato de possibilitar a discussão sobre temas de física moderna pouco explorados no Ensino Médio, tais como espectroscopia e física atômica. O tema “Sol” permite penetrarmos em diversos campos da ciência e assim promover um ensino interdisciplinar e questionador. Este panorama é fundamental para o estudante superar uma visão compartimentada de ciências adquirida na escola.

O curso Física Solar é parte de um projeto mais amplo que visa desenvolver atividades de ensino de física solar na Universidade de São Paulo, *campus* São Carlos. As atividades foram realizadas no Observatório Dietrich Schiel da USP. O Observatório existe há quase trinta anos, atendendo à comunidade do município de São Carlos e região por meio de visitas de finais de semana, onde o público pode conhecer as instalações do Observatório e observar o céu a olho nu e com telescópios disponíveis, além de assistir a palestras. Durante a semana, há atendimento a escolas em visitas noturnas e diurnas e são oferecidos cursos para professores e estudantes sobre diversos temas relacionados à astronomia.

Para o desenvolvimento das atividades sobre Física Solar foi construída uma sala equipada com um heliostato, espectroscópio, filtro solar, lâmpadas diversas, painéis solares e espectrais, conhecida hoje como Sala Solar. Sobre a Sala Solar temos o heliostato que consiste de dois espelhos planos, sendo um deles motorizado, o qual direciona a luz solar para um telescópio dentro da sala (Figura 1a), e a disposição dos equipamentos permite que o telescópio da Sala Solar projete uma imagem fixa do Sol em um anteparo (Figura 1b).

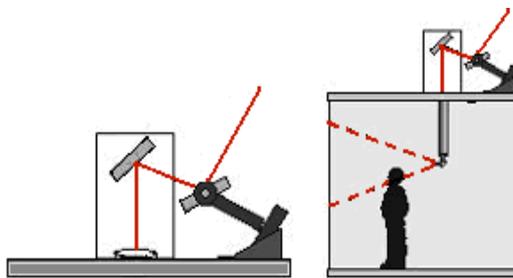


Figura 1a: Figuras ilustrando o heliostato sobre a Sala Solar

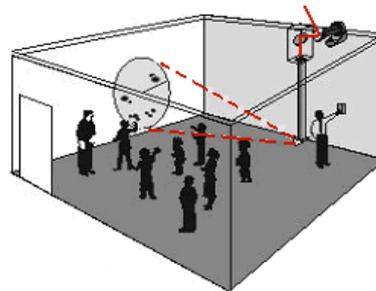


Figura 1b: Figura ilustrando o interior da Sala Solar

Para a observação e análise do espectro solar, é colocado na saída do telescópio um espectroscópio (Figura 2b) construído para este fim. O espectroscópio solar é aberto, permitindo que o visitante veja seus principais componentes, o que facilita a compreensão de seu funcionamento. Na Sala Solar é também utilizado um painel com diversos tipos de lâmpadas (fluorescente, incandescente, mercúrio e de hélio) para a observação e comparação dos espectros obtidos. A observação das lâmpadas espectrais e do espectro solar permite uma discussão sobre a natureza das linhas espectrais, e o do papel chave desempenhado pela espectroscopia na astrofísica.

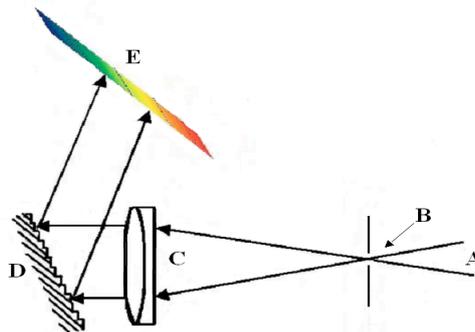


Figura 2a: Esquema do funcionamento do espectroscópio Littrow. A luz entra pelo telescópio A passa pela fenda B, que atravessa então uma lente colimadora C que direciona o feixe incidente em uma rede de difração de reflexão D, que reflete o espectro solar em um anteparo na altura da fenda E.

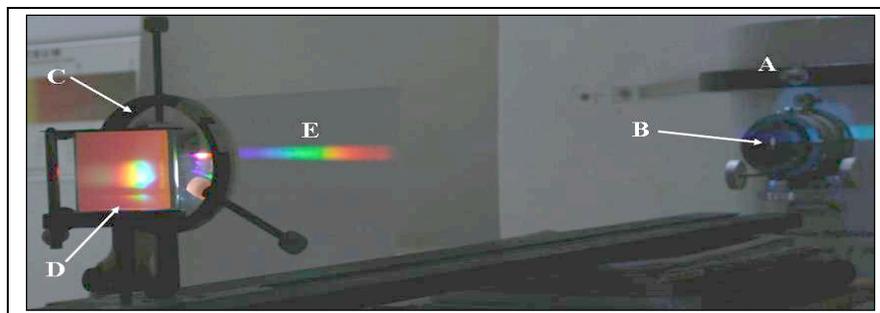


Figura 2b: Imagem do espectroscópio Littrow da Sala Solar.

O presente trabalho apresenta algumas das atividades realizadas no curso com alunos do Ensino Médio na Sala Solar, explorando conceitos relativos ao Sol por meio do curso Física Solar. Na execução do curso, inicialmente levantamos as concepções prévias dos alunos sobre o Sol e seu espectro pela aplicação de questionários abertos com o intuito de verificar qual a visão dos alunos sobre **alguns tópicos de Física Solar**, por exemplo, o espectro solar. No desenvolvimento do curso, após observarem o Sol e seu espectro projetado por um telescópio na Sala Solar⁴, conduzimos uma discussão visando confrontar as concepções iniciais dos estudantes e suas conclusões após as observações da imagem do Sol e seu espectro. Durante o curso, foi possível ainda acompanhar o movimento e desenvolvimento de manchas solares na fotosfera solar (“atmosfera solar”), possibilitando discussões sobre a natureza das manchas além do entendimento do Sol como um astro dinâmico. A observação das lâmpadas espectrais e do espectro solar permitiu uma discussão sobre a natureza das linhas espectrais, e o papel desempenhado pela espectroscopia na astrofísica.

2. Breve descrição sobre o curso Física Solar

O Curso de Física Solar foi desenvolvido em outubro de 2007 com duração de 14 horas subdividido em 04 encontros. Participaram até o final do curso 11 alunos do

⁴ Telescópio newtoniano de 20 cm de abertura, f/10.

Ensino Médio, oriundos de escolas particulares e públicas do município de São Carlos/SP. Durante o curso, privilegamos os diálogos expositivos entre professora e alunos, incentivando a participação dos alunos por meio da realização de questionamentos, defesa de pontos de vista e atividades práticas com o intuito de contextualizar o conteúdo ensinado. No curso de Física Solar foram abordados diversos tópicos, dentre eles destacamos: geometria e trigonometria, conceitos de física moderna, óptica, astronomia e química.

A metodologia adotada para coleta de dados consistiu no uso de questionários escritos antes e após a realização das observações. O curso também foi todo gravado em áudio e vídeo e transcrito, e ao final do mesmo foram realizadas entrevistas semi-estruturadas. Tal abordagem qualitativa (BOGDAN & BIKLEN, 1994; LÜDKE & ANDRÉ, 1986) permitiu levantar as concepções prévias dos alunos sobre o Sol e seu espectro e comparar suas respostas iniciais ao questionário escrito com suas respostas finais ao questionário final. Com as entrevistas semi-estruturadas foi possível ainda esclarecer pontos que ficaram confusos nos questionários escritos.

No primeiro dia do curso, para levantar as concepções prévias dos alunos a respeito dos temas que seriam abordados, aplicamos inicialmente um questionário aberto onde os alunos responderam às questões por meio de textos e desenhos. Após responderem os questionários iniciais, apresentamos um panorama geral do curso enfatizando os temas e as atividades a serem trabalhados durante o curso. Assim, apresentamos para os alunos alguns tópicos a serem trabalhados sobre as estruturas e eventos solares, por exemplo, manchas solares, camadas do Sol e proeminências.

De modo a motivar os alunos e justificar a escolha do tema Sol, apresentamos ainda alguns dos motivos pelos quais o estudo do Sol é importante e as principais razões pelas quais os astrônomos e cientistas pesquisam nossa estrela vizinha. Também discutimos com os alunos as maneiras mais seguras de se observar o Sol. É importante ressaltar que **nunca devemos apontar um telescópio ou binóculo para o Sol, pois corremos o risco de sérias lesões nos olhos e até mesmo de ficar cego**. Neste contexto, foi enfatizado com os alunos métodos de projeção solar e observação direta (com o uso de filtro), seguido de uma apresentação e explicação de distintos modelos de telescópios para a observação solar.

Ainda no primeiro dia de curso, trabalhamos dois assuntos diretamente relacionados ao tema do nosso curso, porém centrados na componente curricular matemática: dimensões e distâncias do Sol relativas à Terra. Levantamos uma discussão a cerca das concepções dos alunos sobre o tamanho do Sol e sua distância até a Terra. Usamos conceitos básicos de geometria e trigonometria para estimar a distância da Terra ao Sol e desenvolvemos uma atividade prática com materiais de baixo custo para estimar o diâmetro solar (AROCA & SILVA, 2011). Ao fim deste primeiro dia de curso debatemos mais profundamente com os alunos a natureza das manchas solares e das proeminências solares. Os alunos tiveram a oportunidade de observar estes fenômenos solares e entender o motivo pelo qual não vemos as proeminências solares com um filtro solar comum, sendo necessário o uso de um filtro hidrogênio-alfa.

No segundo dia, mostramos um eletroímã que foi especialmente construído para discutirmos sobre a origem magnética de manchas solares. O surgimento das manchas solares é devido ao intenso campo magnético em certas regiões da fotosfera solar (principalmente no interior das manchas solares), que atrapalha a corrente de convecção

A atividade com eletroímã propiciou uma melhor compreensão do porque das manchas solares serem regiões mais frias do que a fotosfera, além da associação entre o comportamento dos campos magnéticos das manchas solares e dos ímãs. Outra etapa deste mesmo dia consistiu em determinar a potência emitida pelo Sol por meio de uma atividade prática e conceitos de calorimetria tratando o Sol como um corpo negro (AROCA et. al., 2008; CANIATO, 1990). Finalizando o segundo dia do curso, realizamos com os alunos, uma discussão um pouco mais teórica abordando como o Sol produz e transporta sua energia.

O terceiro dia do curso foi dedicado à observação do espectro solar buscando compreender sua formação e significado. Os alunos compararam espectros produzidos por diferentes lâmpadas com o intuito de verificar os diferentes tipos de espectros: contínuo, de absorção e de emissão. Na sequência, mostramos o aparato experimental de observação do espectro solar e projetamos o espectro em um anteparo na Sala Solar. Foi possível identificar algumas das linhas de absorção do Sol e as comparamos com o espectro das lâmpadas de gases discutindo a natureza das mesmas com os alunos e fornecendo subsídios para a posterior sistematização e aprofundamento dos conteúdos e átomo de Bohr.

Discutimos também, com os alunos, a existência de radiações com frequência acima e abaixo da região do visível. Esta discussão foi importante para os alunos saberem que o espectro solar não está restrito somente à região do visível, e conseqüentemente, a grande utilidade de radiações invisíveis ao olho humano para a astrofísica. No último dia do curso, abordamos noções básicas de evolução estelar para responder à pergunta: Como é possível o Sol possuir em seu espectro elementos químicos como mercúrio, ferro e cálcio, e ser incapaz de sintetizá-los em seu núcleo?

3. Resultados e discussões

3.1. Concepções sobre o Sol e fenômenos solares

Ao serem perguntados no questionário inicial sobre o que esperavam ver no Sol quando o mesmo fosse observado por um telescópio, a maioria dos alunos respondeu: manchas e explosões solares. Como exemplo, o aluno T. (2º EM) especificou que esperava observar também explosões nucleares; tal concepção provavelmente advém do conhecimento de que as estrelas são gigantescos reatores nucleares. Porém, este aluno esperava observar as reações nucleares através do telescópio. Ele desconhecia o fato de que as observações de reações nucleares são predominantemente indiretas (calor, outros tipos de radiações), ou seja, reações nucleares não podem ser observadas diretamente.

No final do ano de 2007 estávamos no final do vigésimo terceiro ciclo solar, ou seja, numa época de baixa atividade ou pouquíssimas manchas solares. Devido a este fato não foi possível observar mancha alguma na fotosfera. Os alunos apenas observaram a projeção do disco solar e a turbulência nas bordas da imagem do disco devido às instabilidades de nossa atmosfera. Felizmente, com o uso do filtro Hidrogênio alfa foi possível observar duas proeminências na borda do Sol.

No questionário inicial quando perguntado aos alunos a respeito da superfície solar, a maioria respondeu que ela é quente e gasosa. Alguns alunos afirmaram que o Sol seria constituído por magma e teria vulcões em sua superfície. A aluna J. (1º ano do

Ensino Médio) mencionou que o Sol teria uma composição rochosa com diversas crateras e cor meio avermelhada, outros alunos afirmaram que a superfície solar seria mais fria que o núcleo. O achado reforça a afirmação de Leite (2002; 2006) e Bisch (1998) de que as concepções prévias de fenômenos físicos são as mesmas para crianças e adultos. Cabe destacar que após trabalhar com os alunos no curso de Física Solar, na aplicação do questionário final não encontramos nenhuma resposta que descrevia o Sol como sendo composto por rochas e crateras.

A aluna F. (3º EM) escreveu no questionário inicial que a superfície solar é “cheia de explosões”. Esta visão talvez tenha vindo da observação de objetos quentes como a água em ebulição que forma bolhas, por isso a aluna provavelmente associou as bolhas de água com as explosões no Sol. Por sua vez, o aluno Wi. (3º EM) apresentou uma concepção da superfície solar, mais próxima à aceita pela comunidade científica, ou seja, não apenas afirmou ser plasma, mas também utilizou o termo gás ionizado.

No que tange ao tópico manchas solares, alguns alunos definiram manchas solares como sendo pontos escuros na superfície solar, buracos, explosões e regiões com constituição distinta do restante da superfície solar provocados por fenômenos químicos e físicos isolados. Destacamos ainda que no questionário final, também não encontramos nenhuma menção de que as manchas solares são buracos ou explosões.

Uma concepção curiosa sobre a natureza das manchas solares foi apresentada pela aluna I. (2º EM) que escreveu que seriam estrelas. Esta idéia talvez tenha surgido por ela pensar que há estrelas no Sistema Solar as quais poderiam passar na frente do Sol. Esta concepção pode ter fruto das representações do Sistema Solar presentes em alguns livros didáticos que colocam estrelas como pano de fundo nas representações bidimensionais do Sistema Solar sem deixar claro que as estrelas estão em planos muitos distantes dos astros deste sistema. Esta mesma aluna, no questionário final, respondeu corretamente que as manchas solares seriam regiões mais frias da fotosfera devido à presença de campos magnéticos mais fortes.

O aluno Wi. (3º EM) apresentou, no questionário inicial, a concepção mais próxima à aceita pelos cientistas, a de que as manchas solares seriam regiões mais frias da superfície solar associadas à presença de campo magnético. Este aluno é um entusiasta em astronomia, portanto, já havia lido muito material sobre o assunto e se destacou em relação a seus colegas do curso. No questionário final, todos os alunos afirmaram que as manchas solares são regiões mais frias que a superfície solar associadas à presença de campos magnéticos.

Abaixo transcrevemos um trecho da entrevista final com o aluno L. (2º ano do EM) sobre o que seriam manchas solares.

Prof: O que são manchas solares?

Aluno L.: [...] pontos negros por causa da diferença de temperatura inferior causados pelo campo magnético. O campo magnético sai de uma mancha e entra em outra, são sempre em pares, daí tem a rotação do Sol que influencia também.

Prof: Mas porque as manchas solares são mais frias que o restante da superfície do Sol?

[Silêncio]

Prof: Lembra o que existe embaixo da fotosfera?

Aluno L.: Camadas de convecção.

Prof: Isso, aí acontece o que?

Aluno L.: [...] o campo magnético deve influenciar, reduz a intensidade da convecção.

A partir desta transcrição percebemos que o aluno apresentou um conceito de manchas solares próximo ao que havíamos discutido no curso, mostrando que ele provavelmente compreendeu o papel desempenhado pelo campo magnético na origem das manchas solares.

3.2. Produção de Energia Solar

Passamos agora a discutir as concepções apresentadas pelos alunos sobre a produção de energia solar antes e depois do curso. Este tema foi trabalhado a partir de uma apresentação em *Power Point* contendo imagens mostrando uma breve evolução histórica do pensamento humano sobre a produção de energia solar.

Todos os alunos afirmaram no questionário inicial que o Sol produz sua própria energia. Duas alunas, J. e C. (1º EM), afirmaram que o Sol produz energia pela emissão de seus raios e calor. Esta resposta não deixa claro de onde o Sol teria retirado esta energia para produzir seu calor e os raios solares. Nenhum aluno apresentou esta concepção no questionário final. A aluna F. (3º EM) escreveu que a fonte da energia solar é a queima de gases, outro aluno, We. (3º EM) escreveu que o Sol produz energia por reações que ocorrem com a queima do gás hélio. Interessante perceber que ambos citaram a “queima” como fonte de produção de energia pelo Sol, porém não especificaram como ocorre esta “queima”. Eles provavelmente acreditavam que o Sol produziria energia por combustão, já que usaram o termo “queima” em suas respostas ao questionário inicial.

A aluna Ta. (2º EM) respondeu que o Sol produz energia pelo consumo do hidrogênio e do hélio por meio de explosões, sem especificar o tipo de explosão. A aluna, provavelmente desconhecia a fusão nuclear que transforma elementos mais leves como o hidrogênio em elementos mais pesados, como o hélio. Apenas o aluno Wi. (3º EM) afirmou que o processo de produção de energia do Sol é a fusão nuclear que converte o hidrogênio em hélio no interior do Sol.

Novamente, temos concepções bastante variadas, desde concepções ingênuas de que a produção de energia solar seria por meio de “queima” e emissão de seus raios, até concepções mais próximas às aceitas pela comunidade científica, por meio de reações de fusão nuclear. A concepção ingênuas de que o Sol produz energia pela emissão de seus raios, provavelmente advém de representações pictóricas usuais do Sol que mostram a luz emitida na forma de raios. Já os alunos que assumiram que a produção de energia no Sol ocorre da mesma maneira que uma das principais fontes de energia na Terra, a combustão; eles foram provavelmente influenciados por experiências prévias na escola. Por fim, os alunos que sabiam que o Sol é composto por hidrogênio e hélio e

que produz energia por fusão nuclear provavelmente e aprenderam por meio de divulgação científica como leituras, programas televisivos e palestras.

Durante as discussões sobre o processo de produção de energia solar introduzimos, por meio de apresentações com ilustrações em *data show*, as principais hipóteses históricas de produção de energia no Sol; os principais processos de transporte de energia dentro do Sol; a convecção solar e a irradiação advinda do Sol. No questionário final, a aluna C. (2º EM), que havia respondido que o Sol produz energia por seus “raios”, escreveu no questionário final que o principal processo envolvido na produção de energia solar é a fusão de hidrogênio, mas acrescentou em sua resposta, que para isto ocorrer seria necessária uma temperatura elevadíssima, cerca de ‘5000 graus’. Ela confundiu o local onde ocorre a produção de energia solar, comentando que é na superfície e não no interior do Sol, já que citou uma temperatura próxima à da fotosfera. A aluna J. (1º EM), que também havia escrito no questionário inicial que a energia solar é produzida por seus raios, escreveu no questionário final, que para haver a produção de energia solar é preciso que haja um campo magnético, onde a aluna descreveu como sendo átomos ionizados em movimento que produzem a energia solar. Ela confundiu a origem das manchas solares, o campo magnético, com a origem da energia produzida pelo Sol, a fusão nuclear.

As respostas de ambas as alunas contêm informações que foram discutidas durante o curso, como a temperatura na superfície solar (6000 K), fusão do hidrogênio e o campo magnético solar, indicando que os alunos assimilam algumas informações, porém de forma confusa. Entendemos que isso não é um problema grave, uma vez que para muitos é a primeira vez que têm contato com este tipo de assunto. No curso “Física Solar” apresentamos muitos conceitos novos, como campo magnético solar, fusão nuclear, fotosfera, cromosfera, proeminências dentre outros. Devido à breve duração do curso (2 semanas), é natural que os alunos não tenham tido tempo de amadurecer os novos conhecimentos ensinados.

No questionário final o aluno V. (1º EM), que havia respondido no questionário inicial que a produção de energia ocorre por explosões na superfície solar, somente escreveu que o Sol produz energia por fusão nuclear, sem especificar que isso ocorre em seu núcleo. O aluno L. (2º EM), que havia escrito no questionário inicial, que o Sol produz energia pelo “consumo” de elementos químicos, por pequenas explosões nucleares que liberam energia, afirmou no questionário final, que a fonte de energia solar é “a fusão nuclear, onde há a junção de núcleos de átomos do Sol e colisões entre esses núcleos”. O aluno compreendeu que a fonte de energia do Sol é a fusão nuclear, mas não especificou se ela ocorre no núcleo ou na fotosfera.

Outra aluna, Ta. (2º EM) compreendeu que o processo de produção de energia do Sol resulta da fusão de hidrogênio em hélio, e não do consumo do hidrogênio e do hélio por meio de explosões, como havia respondido no questionário inicial. Ela ainda acrescentou no questionário final informações ensinadas durante o curso, como por exemplo, que o Sol no futuro transformará o hélio em um elemento químico mais pesado e que as explosões solares (proeminências) não são reações de fusão nuclear, responsáveis pela produção de energia no Sol.

Podemos concluir pelas respostas dos alunos ao questionário final que as discussões realizadas durante o curso influenciaram suas respostas. Muitos apresentaram concepções mais próximas às aceitas pela comunidade científica, ao

deixarem de mencionar em suas respostas, por exemplo, o termo “queima” (que se refere à combustão), empregando no lugar destas expressões e termos como “reações nucleares”, “fusão” ao mencionarem o hidrogênio e o hélio como elementos relacionados à produção da energia solar.

3.3. Observação do espectro solar no visível

Para introduzir o tópico “espectro solar” perguntamos aos alunos no questionário inicial: “O que você espera observar no espectro solar?”. Muitos responderam que observariam as cores do arco-íris e detalhes da superfície solar como a aluna J. (1º EM) que escreveu: “[...] *quero ver se o Sol tem buracos mesmo*”. O aluno We. (3º EM) afirmou que esperava observar a região do ultravioleta, raios X, raios gama etc. Esta resposta provavelmente advém de conhecimentos teóricos de livros didáticos de física sobre o espectro eletromagnético, sem discutir as implicações práticas que decorrem de sua observação. Outros alunos mencionaram que esperavam observar a composição do Sol no espectro solar. O aluno Wi. (3º EM) já sabia o que iria observar, uma vez que desenhou o espectro solar mostrando linhas escuras que identificou como sendo os elementos químicos presentes no Sol.

Antes de observarem o espectro solar, os alunos manusearam as partes principais do espectroscópio e viram que seus componentes produzem fenômenos físicos como a refração, reflexão e difração. Para entenderem como a espectroscopia pode ser útil para extrair informações químicas de corpos celestes trabalhamos inicialmente com espectros de lâmpadas de tipos diferentes. Os alunos observaram, desenharam e descreveram oralmente para seus colegas e para a professora o espectro produzido por lâmpadas fluorescentes, incandescentes, de mercúrio e de hélio. Após reconhecerem padrões distintos de linhas brilhantes em cada tipo de lâmpada eles identificaram as lâmpadas comparando suas observações com uma carta espectral. Abaixo apresentamos um trecho do diálogo entre a professora e os alunos, evidenciando que os mesmos tinham uma boa noção do que observariam.

Prof: Se eu ligar uma lâmpada e olhar por uma rede o que será que vou ver? Se eu observar lâmpadas diferentes será que vou ver coisas diferentes?

Aluna C. (1º EM): Vai ser diferente porque cada lâmpada tem elementos distintos.

Prof: O que você espera ver de diferente?

Aluna C.: Determinadas cores que vão absorver.

Prof: Vai ter absorção?

Aluna C.: [...] do quente vai para um lugar mais frio.

Prof: Tem gás frio na lâmpada?

Aluna C.: vai ser de emissão.

Prof: Vai ter linhas escuras?

Aluna C: [...] .brilhantes

Prof: Todas as lâmpadas aqui em cima vão ter linhas de emissão?

[Silêncio dos alunos]

Prof: Será que as linhas vão estar na mesma posição em lâmpadas diferentes?

Aluna I. (2º EM): não

Prof: E como posso ter certeza, por exemplo, que uma determinada lâmpada é de mercúrio?

Aluna I: [...] observando as linhas.

Aluno T (2º EM):. [...] comparar com um padrão.

Foi exatamente o que fizemos. A primeira lâmpada observada foi a incandescente, apresentando um espectro desprovido de linhas brilhantes, um contínuo, o qual é resultado do aquecimento do filamento de tungstênio, que emite em muitas frequências. Em seguida, após desenharem e discutirem o que estava sendo observado, apontaram suas redes para uma lâmpada fluorescente, contendo algumas linhas brilhantes no azul e no verde e bandas no amarelo e no vermelho. Eles perceberam as diferenças entre o espectro da lâmpada fluorescente e da incandescente (Figuras 4 e 5).

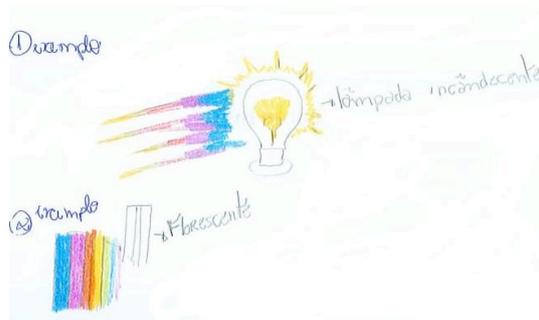


Figura 4: Desenho de uma aluna do primeiro ano do espectro de uma lâmpada de mercúrio e de hélio

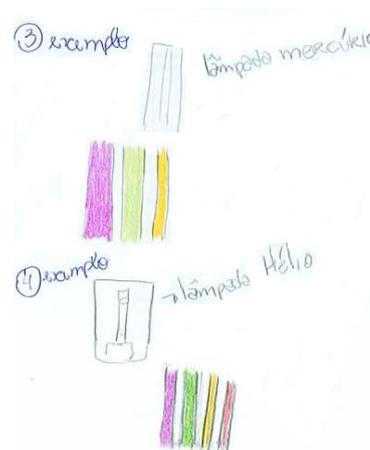


Figura 5: Desenho de uma aluna do primeiro ano do espectro de uma lâmpada incandescente e fluorescente

Em seguida, solicitamos aos alunos que apontassem suas redes de difração para uma lâmpada de mercúrio colocada sobre uma bancada na Sala Solar (kit de lâmpadas para fins didáticos) e para outra lâmpada de mercúrio do teto, sem informá-los de que as lâmpadas continham o mesmo gás. Ao fazerem isto, perceberam que em ambos os espectros havia as mesmas linhas nas mesmas posições. A partir daí discutimos que tais linhas são uma indicação do que existe dentro das lâmpadas, ou seja, neste caso, ambas as lâmpadas possuem o gás mercúrio em seu interior. A partir desta discussão, passaram a identificar as linhas de outra lâmpada desconhecida (lâmpada de hélio). Na Figura 5

podemos ver o desenho do espectro da lâmpada de mercúrio e de hélio da aluna J (1º EM). Em geral, os alunos tiveram dificuldade em se aterem às linhas de emissão, uma vez que as cores do contínuo prendiam sua atenção.

Os estudantes ficaram surpresos ao observarem linhas escuras no espectro do Sol ao invés de brilhantes como haviam visto no espectro das lâmpadas. Isto resultou numa discussão sobre o porquê das linhas solares espectrais serem escuras, enquanto que as linhas espectrais das lâmpadas são brilhantes. Após observarem e identificarem as linhas do espectro das lâmpadas eles entenderam que as linhas do espectro solar estão relacionadas aos elementos químicos existentes no Sol. O próximo passo foi identificar as linhas espectrais no Sol usando uma carta espectral. Eles aprenderam que duas das linhas escuras observadas no espectro solar são na verdade bandas de oxigênio da atmosfera terrestre e não do Sol. As linhas de absorção do Sol são Ferro, Sódio, Magnésio, Hidrogênio e outros elementos químicos de sua atmosfera. Para que fosse possível compreender o motivo pelo qual as linhas espectrais do Sol são escuras e as das lâmpadas, brilhantes, foram discutidas as Leis de Kirchoff para gases (ZEILIK, 1997). A partir da análise dos questionários finais, percebemos que a atividade que os alunos mais gostaram foi a observação do espectro solar.

Como os alunos já haviam estudado no curso sobre a estrutura do Sol (núcleo e atmosfera), eles foram encorajados a aplicarem as Leis de Kirchoff para compreenderem o motivo pelo qual o espectro solar tem linhas escuras. Com a mediação da professora, os estudantes foram capazes de compreender que o interior do Sol age como um corpo negro, que emite um espectro contínuo. Como a atmosfera solar é mais opaca e encontra-se a uma temperatura bem menor do que seu interior, ela absorve parte da radiação do mesmo produzindo as linhas escuras do espectro solar. Além disso, os alunos foram informados no curso sobre a existência de linhas de absorção no Sol em outras faixas espectrais e da presença de linhas de emissão em algumas estrelas (mais quentes que o Sol) e nebulosas.

Todos os alunos afirmaram no questionário final que observaram linhas escuras no espectro solar e alguns mencionaram o contínuo de cores. Quando perguntados, no questionário final, sobre quais materiais foram necessários para se observar o Sol eles responderam: espectroscópio, fenda, espelhos, telescópio, anteparo, rede de difração sem especificar que a fenda e a rede de difração fazem parte do espectroscópio e que os espelhos fazem parte do heliostato (Figura 2a e 2b). Provavelmente, não ficou claro para os alunos que é possível obter o espectro solar sem espelhos ou anteparo de projeção tendo que para isto mudar respectivamente, a montagem do telescópio e o sistema óptico do espectroscópio.

Com relação à constituição química do Sol, as respostas ao questionário final mostraram que nenhum aluno apresentou a concepção inicial de que a radiação solar é um “elemento químico”, ou mesmo mencionou o termo “raios solares”. Isto provavelmente ocorreu porque os alunos observaram o espectro solar e identificaram os principais elementos presentes concluindo que são os mesmos elementos químicos existentes na Terra.

O aluno V. (1º EM) havia respondido no questionário inicial que é possível saber quais elementos estão presentes no Sol devido às explosões observadas por satélites. Já, no questionário final afirmou que sabemos da existência de outros elementos no Sol como o ferro, devido à provável existência de estrelas que teriam se formado antes do

Sol e que seriam mais massivas do que ele, sem se referir à espectroscopia. No curso foi mencionado que elementos químicos mais pesados que hidrogênio e hélio foram sintetizados por outras estrelas que existiram antes do Sol, e que a identificação destes elementos é fruto do uso da espectroscopia para estudo das estrelas.

O aluno We. (3º EM) afirmou no questionário final que há vários elementos no Sol como o hélio e o dióxido de carbono que foram detectados por espectroscopia. Não há dióxido de carbono na região visível do espectro solar, o que existe são bandas de oxigênio que pertencem a nossa atmosfera. Este aluno, talvez tenha mantido sua concepção prévia, detectada no questionário inicial, de que a radiação solar seria responsável por fornecer elementos químicos para as plantas durante a fotossíntese, uma vez que mencionou o dióxido de carbono, fonte da respiração das plantas. Os demais alunos responderam que há vários elementos químicos no Sol e que podemos identificá-los por espectroscopia, mas apenas os alunos Wi. (3º EM) e Ta. (2º EM) mencionaram como isto é feito.

Perguntamos no questionário final o que são as linhas espectrais observadas no Sol e nas lâmpadas, e porque as do Sol são escuras e as das lâmpadas brilhantes. Todos os alunos que responderam à questão afirmaram que as linhas brilhantes das lâmpadas são de emissão e as linhas escuras no Sol são de absorção. De uma maneira geral compreenderam que as linhas do espectro solar são escuras devido ao fato do núcleo solar ser mais quente do que a superfície, e que a mesma absorve a radiação oriunda do interior solar. O aluno V. (1º EM) ainda acrescentou no questionário final que existem linhas escuras no espectro solar causadas pela nossa atmosfera.

Apenas o aluno We. (3º EM) escreveu no questionário final que as linhas brilhantes no espectro das lâmpadas são “cores que significam a identificação de algum composto químico e as linhas escuras são os elementos químicos”. O aluno não compreendeu o que de fato são as cores no fundo do espectro das lâmpadas e do Sol, nem o significado das linhas espectrais.

Quando perguntado às alunas C. (1º EM) e I. (2º EM), nas entrevistas finais, se as linhas do hidrogênio no espectro solar se encontram na mesma posição das linhas de uma lâmpada de hidrogênio, ambas responderam que sim indicando que compreenderam o significado das linhas espectrais das lâmpadas e do Sol.

Também perguntamos aos alunos no questionário final quais tipos de radiação o Sol emite além do visível. Todos os alunos afirmaram que o Sol emite em todos os comprimentos de onda, o que revela um mínimo de entendimento sobre as radiações emitidas pelo Sol. O aluno Wi. (3º EM) era bastante motivado e tinha um bom conhecimento prévio sobre astronomia e astrofísica, o que enriqueceu as discussões durante o curso. Por outro lado, o aluno, por saber muito mais que seus colegas, muitas vezes os inibiu, fazendo com que deixassem de responder a algumas questões levantadas pela professora. Este aluno, em especial, é um exemplo evidente da importância de não ignorar a bagagem sócio-cultural trazida pelos alunos na aprendizagem de conceitos em museus de ciências. Não devemos nos ater somente ao ganho cognitivo dos visitantes, mas nos preocuparmos especialmente com a origem de seus conhecimentos prévios, como processo chave para o ensino em espaços não formais de educação (FALK & STORKSDIECK, 2005). Cabe ao professor canalizar de certa forma este fluxo de conhecimento do aluno, de modo que, ao mesmo tempo em que todos tiram proveito do conhecimento destes alunos mais destacados, seja

minimizada a inibição dos que conhecem menos, permitindo assim que eles também se manifestem.

Os conhecimentos iniciais dos alunos sobre outras radiações emitidas pelo Sol, provavelmente são fonte de informações provenientes do que aprenderam na escola, nas aulas de química e física do ensino médio, uma vez que todos os alunos sabiam que o Sol emite outras radiações além daquelas que encontram-se na faixa do visível. Suas experiências prévias também foram constatadas, pois todos sentem o calor proveniente do Sol e sabem dos efeitos nocivos dos raios ultravioletas na pele de uma pessoa.

Com relação à composição química do Sol, as respostas dos alunos evidenciam um sério problema no ensino formal, já que os alunos aprendem nomes e palavras como hélio, luz, magma, fotossíntese, mas não são capazes de atribuir um significado a eles. Assim, espaços não formais, particularmente observatórios e planetários, desempenham um importante papel na construção de significado, pois podem fornecer subsídios para que os estudantes compreendam e contextualizem vários conceitos ensinados na escola.

4. Comentários finais

O tema astronomia é belo e tende a despertar o interesse das pessoas; a observação dos astros, em especial, encanta e intriga. Pelo fato de ser um conhecimento que é ao mesmo tempo prático e abstrato, é importante que a observação sistemática dos astros seja acompanhada por um estudo teórico. Segundo Leite (2002), os fenômenos são de difícil compreensão, pois é necessário unificar a visão geocêntrica e a explicação heliocêntrica. Ou seja, é preciso se distanciar da visão do observador da Terra e visualizar os movimentos de fora da Terra. Compartilhamos com Leite (2002) que os cursos de astronomia devem considerar a experiência concreta e as concepções prévias dos alunos para, a partir daí, reestruturá-lo na direção do conhecimento. A metodologia de sala de aula não é suficiente para que os estudantes entendam como é a natureza e o movimento dos astros. O mesmo vale para estudos sobre a natureza dos fenômenos solares. Daí reside a importância dos centros de ciência no aprendizado: estes espaços permitem contextualizar o que está sendo ensinado, uma vez que os alunos observam os astros, particularmente o Sol, e têm contato com instrumentos astronômicos, indo assim muito além das informações dos livros didáticos.

Esta pesquisa nos deu indícios de como implementar o ensino de tópicos de física moderna por meio de atividades práticas em um espaço não formal. Temas como a composição química, temperatura, evolução estelar foram ensinados a partir de experimentos clássicos na Sala Solar com equipamentos semi-profissionais e de baixo custo. Houve grande ênfase no uso de atividades práticas, tais como a observação de manchas solares e proeminências, do espectro solar na região do visível e a identificação de linhas de absorção do espectro solar. Para propiciar um melhor entendimento dessas observações e das informações que delas podem ser extraídas, foram levantados, de forma reiterada e ao longo de todo o trabalho, os mais diversos questionamentos. Os objetivos de tais atividades foram: compreender o papel chave desempenhado pela espectroscopia na astrofísica, contextualizar o conteúdo ensinado com atividades práticas e implementar abordagens interdisciplinares, através da inclusão da física moderna e da química no ensino de astronomia.

Como era esperado, os alunos que colaboraram para a investigação apresentaram uma grande gama de concepções sobre a natureza solar, algumas mais ingênuas e outras mais próximas das científicas. Alguns alunos acreditavam que o Sol é constituído por fogo e lava, enquanto que outros sabiam que é constituído por hidrogênio e hélio e que produz energia por fusão nuclear. As concepções iniciais sobre manchas solares e proeminências também oscilaram entre estes dois extremos, com alunos concebendo as manchas como sendo buracos na superfície solar e outros alunos que sabiam que as manchas solares são regiões mais frias que a fotosfera e de que as proeminências são compostas por hidrogênio ionizado.

A atividade mais interessante para os alunos do ensino médio foi a observação do espectro solar, como afirmaram no fim do curso. Antes da atividade, a maior parte deles não sabia exatamente o que é um espectro, embora muitos o relacionaram com o arco-íris. Alguns alunos escreveram que esperavam observar manchas solares no espectro, demonstrando um desconhecimento sobre sua natureza. Outros alunos do ensino médio sabiam que a composição do Sol é determinada analisando sua luz. Mas, poucos alunos conheciam como isto é feito, e nenhum deles havia visto um espectro de emissão ou de absorção. O curso permitiu que não apenas observassem o espectro solar, mas que também o comparassem com o produzido por lâmpadas de emissão. Isto gerou discussões sobre as diferenças observadas entre os espectros das lâmpadas e do Sol, que permitiu uma melhor compreensão sobre a natureza do Sol e das linhas espectrais. Tal conhecimento não ficou apenas restrito ao livro didático, na medida em que foi possível contextualizá-lo em um espaço não formal.

Houve também discussões sobre outras radiações emitidas pelo Sol, além do visível, a fim de mostrar que o visível é apenas uma parcela muito pequena do espectro eletromagnético e que estudando o Sol em outros comprimentos de onda obtemos informações relevantes sobre o Sol que não são obtidas na região do visível. Os alunos sabiam que o Sol emite radiações além do visível, como o ultravioleta e o infravermelho. Mas, desconheciam a importância de estudarmos estas outras radiações tanto no Sol quanto em outras estrelas.

Constatamos após a realização do curso, que alguns alunos retornaram ao Observatório para participarem de outras atividades. Para estes alunos, o curso Física Solar foi positivo ao atraí-los para outros temas de Astronomia e outros ramos da ciência. Os contextos fora da sala de aula estimularam os estudantes a promoverem novas conexões com a ciência, pensando mais sobre o tema e suas implicações para a sociedade, além de despertar a consciência de que aprender ciências ultrapassa as barreiras da sala de aula.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao técnico responsável pelo Observatório Dietrich Schiel do CDCC/USP, Jorge Hönel por sua ajuda neste trabalho. Ao CNPq e a Fundação Vitae pelo apoio financeiro.

Créditos das figuras

Fig. 1a, 1b: Adaptado da Fundação Planetário do Rio de Janeiro. A Sala Solar do Observatório Dietrich Schiel foi inspirada no espaço solar da Fundação Planetário do Rio de Janeiro.

Fig. 3a: < http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/electricidade9.php >

Fig. 3b: < http://www.prof2000.pt/users/angelof/af16/ts_sol/rotacao_actividade_regioes_activas.htm >

Fig. 3c: < http://www.spaceweathercenter.org/living_with_a_star/05/05.html >

Referências

AROCA, S.; SILVA, C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: Observação do Sol e de manchas solares, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n.2, 2011.

AROCA, S.; SILVA, C.; SCHIEL, D. Fun and interdisciplinary daytime astrophysical activities. **Physics Education**, v. 43, n. 6, p. 613-169, 2008.

BISCH, S. **Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores**, Tese (Doutorado em ensino de ciências) IF/USP, FE, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução a teoria e aos métodos**, Porto: Porto, 1994, 335 p.

BRASIL. **PCNs+, Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, SEMTEC, 2002.

BRASIL, **PCN, Parâmetros Curriculares Nacionais**, Ciências Naturais, terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília: MEC/SEMT, 1998.

BRAUND, M. & REISS, M. Towards a more authentic science curriculum: the contributions of out-of-school learning. **International Journal of Science Education**, v.28, n.12, p.1373-1388, 2006.

CANIATO, R. **O céu**. São Paulo: Editora Ática, 1990.

COLOMBO JR, P.; AROCA, S.; SILVA, C. Educação em centros de ciências: visitas escolares ao Observatório Astronômico do CDCC/USP, **Investigações em ensino de ciências**, v. 14, n.1, 2009.

FALK, J.; STORKSDIECK, M. Learning science from museums. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2005.

FALK, J. **Free-Choice Science Education**: How we learn Science Outside of School, Teachers College, Columbia University, 2001.

FALK, J. H.; DIERKING, L. D. **Learning from Museums. Visitor Experiences and the Making of Meaning**, Lanham: Altamira Press, 2000, 288 p.

GRIFFIN, J. Research on students and Museums: looking more closely at students in school groups. **Science Education**, 88 (Supp. 1), S59-S70, 2004.

LANGUI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino de astronomia, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, A3, n.2 2005.

LEITE, C. **Formação do professor de ciências em astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade**, Tese Doutorado, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LEITE, C. **Os professores de ciências e suas formas de pensarem a astronomia**, Dissertação (Mestrado em ensino de ciências) IF/USP, FE, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**, São Paulo: EPU, 1986, 99 p.

ZEILIK, M. **Astronomy: The evolving Universe**. Nova Iorque: John Wiley & Son, Inc, 1997.