

O SOL SOB UM OLHAR INTERDISCIPLINAR – RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM ÊNFASE NA FÍSICA SOLAR
(The sun in an interdisciplinary look. Report of a teaching experience with emphasis on solar physics)

Pedro Donizete Colombo Junior [pedro.colombo@usp.br]
Professor de Física da rede de ensino do Estado de São Paulo
Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências - USP
Rua do Matão, Travessa R, 187, Caixa Postal 66318 - Cidade Universitária, São Paulo.

Resumo

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais o ensino contextualizado assume a condição de tema central, sendo a partir dele que se compreende a interdisciplinaridade e se desenvolvem as competências propostas. Neste texto buscamos relatar e discutir brevemente numa perspectiva interdisciplinar o trabalho conjunto de professores de diversas áreas do conhecimento sobre um tema do nosso cotidiano: o Sol. A escolha deste tema foi pautada em vários motivos, dentre eles, por ser um tema vivenciado por todos e pouco conhecido pelas pessoas, e ainda por ser um tema que naturalmente permite uma abordagem interdisciplinar. Não temos a pretensão de apresentar análises de resultados com a rigidez que uma pesquisa científica exige, mas sim relatar a experiência de um trabalho interdisciplinar em uma escola pública do estado de São Paulo. Neste sentido, adotamos um viés de relato de experiência didática que possa motivar colegas professores a desenvolver trabalhos deste tipo em suas escolas sedes. Ao término das atividades concluímos que trabalhar o ensino de maneira contextualizado, no qual o aluno vivencia, aprende e discute com a integração de diferentes disciplinas, possibilita a compreensão do tema trabalhado em seus diferentes aspectos, sejam eles de cunho humanístico ou científicos, não limitando o conhecimento a fronteiras disciplinares e propiciando ao aluno uma visão não fragmentada da ciência.

Palavras chaves: Sol; interdisciplinaridade, relato de experiência; Física Solar.

Abstract

In the National Curriculum contextual teaching assumes the condition of the central theme, and from it comes an understanding of the interdisciplinary skills and the development of the proposed competencies. In this work we report and briefly discuss an interdisciplinary working group of teachers from different fields of knowledge on a topic of everyday life: the sun. The choice of this theme was based on several reasons, among them, because the subject was experienced by all but little known by people, and because it was a subject that naturally allows for an interdisciplinary approach. We do not claim to present analysis results with a stiffness that scientific research requires, but to report the experience of interdisciplinary work in a public school in the state of Sao Paulo. In this sense, we adopt a bias in the reporting of a teaching experience that can motivate fellow teachers to develop this type of activities in their schools. At the end of the activities we realized that the work of teaching in a contextualized way in which the student experiences, learn and discuss the integration of different disciplines, enables the understanding of the subject worked in its different aspects, whether humanistic or scientific in nature, not limited to understanding the boundaries between disciplines and providing students with a not fragmented vision of science.

Keywords: sun; interdisciplinarity; experience report; solar physics.

1. Considerações iniciais

As abordagens curriculares enfatizam cada vez mais o papel desempenhado pela aproximação do cotidiano do aluno com o ensino, particularmente o de ciências, e a importância da

interdisciplinaridade nesta aproximação. É fato que o ensino tradicional de ciências presente na maioria das escolas brasileiras não é (ou nunca foi) suficiente para permitir aos alunos uma visão contextualizada da ciência, sendo necessário estreitar a ligação entre o que se aprende na escola e a vida cotidiana. Esta aproximação pode enriquecer o aprendizado e proporcionar um real significado no momento em que se aprende.

Neste sentido as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio entendem que contextualizar o ensino permite ampliar a interação entre as áreas e também entre as disciplinas. Contextualizar significa admitir uma relação entre sujeito e objeto do conhecimento em todo o processo de ensino-aprendizagem, propiciando a comunicação entre diversas disciplinas neste processo. A interdisciplinaridade aparece nas Diretrizes Curriculares Nacionais contrapondo-se à compartimentalização do ensino (Ricardo, 2004).

[...] na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para [...] compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista (Brasil, 1999, p.34).

Muitas definições são usadas para expressar a interdisciplinaridade no ensino (Japiassú, 1976; Demo, 1997; Lopes, 1999; Fazenda, 2002). Lück (1995), por exemplo, define a interdisciplinaridade como:

[...] o processo que envolve a integração e engajamento de educadores, num trabalho conjunto, de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino, objetivando a formação integral dos alunos, a fim de que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo (Lück, 1995, p. 64).

O presente texto busca explicitar o trabalho conjunto de diversos professores, numa perspectiva interdisciplinar, sobre um tema comum a todos: o Sol. O trabalho envolveu professores de Biologia, Matemática, História, Química e Física, e possibilitou trabalhar o tema Sol com os alunos sob seus vários aspectos: culturais, sociais, religiosos, científicos, etc. Trabalhar o ensino de ciências de maneira contextualizada e o tema Sol de modo interdisciplinar propicia ao aluno uma visão não fragmentada da ciência, uma vez que,

[...] nem sempre se estabelecem fronteiras nítidas entre as disciplinas. [Por exemplo,] a Química, que surgiu há alguns séculos, apresenta interesses comuns com a Física, como a constituição atômica da matéria, e outros em comum com a Biologia, como processos bioquímicos e o estudo das substâncias orgânicas [...] (SEE/SP, 2008, p. 35).

Com vistas à interdisciplinaridade, foi elaborado um plano de trabalho subdividido em 5 blocos de ensino integrados. Cada bloco de ensino foi composto por uma disciplina (Biologia, Matemática, História, Química e Física) com enfoque curricular próprio, porém centrado no mesmo tema: o Sol. O professor responsável por determinado bloco de ensino deveria inicialmente introduzir o tema (podendo fazê-lo com um enfoque disciplinar), e no desenvolvimento dos trabalhos propiciar a articulação com as demais disciplinas.

As atividades foram desenvolvidas durante os meses de agosto e setembro de 2010 em uma escola pública da rede estadual de ensino do Estado de São Paulo e contou com a participação de alunos do terceiro ano do Ensino Médio (68 alunos divididos em 2 salas). No desenvolvimento das atividades adotou-se uma metodologia qualitativa (Lüdke & André, 1986), onde o professor com a realização de entrevistas semi-estruturadas e discussão com a sala respeitava o tempo didático dos alunos e ao mesmo tempo planejava suas ações futuras. Em todos os blocos de ensino foram privilegiados os trabalhos em grupo e a participação dos alunos por meio de diálogos expositivos com a sala. Em alguns momentos (disciplinas) optou-se também pela realização de seminários.

Como atividade final, os alunos em grupo elaboraram um texto, único para todas as disciplinas, contemplando e articulando todos os blocos de ensino trabalhados. Aqui não temos a

pretensão de apresentar discussões de resultados com a rigidez que uma pesquisa científica exige, mas sim relatar a experiência didática de um trabalho interdisciplinar. Neste contexto, não nos pautaremos exaustivamente em discutir dados e/ou resultados da pesquisa, mas adotaremos um viés de relato de experiência didática que possa motivar colegas professores a desenvolver trabalhos deste tipo em suas escolas sedes.

2. Nossa estrela o Sol

A escolha em trabalhar o tema Sol foi motivada por vários fatores, dentre eles, por ser um assunto que naturalmente possibilita uma abordagem interdisciplinar, abrangendo uma gama imensa de possibilidades de trabalhos. Também por ser um tema vivenciado por todos, porém pouco conhecido. Explorar este tema permite penetrar em várias áreas do conhecimento e desta forma promover um ensino interdisciplinar e questionador. Permite ainda adentrar em campos do ensino de ciências pouco discutidos em sala de aula, por exemplo, a física moderna. Acreditamos que este panorama seja fundamental para que o estudante adquira uma visão não fragmentada das ciências.

O Sol já foi considerado um deus na religião de muitos povos da antiguidade, tamanho sua importância para o desenvolvimento da vida na Terra. Sem esta estrela não seria possível a sobrevivência das espécies que hoje habitam nosso planeta. Por outro lado, o excesso de sol também pode causar danos, por exemplo, o câncer de pele em humanos (exposição excessiva a radiação ultravioleta).

O Sol é a estrela mais próxima da Terra e, portanto a mais estudada pelos cientistas. A partir do Sol podemos inferir a evolução e a constituição física das demais estrelas, nos servindo de um laboratório de estudos impossível de ser reproduzido na Terra. Basicamente nossa estrela é uma gigantesca esfera quente de gases com aproximadamente 1,4 milhões de quilômetros de diâmetro, situado a aproximadamente 150 milhões de quilômetros da Terra. Ainda assim, a maior parte das estrelas existentes são maiores que o Sol e encontram-se muito mais distantes (a estrela mais próxima da Terra depois do Sol, Próxima Centauri, encontra-se a mais de 40 trilhões de quilômetros da Terra).

No passado, não se conhecia a composição do Sol e houve muita especulação sobre a natureza da radiação emitida por ele. Muitas hipóteses foram propostas para explicar sua natureza. No início do século XX os trabalhos de Hans Bethe (1906-2005) e colaboradores nos forneceram uma resposta para a fonte de energia das estrelas, as reações nucleares, o que lhe rendeu o prêmio Nobel de física em 1967. Hoje se sabe que a principal fonte de energia solar é a fusão de prótons em núcleos de hélio. Estima-se que a energia responsável pela luminosidade do Sol é da ordem de $3,8 \times 10^{26}$ J/s. Esta energia é muito alta, se comparada, por exemplo, à potência de todas as usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares no Brasil (aproximadamente 9×10^{10} J/s) (Zeilik, 1997; Silva, 2006).

3. O Sol em uma perspectiva interdisciplinar

Os PCN+ recomendam como eixos centrais a interdisciplinaridade e a contextualização na organização de dinâmicas interativas na sala de aula (Silva, 2008). Trabalhos interdisciplinares são importantes na medida em que os alunos adquirem em sua formação uma visão mais aguçada da natureza para compreender o mundo em que vivem e participar dele.

O relato de experiência que se segue traz algumas das abordagens realizadas nos diferentes blocos de ensino. Nos quatro primeiros blocos (Biologia, Matemática, História e Química)

optamos por apresentar sucintamente alguns dos trabalhos realizados em sala de aula, deixando para o quinto bloco (Física) um relato mais extenso e análise das atividades realizadas.

É importante destacar que cada um destes blocos de ensino por si só propiciariam um texto com análises e discussões próprias, porém no presente texto nossa pretensão é, por um lado ser generalista na apresentação das atividades dos blocos de ensino, e por outro lado enfatizar e discutir com mais detalhes as atividades do bloco de ensino referente a física, particularmente a física solar.

3.1. Biologia

3.1.1 Sol: benefícios e malefícios à vida

O Sol exerce muita influência sobre a Terra. Sabemos que o Sol é essencial para a existência e manutenção da vida no planeta, por outro lado sabemos também que para o ser humano a exposição contínua ao Sol sem os devidos cuidados podem ser prejudiciais a saúde. Aqui o professor de biologia buscou trabalhar com os alunos questões relacionadas à importância do Sol para a manutenção da vida em nosso planeta. Neste sentido, algumas questões serviram de motivação para as discussões realizadas em sala de aula: O que seria de nós, seres humanos, sem a luz do sol? E as plantas sem a fotossíntese? O Sol só traz benefícios para nós? A preocupação com o Sol hoje é a mesma de civilizações antigas? Olhando para as condições necessárias a vida na Terra, é possível ter vida semelhante a nossa em outros planetas?

A gama de assuntos explorados durante este bloco de ensino foi imensa. Alguns abordando o Sol como necessário à vida e a saúde humana e outros trazendo o Sol, quando em excesso, como vilão. Dentre os tópicos trabalhados em sala, um dos que mais gerou discussões entre os alunos foi o que fazia referência as condições para vida humana fora da Terra, assunto este que extrapola quaisquer abordagens disciplinar.

Dentre os tópicos discutidos em sala, alguns pontos positivos referentes ao Sol foram destacados:

- ❑ O Sol como agente indispensável à boa saúde. A exposição ao Sol faz com que o organismo absorva vitamina D, consequentemente ajuda a evitar doenças como raquitismo e osteoporose;
- ❑ Em escala global, a dependência de luz solar para que as plantas realizem fotossíntese;
- ❑ Energia solar e outros recursos, tais como a energia eólica e biomassa, responsáveis por grande parte da energia renovável disponível na terra;



Figura 1: Dependência de luz solar



Figura 2: Exposição excessiva ao Sol

Em contrapartida, coerentemente o professor também abordou alguns dos perigos que o Sol pode apresentar à vida na Terra. Também os cuidados que devemos ter com nosso planeta tendo em vista o bem estar de todos. Neste contexto, foram trabalhados:

- ❑ Os perigos da exposição em excesso ao Sol e as radiações solares que pode causar vermelhidão, envelhecimento precoce, queimaduras, além de doenças, como o câncer de pele;
- ❑ Camada de ozônio, efeito estufa e aquecimento global...

Em muitos tópicos, visando o trabalho interdisciplinar, o professor buscou a comunicação com outras disciplinas. É importante destacar que igualmente a outros blocos de ensino, o professor inicialmente abordava o assunto de modo disciplinar, e no desenvolvimento dos trabalhos buscava a articulação com outras disciplinas, por exemplo, com a física/astronomia/química (condições necessárias à vida fora da Terra).

Um exemplo desta articulação interdisciplinar fica claro na abordagem do professor quando se refere ao efeito estufa e o aquecimento global. Ao abordar tais temas, o professor buscou iniciar uma discussão enriquecedora sobre o desenvolvimento tecnológico e a preocupação com o meio ambiente. Nesta mesma linha, também discutiu com os alunos ações governamentais e alguns tratados internacionais (Protocolo de Kyoto, cujo prazo expira em 2012, e outros), motivando os alunos a pesquisarem e discutirem o tema em outras áreas do conhecimento.

3.2. Matemática

3.2.1 Distâncias astronômicas: uma nova unidade (UA)

Neste bloco de ensino o professor buscou trabalhar com os alunos de maneira teórica e prática alguns conceitos de distâncias astronômicas, geometria e unidades de medida. Assim, discutiu com seus alunos algumas das características do Sol como, diâmetro e distância Sol-Terra, além de introduzir a noção de unidades de medida não familiares ao cotidiano dos alunos, por exemplo, a Unidade Astronômica (UA).

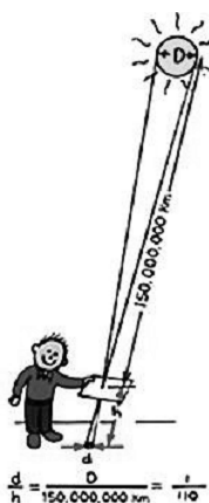


Figura 3: Atividade para se estimar o diâmetro do Sol (AROCA 2009)

No que se refere a distancias astronomicas, o primeiro dado fornecido aos alunos foi a distância em que nos encontramos do Sol, ou seja, aproximadamente 150 milhões de quilômetros, o que corresponde a 1 UA. Este dado foi importante para que os alunos pudessem desenvolver algumas atividades futuras.

Uma das atividades realizadas com os alunos foi a estimativa do diâmetro solar. Para estimar o diâmetro do Sol o professor empregou uma atividade bastante simples utilizando conceitos de geometria (semelhança de triângulos) e cálculos elementares. Nesta atividade utilizou-se materiais escolares básicos, como um pedaço de cartolina preta, um compasso com ponta, uma folha de papel branco, além de um belo dia ensolarado (Figura 3).

Antes, porém, o professor reservou algumas aulas para trabalhar com os alunos alguns conceitos da geometria (relembrar). Neste contexto, buscou (em colaboração com o professor de história) enfatizar a estreita ligação entre esta e astronomia na antiguidade. Como afirma

Ávila (2011, online) “[...] a astronomia, que é a mais antiga das ciências, oferece excelentes

exemplos de aplicações simples e interessantes de fatos geométricos elementares”. A Astronomia é um assunto que fascina e desperta a curiosidade dos alunos, assim, explorar a dicotomia astronomia-geometria estimula a curiosidade científica dos alunos, e os ajuda a entender melhor o papel da matemática como instrumento da ciência aplicada¹.

Na determinação do diâmetro do Sol algumas etapas deveriam ser seguidas. Inicialmente os alunos fizeram um furo com o compasso em um pedaço de cartolina e afastando a cartolina do chão mediram o mínimo diâmetro possível da imagem do Sol projetado sobre uma folha branca colocada no chão (Figura 3). Sabendo as dimensões da imagem projetada (d), a distância entre a cartolina e a folha branca (h) e a distância da Terra até o Sol, aplicando o conceito de semelhança de triângulos e alguns cálculos simples, estimaram o diâmetro solar (D_{Sol}) $\left(\frac{d_{imagem}}{h_{imagem}} = \frac{D_{Sol}}{1,5 \times 10^{11} m} \right)$ (Riordan *apud* Aroca, 2009).

Durante a atividade ficou explícito que a maior dificuldade dos alunos foi a tomada de dados experimentais, fato este que é plenamente justificável: em geral, devido a fatores diversos como não flexibilidade curricular, despreparo docente e estrutura escolar, os alunos não estão habituados a realização de atividades práticas, o que ficou claro na imprecisão das medidas realizadas durante o experimento. No entanto, sendo este um experimento simples e rápido possibilitou aos alunos realizá-lo diversas vezes de modo a melhorar paulatinamente os dados coletados.

Analisando os resultados finais obtidos pelos grupos concluímos que esta atividade, apesar de simples e sem aparatos experimentais sofisticados, forneceu bons resultados. A maioria dos grupos encontrou valores para o diâmetro Solar na mesma ordem de grandezas dos fornecidos pela literatura ($D_{Sol} = 1,4 \times 10^6 Km$), ou seja, compreenderam que o Sol encontra-se a milhões de quilômetros ($10^6 Km$) da Terra.

Após esta atividade o professor encorajou os alunos a debaterem e concluírem sobre as relações matemáticas existentes entre o diâmetro do Sol, da Terra, da Lua e de outros planetas do sistema solar². Para isso o professor forneceu aos alunos o valor do diâmetro da Terra e de alguns astros celestes. De posse destes dados, os alunos dividiram o diâmetro do Sol, obtido na atividade anterior, pelo diâmetro dos astros que queriam comparar e concluíram a relação de tamanho existente entre o Sol e o astro em questão. O Sol apresenta um diâmetro aproximadamente 110 vezes maior do que o da Terra.

Enfim, extrapolando o Sistema Solar, o professor trabalhou com os alunos o uso unidades de medidas para distâncias no Universo, introduzindo o conceito de UA, ano-luz e parsec. Concluiu o bloco de ensino mostrando para os alunos o quão longe estamos da estrela mais próxima do Sol, a Próxima Centauri (cerca de 4 anos-luz do sistema solar).

3.3 História

3.3.1 O sol nas diversas sociedades

Como já mencionado o Sol na religiosidade de muitos povos era considerado um deus. Assim trabalhar este tema em sala de aula possibilitou ao professor de História discutir as representações

¹ Para aprofundamento, recomendamos a leitura do texto: “A Geometria e a Astronomia na Grécia Antiga”. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~eliane/ma241/trabalhos/astronomia.pdf>

² Para conhecer o diâmetro de alguns astros celestes e as distâncias do astro em relação ao Sol, sugerimos o domínio: <http://astronomiacb.planetaclix.pt/tabela.htm>

deste astro celeste, sua importância para diversas sociedades e ainda a religiosidade de diferentes povos, como Incas, Maias, Astecas, Gregos, Egípcios entre outros. De modo a relatar parte do trabalho desenvolvido pelo professor e ao mesmo tempo apresentar uma das inúmeras possibilidades de se trabalhar o tema Sol com os alunos em aulas de História, tomemos como exemplo a abordagem realizada pelo professor sobre o Sol na sociedade Inca³.

Visando um trabalho interdisciplinar, o professor foi muito feliz ao escolher a sociedade Inca para abordar o tema Sol com seus alunos, uma vez que os Incas possuíam notável relação com os conhecimentos de astronomia, principalmente relacionados ao Sol.

Inicialmente o professor buscou contextualizar a sociedade Inca com um enfoque histórico e discutir com seus alunos a importância do Sol para esta sociedade.

Os Incas eram extremamente religiosos e viam alguns dos astros no céu como entidades divinas às quais suplicavam suas bênçãos, fosse para melhores colheitas, fosse para o êxito em combates com grupos rivais. Tinham como principal deus o Sol, deus Inti (Figura 4), tanto que seus reis eram conhecidos como filhos do Sol.



Figura 4: Inti, deus Sol

Os Incas atribuíam ao deus Sol qualidades espirituais, transmitidas à mente pela mastigação da folha de coca, o que justifica profecias da criação de templos sagrados construídos nas encostas íngremes das montanhas andinas (Blainey, 2008).

Durante as discussões com os alunos, um tópico bastante explorado pelo professor foi à estreita relação que os Incas tinham com a astronomia. A sociedade Inca possuía notável conhecimento astronômico, tanto que nas ruínas da cidade de *Machu Picchu*, encontra-se uma famosa construção Inca: um relógio solar (Figura 5), que descreve o percurso do Sol, personificado por Inti. Seus conhecimentos propiciaram o desenvolvimento de um calendário utilizado para os trabalhos agrícolas e para as festas.



Figura 5: Relógio Solar Inca

Usando como chamariz o tema Sol, o professor discutiu com os alunos diversos temas relacionados à cultura e crenças de diversos povos. Neste sentido baseou-se no conhecimento histórico que se tem de cada um dos povos abordados em aula.

Enfim, visando à comunicação interdisciplinar, durante o desenvolvimento do bloco de ensino o professor buscou motivar os alunos a pesquisarem e retomarem determinadas discussões com outras áreas do conhecimento, por exemplo, no que se refere aos povos Incas, com a matemática (arquitetura das construções); astronomia (relógio solar).

³ Os Incas habitavam os planaltos andinos, desde a Colômbia até as regiões do Chile e da Argentina atuais.

3.4 Química

3.4.1 A produção de energia no Sol

Apesar de enxergar o Sol todos os dias e sobreviver graças a sua energia, sua natureza é misteriosa e intrigante para a maioria das pessoas. O Sol é a estrela mais próxima da Terra e a mais estudada pelos cientistas (Zirin, 1988; Bhatnager & Livingston, 2005; Silva, 2006). Neste bloco de ensino o professor convidou os alunos à 'olharem' para o interior do Sol e buscar compreender o Sol a partir do estudo sobre a produção de energia e as reações que ocorrem em seu interior. Inicialmente foi apresentado aos alunos algumas das características químicas de nossa estrela.

A massa solar é composta principalmente de hidrogênio (cerca de 92,1% do número de átomos, 75% da massa). Hélio também é encontrado no Sol (7,8% do número de átomos e 25% da massa). Outros elementos (0,1%) também fazem parte da composição solar, principalmente carbono, nitrogênio, oxigênio, neônio, magnésio, silício e ferro. É importante destacar que esses valores mudam à medida que o Sol converte o hidrogênio em hélio em seu núcleo. O Sol não é sólido, nem gás, mas plasma, ou seja, gás ionizado constituído de elétrons livres, íons e átomos neutros (NASA, 2011).

Outro tópico abordado pelo professor diz respeito às reações químicas que ocorrem no interior das estrelas, particularmente do Sol. A energia solar é produzida por meio de reações de fusão nuclear, ocorridas em seu núcleo. Na fusão nuclear prótons dos átomos de hidrogênio, sob a ação da enorme pressão e da alta temperatura no centro da estrela, se juntam (ou "se fundem"), formando núcleos de hélio. Essa reação é chamada de ciclo próton-próton. Um esquema sucinto das reações nucleares (que ocorrem no núcleo das estrelas) apresentado aos alunos está explicitado na figura 6.

Dois prótons (núcleos do hidrogênio) se juntam para formar um *deuteron* (núcleo do deutério) mais um pósitron e um neutrino. Em seguida o *deuteron* se combina com outro próton para formar um núcleo de hélio-3. Finalmente, os núcleos de hélio-3 se juntam para formar um núcleo de hélio-4, liberando dois prótons. A massa do produto da fusão é um pouco menor que a soma das massas dos núcleos que se fundiram. A diferença de massa é liberada na forma de energia, segundo a formulação de Einstein, $E = mc^2$ (Kepler & Saraiva, 2004).

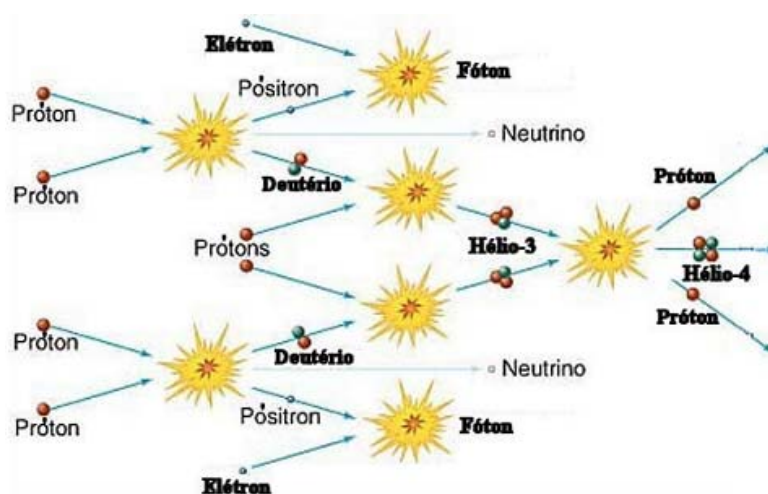


Figura 6: Ciclo próton-próton (Kepler & Saraiva, 2004, online).

Durante as discussões do professor com a sala um fato que surpreendeu os alunos foi saber que a cada segundo cerca de 7×10^8 toneladas de hidrogênio são convertidas em aproximadamente $6,95 \times 10^8$ toneladas de hélio, além de $5,0 \times 10^6$ toneladas de energia na forma de raios gama.

É importante ressaltar que à medida que se desloca em direção à superfície, essa energia é continuamente absorvida e novamente irradiada a temperaturas cada vez mais baixas, de modo que ao atingir a superfície ela é basicamente luz visível. Estima-se que a energia responsável pela luminosidade do Sol é da ordem de $3,8 \times 10^{26}$ J/s. Como mencionado anteriormente, esta energia é muito alta, se comparada à potência de todas as usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares no Brasil (aproximadamente 9×10^{10} J/s) (Silva, 2006).

Enfim, foram muitas as discussões realizadas neste bloco de ensino, por exemplo, a origem de elementos químicos presentes em nosso planeta e não sintetizados pelo Sol. Ao discutir sobre a presença destes elementos em outras estrelas, o professor buscou também explorar alguns conceitos de evolução estelar.

Dois pontos merecem destaque neste bloco de ensino. O primeiro diz respeito à postura do professor durante as aulas. Este colocou-se como mediador do conhecimento, preocupando-se não apenas com o ensino conteudista, mas com o processo de ensino-aprendizagem em que os alunos estavam envolvidos. Neste sentido privilegiou o debate e a argumentação entre os alunos e entre aluno-professor. Um segundo ponto a destacar foi à grande dificuldade apresentada pelos alunos em conceitos básicos da química e no entendimento do ciclo próton-próton. Se por um lado esta dificuldade se justifica por ser este um assunto novo para eles (ciclo próton-próton), por outro reflete o deficiente aprendizado de conceitos de química *trazido* de anos anteriores, basicamente no que se refere ao estudo do átomo e estrutura atômica.

3.5 Física – relato e discussão das atividades

Neste bloco de ensino aprofundamos as discussões sobre a abordagem da física moderna a partir da física solar. É importante ressaltar que abordar a física solar permitiu contemplar um dos temas estruturadores propostos pelos PCN+ - “Matéria e Radiação” (Brasil, 2002).

3.5.1 O ensino de física moderna

Tópicos de física moderna no ensino médio são citados em muitos documentos oficiais (PCN, 1999; PCNs+, 2002; SEE/SP, 2008 e 2009) desde as últimas décadas do século XX. Neste sentido muito tem se discutido nas últimas décadas sobre a necessidade de inovar o currículo das disciplinas científicas do ensino médio, particularmente de física, incluindo conteúdos de física moderna (Barojas, 1998). Diversas pesquisas em ensino de física têm apontado a necessidade da inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio (Brockington & Pietrocola, 2005; Pereira & Ostermann, 2009), no entanto raramente tópicos de física moderna são abordados em sala de aula. Um dos principais motivos deve-se ao fato de que a maioria dos professores não consegue (ou não sabe) ensinar este tema tão amplo e presente na vida cotidiana, já que não o estudaram durante sua formação inicial e raros tiveram contato durante formação continuada.

Os desafios são impostos não apenas pela complexidade intrínseca destes tópicos, mas também pelo sistema de ensino que na maioria das vezes dificulta, e até impede, qualquer tipo de inovação, ou seja, grande parte dos professores está presa a um cenário pedagógico com pouca flexibilidade (Brockington & Pietrocola, 2005). Apesar de ser consensual entre os pesquisadores da área de ensino de ciências a necessidade de se incluir tópicos de física moderna no currículo escolar, não podemos afirmar o mesmo sobre como essa introdução deve ser feita.

3.5.2 A física solar

Neste bloco de ensino o professor trabalhou com os alunos diversos temas relativos ao Sol, como manchas solares, vento solar, aurora boreal e astral, composição do Sol, tempestade geomagnética, temperaturas no Sol e espectro solar.

Inicialmente o professor apresentou um panorama geral sobre a física solar e prôpos aos alunos a realização de seminários em grupos sobre alguns temas relativos a física solar. Os seminários apresentados cobriram grande parte dos temas supracitados. Durante e após as apresentações, visando socializar o conhecimento, o professor aprofundava os conceitos apresentado e motivava os alunos a discutir com seus pares. Em geral temas relacionados à astrofísica são belos e tendem a despertar o interesse dos alunos, assim muitas vezes as discussões extrapolaram os conceitos previamente apresentados, gerando um ambiente muito agradável e enriquecedor para a construção do conhecimento.

Destacamos que dentre os tópicos trabalhados nos seminários, um dos que mais motivou os alunos à discussão foi o tema “tempestades geomagnéticas”, as quais podem causar grandes impactos a Terra. Talvez este tema tenha chamado mais a atenção dos alunos devido ao recente lançamento do filme 2012⁴, onde eventos apocalípticos previstos num antigo calendário dos povos Maias começam a destruir a Terra a partir de desastres naturais⁵.

É conhecido pelos cientistas que uma das maneiras mais severas que o Sol pode afetar a Terra é pelas tempestades geomagnéticas, que ocorrem com mais frequência em épocas de alta atividade solar. Estas duram tipicamente algumas horas podendo provocar indução de corrente elétrica em sistemas de fornecimento de energia elétrica, causando variações de frequência e voltagem (Bhatnager & Livingston, 2005). Em 1989, uma grande tempestade geomagnética causou um apagão elétrico na província de Quebec (Canadá) e New Jersey (EUA). Os danos e perda de receita foram estimados em centenas de milhões de dólares (Figura 7).

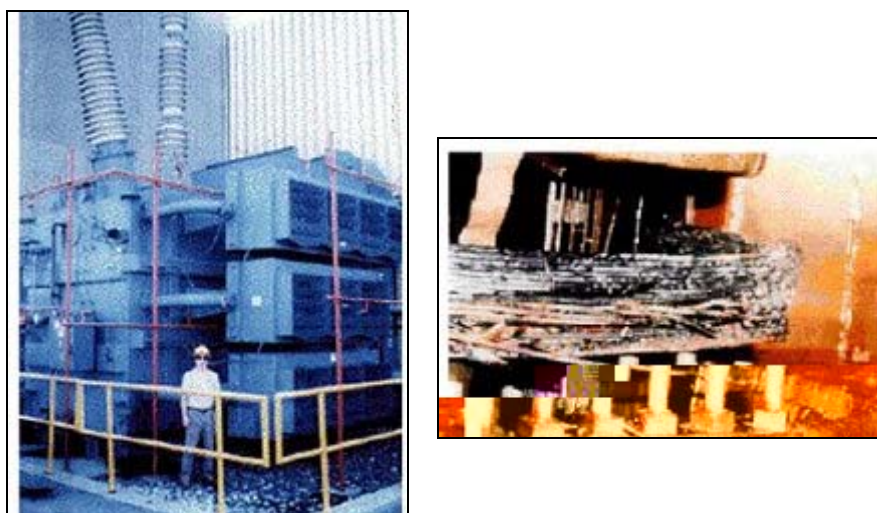


Figura 7: Transformador danificado devido à tempestade geomagnética em 1989 (NASA, 2008) ⁶.

⁴ 2012 dirigido por Roland Emmerich. Distribuído pela Columbia Pictures, 2009, EUA.

⁵ Neste sentido, os alunos foram motivados a discutirem com o professor de história sobre a cultura Maia e a relação existente entre esta cultura, seu calendário e as previsões de catástrofes naturais.

⁶ Transformador da *Public Service Electric and Gás* da *Salem Nuclear Generating Station* em New Jersey (EUA), queimado pelas correntes elétricas geomagneticamente induzidas, causadas pela tempestade geomagnética de 1989.

Neste contexto, foram oportunas as discussões com os alunos sobre as tempestades geomagnéticas, visto que a sociedade contemporânea é altamente dependente de sistemas eletroeletrônicos, tal como o uso de GPS (*Global Positioning System*) como sistema de orientação, e durante tempestades geomagnéticas estes aparelhos podem ser danificados provocando perda da orientação de aeronaves, problemas nas comunicações, linhas de transmissão de eletricidade e podendo até modificar órbitas de satélites artificiais.

Enfim, após trabalhar de modo teórico alguns tópicos relativos ao Sol com os alunos, o professor propôs a realização de duas atividades práticas. A primeira foi a construção de um espectroscópio de baixo custo e a segunda estimar a temperatura da superfície do Sol (fotosfera solar). Em sala de aula questões científicas são raramente ensinadas por meio de atividades práticas, em se tratando do ensino de física estudar aspectos da física solar propiciou uma aproximação entre o conhecimento científico e o mundo cotidiano do aluno.

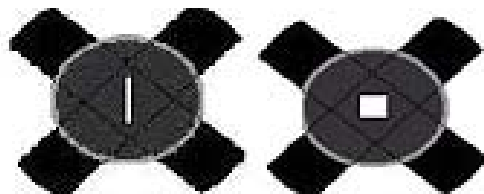
✓ *Construção do espectroscópio*

Iniciando esta atividade o professor ressaltou o fato do Sol, assim com as demais estrelas, possuir uma assinatura química, como se fosse uma impressão digital, e que para enxergar esta assinatura é necessário dispor de dispositivos que decompõem a luz emitida pelo Sol (espectro solar), ou seja, o espectroscópio.

A construção do espectroscópio foi realizada com materiais de baixo custo. A construção artesanal do espectroscópio possibilitou aos estudantes um contato, mesmo que de forma amadora, com uma das *ferramentas* mais poderosas que os astrônomos dispõem atualmente para estudar o céu, a espectroscopia. A partir da espectroscopia é que astrônomos obtêm grande número de informações a respeito de astro distante.

Para a montagem do espectroscópio foram utilizados: fita isolante, fita adesiva, CD, cola, régua, estilete, tesoura, um tubo de PVC de 15 cm pintado com tinta preta ou tubo de papelão (tubo de papel toalha) revestido com papel *color set* preto (Figura 8a). De posse dos materiais os alunos em grupo, orientados pelo professor, seguiram algumas etapas para a construção do espectroscópio.

A primeira etapa foi fazer duas tampas para o cilindro (tubo de PVC), sendo uma com uma fenda central (2 cm x 1 mm) e outra com um orifício no centro (1 cm²) (Figura 8b). Em seguida os alunos retiraram a película refletora do CD e recortaram (utilizando as bordas do CD, local onde as linhas de gravação são mais paralelas) um quadrado de 2 cm² colando-o sobre a tampa com o orifício quadrado (Figura 8c). Finalmente foram coladas as tampas sobre o tubo de PVC, tomando o cuidado de deixar a fenda de uma tampa alinhada com o orifício quadrado da outra tampa, e isolando bem para evitar frestas que possibilitassem a entrada de luz por outro caminho senão a fenda da tampa (Figura 8d)⁷.



⁷ Esta montagem baseou-se na situação de aprendizagem “Um equipamento astronômico” sugerida pela Proposta Curricular do Estado de São Paulo para a 3ª série do Ensino Médio (SEE/SP, 2009, Ap. 3, p. 25-9).

Figura 8a: Materiais utilizados

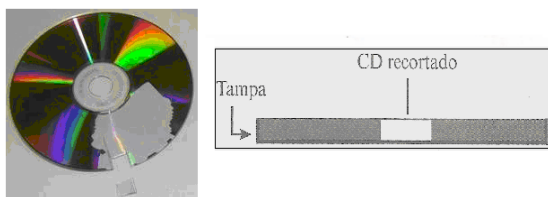


Figura 8b: Tampas para o tubo

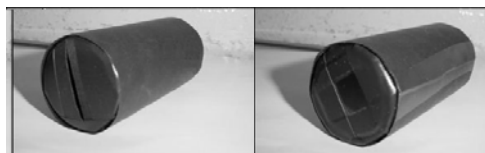


Figura 8c: Retirando a película do CD

Figura 8d: Espectroscópio pronto

Com o espectroscópio pronto os alunos passaram a observar diversas fontes de luz, como o Sol (a partir de observação indireta), lâmpada incandescente, lâmpada traseira de automóveis..., e fazer representações das imagens observadas (espectros).

As discussões que se seguiram, após o uso do espectroscópio, permitiram ao professor discutir sucintamente com os alunos a respeito de espectros de absorção e emissão. Permitiram ainda adentrar em outros campos do conhecimento, particularmente a química, ao introduzir conceitos sobre a natureza das linhas espectrais (transições eletrônicas em energias específicas do átomo que podem ocorrer em várias regiões do espectro - cada elemento químico possui suas próprias transições características).

Também possibilitaram dialogar com os alunos sobre o espectro solar e a comparação deste com espectros de diferentes elementos químicos. Para esta discussão, foram utilizadas figuras de espectros, construídas artificialmente, de diversos elementos químicos e estrela (Figura 9). O trabalho consistiu em comparar os espectros, se o espectro apresentasse todas as linhas correspondentes ao elemento químico, isto significava que aquele elemento era um dos constituintes da estrela. Caso alguma das linhas não coincidissem, concluía-se que o elemento químico em questão não era um dos constituintes da estrela.

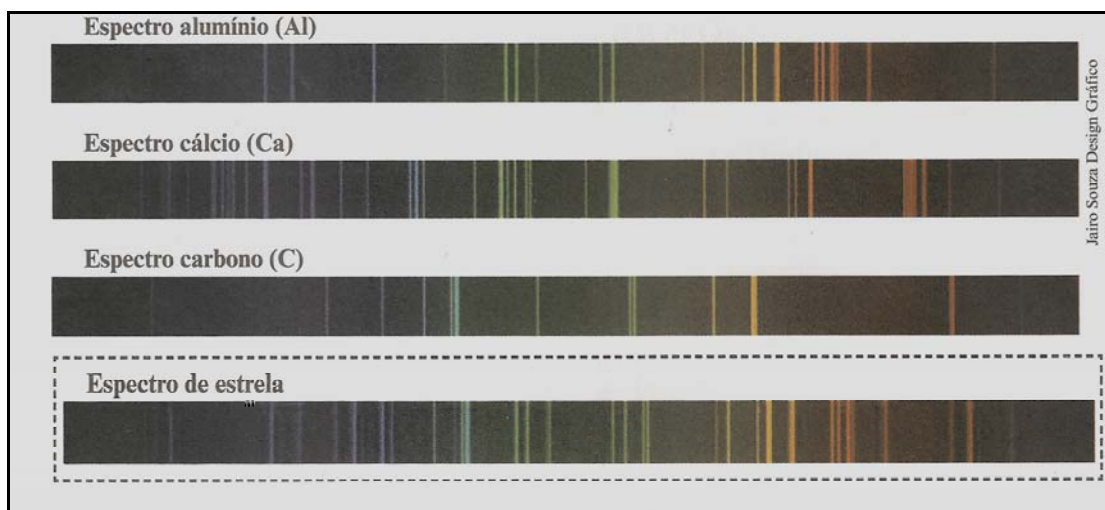


Figura 9: Exemplos de 'espectros artificiais' de elementos químicos
Fonte: Proposta Curricular do Estado de São Paulo (SEE/SP, 2009, Ap. 3, p. 27).

O fato de esta atividade ser em sua essência amadora e do espectroscópio ser bastante limitado levou o professor a complementar a atividade discutindo com os alunos sobre algumas características do espectro solar. O espectro solar não é formado apenas pelo contínuo de cores, há também linhas escuras se sobrepondo ao contínuo. A disposição, intensidade e largura destas linhas é que nos fornecem informações a respeito da composição química dos gases e astros celestes. Neste sentido a partir do estudo e comparação do espectro dos elementos químicos presentes na

Terra é possível entender o significado das linhas espectrais e determinar quais elementos químicos estão presentes em determinado corpo celeste, por exemplo, no Sol.

Ao final desta atividade ficou nítida a eficácia desta atividade para a discussão do tema com os alunos. O entusiasmo dos alunos em construir o espectroscópio, fazer observações e discutir com o professor e seus pares as figuras de espectros foi marcante durante toda a atividade, propiciando momentos enriquecedores para o processo de ensino-aprendizagem, raramente presenciado em salas de aula.

✓ *Estimando a temperatura da superfície do Sol (fotosfera solar)*

O Sol tem forma aproximadamente esférica sendo sua energia irradiada igualmente em todas as direções, ou seja, propagada em forma esférica. Para a realização deste experimento, inicialmente foi necessário trabalhar com os alunos alguns conceitos relacionados à calorimetria e o conceito de corpo negro⁸.

Destacamos que a atividade baseou-se em um experimento da experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP)⁹, e consistiu em estimar a temperatura da superfície solar a partir de uma montagem simples utilizando materiais de baixo custo (uma lata de alumínio – tipo refrigerante de 350 ml - pintada de preto, termômetro, proveta 100 ml, cronômetro e calculadora).

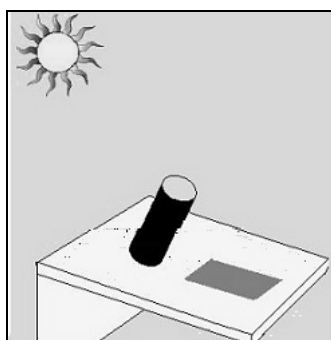


Figura 10a: Posição da lata exposta ao Sol

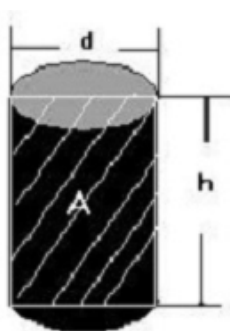


Figura 10b: Área longitudinal da lata

Nesta montagem, a lata cilíndrica preta com água exposta ao Sol pode ser considerada um corpo negro (Figura 10a). E a fração de radiação que atinge a lata pode ser considerada proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol. Neste contexto, tratando o Sol como um corpo negro e realizando alguns cálculos envolvendo conceitos de calorimetria e corpo negro, foi possível aos alunos estimarem a temperatura da fotosfera solar.

No que se refere ao procedimento experimental, inicialmente os alunos determinaram a massa de água colocada na lata e sua temperatura inicial. A lata ficou exposta ao Sol por aproximadamente 5 minutos ($\approx \Delta t = 300s$), então foi medida a temperatura final da água. Conhecida a massa de água e sua temperatura inicial e final, usando a equação $E_{\text{água}} = mc(T_f - T_i)$ determinou-se a quantidade de calor recebida pela água, em J/s (1 cal equivale a 4,186 J). É oportuno destacar que não foi considerado o calor recebido pela lata, uma vez que a massa da lata é ínfima em relação à massa de água utilizada e o calor específico da lata também é pequeno em relação o da água.

É importante lembrar também que considera-se que a fração de radiação que atingiu a lata é proporcional à radiação emitida pelo Sol na distância Terra-Sol. Assim, a energia total irradiada

⁸ Corpo negro pode ser definido como sendo o meio ou substância que absorve toda a radiação incidente sobre ele, independentemente do comprimento de onda, direção de incidência ou estado de polarização. Nenhuma parte da radiação incidente é refletida ou transmitida.

⁹ A experimentoteca é o setor do CDCC/USP responsável por fornecer kits para as escolas realizarem experimentos didáticos de ciências em sala de aula. *Energia irradiada pelo Sol*. Acesso em 20 jan. de 2011. http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/fisica/kit3_calorimetria/exp6_termo.pdf

pelo Sol pode ser determinada pela razão: $E_{total} = E_{\acute{a}gua} \left(\frac{A}{A_{lata}} \right)$, onde A corresponde à área de uma esfera com o raio igual à distância Terra-Sol e A_{lata} é a área longitudinal da lata, ou seja, o diâmetro multiplicado pela altura ($d \times h$) (Figura 10b).

Sabendo-se que a energia irradiada pelo Sol se propaga igualmente em todas as direções, ou seja, esta energia é propagada em forma esférica, e sabendo o valor da distância Sol-Terra ($r = 1,5 \times 10^{13} \text{ cm}$), os alunos, usando a equação $A = 4\pi r^2$, calcularam a área da esfera que a energia irradiada solar atravessa.

O passo seguinte foi calcular a energia total irradiada pelo Sol por unidade de tempo ou potência total solar irradiada. Para tanto a energia absorvida pela lata foi dividida pelo tempo que a mesma foi exposta ao Sol, de modo a obter a potência.

$$\frac{E_{total}}{\Delta t} = \frac{E_{\acute{a}gua}}{\Delta t} \left(\frac{A}{A_{lata}} \right) \quad \text{ou seja,} \quad P_{total} = \frac{E_{\acute{a}gua}}{\Delta t} \left(\frac{A}{A_{lata}} \right)$$

A média dos resultados dos grupos para a potência irradiada pelo Sol foi de aproximadamente $P_{total} = 3,5 \times 10^{26} \text{ W}$ (Tabela 1), ficando na mesma ordem de grandeza do valor de referência. Hoje estima-se que a energia responsável pela luminosidade do Sol é da ordem de $P = 3,8 \times 10^{26} \text{ W}$ (Silva, 2006).

Com o cálculo da potência irradiada pelo Sol, e considerando o Sol como um corpo negro, os alunos estimaram a temperatura da fotosfera solar usando a lei de Stephan-Boltzmann [$P = \sigma T^4$ onde $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$]. Para realizar esta estimativa, inicialmente os alunos dividiram a potência encontrada pela área do Sol (P_{total} / A) (raio do Sol é de aproximadamente $6,96 \times 10^8 \text{ m}$), e então calcularam a temperatura da fotosfera solar a partir da equação: $T = \sqrt[4]{\frac{P/A}{\sigma}}$.

Tabela 1: Resultados dos grupos

Grupos	Potência irradiada pelo Sol (P_{total}) ($\times 10^{26} \text{ W}$)	Temperatura da fotosfera solar (T) (K)
1	3,643	5700
2	3,454	5625
3	3,541	5660
4*	12,470	—
5	3,655	5705
6	3,369	5590
7	3,668	5710
8	3,321	5570
9	3,393	5600
10*	0,396	3275

*Dados descartados devido a erros no procedimento experimental.

A média dos valores encontrados pelos grupos para a temperatura da fotosfera solar foi de aproximadamente $T = 5645 \text{ K}$. Resultado considerado satisfatório, visto que ficou na mesma ordem de grandeza da temperatura de referência para a fotosfera $T = 5780 \text{ K}$ (Silva, 2006). Como alerta

Aroca (2009), o resultado deste experimento depende muito do local onde a experiência é realizada, uma vez que as condições atmosféricas podem interferir.

A maior dificuldade apresentada pelos alunos na realização deste experimento foi a “manipulação” matemática dos dados experimentais. Tal dificuldade evidenciou a deficiência que muitos alunos apresentam em disciplinas básicas, como a matemática. É oportuno enfatizar que os participantes das atividades eram alunos do terceiro ano do ensino médio, ou seja, futuros formandos da Educação Básica que em breve estarão cursando o ensino superior, muitos em carreiras da área das ciências exatas.

Como mencionado no início do presente texto, uma das formas de avaliação dos alunos foi a elaboração em grupo de um texto, único para todas as disciplinas, contemplando e articulando todos os blocos de ensino trabalhados (Biologia, Matemática, História, Química e Física). Em geral, os textos, alguns dissertativos e outros narrativos, articularam e englobaram, com bastante riqueza de detalhes, todos os blocos de ensino trabalhados. A análise e discussão destes textos nós deixaremos para outro *paper*, visto que esta estenderia em muito o pretendido por esta pesquisa: um relato de experiência didática com ênfase na física solar.

Vale ressaltar que, neste texto não tivemos a pretensão de discutir dados exaustivamente como requer uma pesquisa científica, mas apenas relatar o trabalho conjunto de professores, a partir de um tema cotidiano, numa perspectiva contextualizada e interdisciplinar, uma vez que acreditamos que a interdisciplinaridade e a contextualização alimentam-se mutuamente.

4. Comentários finais

O Sol exerce muita influência sobre a Terra, sendo essencial para a existência e manutenção da vida em nosso planeta. Assim, explorar este tema em sala de aula permitiu penetrar em várias áreas do conhecimento como ciências humanas; linguagens e códigos; ciências da natureza e matemática e desta forma promover um ensino interdisciplinar e questionador. Permitiu ainda discutir com os alunos diversos conceitos científicos sobre o Sol, penetrando em tópicos da ciência muito vivenciados, porém, pouco discutidos em sala de aula.

Este panorama foi fundamental para um novo olhar do estudante para as ciências, ou seja, para uma visão não fragmentada da ciência. Nos PCNs e nos PCNs+ o ensino contextualizado assume a condição de tema central, a partir do qual se compreende a interdisciplinaridade e se desenvolvem as competências propostas.

Em relação aos professores participantes, estes foram unânimes em relatar que trabalhar o tema Sol de modo interdisciplinar foi gratificante e desafiador, uma vez que propiciou estudá-lo sob vários olhares, científico, tecnológico e também social. Fato que raramente é realizado pelas escolas brasileiras, seja na Educação Básica (devido a não flexibilidade dos currículos) ou em cursos de formação de professores.

É importante destacar que outras disciplinas poderiam fazer parte desta proposta de trabalho, como Artes (construções artísticas relacionadas ao Sol), Inglês (textos extraídos de periódico, como *online Solar Physics*), Português (Filme 2012 como base para redações) etc., porém problemas de ordem técnica (por exemplo, disponibilidades dos professores e currículos) acabaram inviabilizando alguns trabalhos.

No que tange ao bloco de ensino da física, o qual foi discutido mais intensamente, compartilhamos com Pietrocola (2005) de que a física como conhecimento só poderá ser integrada ao patrimônio intelectual dos indivíduos caso possa ser percebida em relação ao mundo que nos cerca. Assim, a física que é ensinada nas escolas deve ser pensada como um elemento básico para a

compreensão e a ação no mundo contemporâneo e para a satisfação cultural do cidadão de hoje. Neste contexto, trabalhar a física moderna a partir da física solar (com uma abordagem teórica e prática), foi muito gratificante, visto a grande aceitação e motivação dos alunos no desenvolvimento das atividades e os resultados obtidos com os experimentos.

Enfim, acreditamos que a busca por temas que propiciem um ensino contextualizado, no qual o aluno possa vivenciar, aprender e discutir com a integração de diferentes disciplinas possibilita ao compreensão do tema trabalhado em seus diferentes aspectos, sejam eles de cunho humanístico ou científicos, não limitando o conhecimento a fronteiras disciplinares e a uma visão fragmentada das ciências.

5. Agradecimentos

Agradecemos a colaboração dos colegas professores que prontamente acolheram a proposta de trabalhar de modo interdisciplinar este tema tão fascinante e presente no cotidiano de todos nós, nossa estrela o Sol.

Referências

Aroca, S. C. (2009). *Ensino de física solar em um espaço não formal de educação*. Tese de Doutorado, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Ávila G. (2011). *Geometria e Astronomia*. Instituto de Matemática, UNICAMP. Acesso em 05 dez., 2010. <http://www.rpm.org.br/conheca/13/2/geoastro.htm>

Barojas, J. (1998). *Cooperative networks in physics education*. New York: American.

Blainey, G. (2008). *Uma breve história do mundo*. São Paulo, Fundamento Educacional.

Bhatnager, A. & Livingston, W. (2005). *Fundamentals of solar astronomy*. Singapura: World Scientific Publishing.

Brasil. (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, SEMTEC. Acesso em 15 dez. 2010. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>

Brasil. (2002). *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, SEMTEC. Acesso em 18 dez. 2010. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

Brokington, G. & Pietrocola, M. (2005). Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(3), 387-404.

Kepler, S. O. & Saraiva, M. F. O. (2004). Fusão Termo-Nuclear. In: *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo: Editora Livraria da Física. Acesso em 02 fev. 2011. <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.htm>

Demo, P. (1997). *Conhecimento moderno: sobre ética e intervenção do conhecimento*. Petrópolis: Vozes.

Fazenda, I. C. A. (1979). *Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia*. São Paulo: Loyola.

- Japiassu, H.(1976). *Interdisciplinaridade e Patologia do Saber*. Rio de Janeiro: Imago.
- Lopes, A. R. C. (1993). *Reflexões sobre Currículo: as Relações entre Senso Comum, Saber Popular e Saber Escolar*. Em Aberto, Brasília, 58(jan./ mar).
- Lück, H. (2004). *Pedagogia Interdisciplinar: Fundamentos Teórico-Metodológicos*. Petrópolis: Vozes.
- Lüdke, M. & André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA.
- NASA (America's space agency). (2008). *A Super Solar Flare*. Acesso em 15 jan. 2011. http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2008/06may_carringtonflare/
- NASA (America's space agency). (2011). *Our Star the Sun*. Acesso em 28 jan. 2011. <<http://sohowww.nascom.nasa.gov/classroom/classroom.html>>.
- Pereira, A. P. & Ostermann, F. (2009). Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. *Investigações em Ensino de Ciências*. 14(3), p. 393-420.
- Pietrocola, M. (Org.). (2005). *Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo*, In: *Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. Florianópolis: UFSC.
- Ricardo, E. C. (2004). *Discussões dos seminários regionais e nacional referentes aos rumos que serão dados ao ensino de física a partir dos PCNEM*. Brasília, 2004. Acesso em 20 nov. 2010. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/08Fisica.pdf>
- SEE/SP. (2008). *Proposta Curricular do Estado de São Paulo*. Secretaria de Estado da Educação de São Paulo. São Paulo: SEE.
- SEE/SP. (2009). *Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Caderno do Professor: Física*. Secretaria de Estado da Educação de São Paulo. São Paulo: SEE.
- Silva, O. S. (2008). *A interdisciplinaridade na visão de professores de química do ensino médio: concepções e práticas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá.
- Silva, A. (2006). *Nossa estrela: o Sol*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Zeilik, M. (1997). *Astronomy the evolving Universe*. New York: Jonh Wiley & Son, Inc.
- Zirin, H. (1988). *Astrophysics of the Sun*. New York: Cambridge University Press.

Recebido em: 31.03.11

Aceito em: 21.11.11