

O CÉU E A TERRA

Antonio Carlos de Castro

Dietrich Schiel

Todas as culturas humanas desenvolvem alguma forma de conhecimento sobre os movimentos observados no céu, aplicando-o na vida cotidiana. Isto é verdade tanto para as antigas civilizações que desenvolveram formas de escrita, como para aquelas que não possuíam uma forma de registro escrito, mas deixaram vestígios desse conhecimento¹. Sabemos, por exemplo, que diversas tribos de índios brasileiros utilizavam os seus conhecimentos sobre o movimento do Sol e das estrelas com o objetivo de se orientarem na floresta quando saíam em prolongadas expedições de caça, saber a época adequada para suas atividades de caça, coleta e agricultura, orientar a construção de suas aldeias, etc.

A coincidência entre as variações sazonais e as regularidades no movimento do Sol e dos astros cedo criou a ideia de que há uma ligação entre o que se observa no céu e o que acontece na terra. Isto motivou o esforço no sentido de prever a posição futura dos astros e, a partir daí, prever as condições no ambiente. O valor dessa hipótese é evidenciado pelo sucesso das civilizações antigas que, em grande parte, deveu-se a sua capacidade de organizar as formas de produção de alimentos de acordo com essas previsões.

O estudo da astronomia proporciona uma oportunidade única de observar os fenômenos e levantar hipóteses, de maneira muito semelhante à que foi originalmente feita pelos homens do passado. Incentivando a observação do movimento dos astros ao mesmo tempo que se acompanham as variações das condições do ambiente, espera-se que os alunos percorram um caminho semelhante ao percorrido pela humanidade em milênios de paciente observação e reflexão. Mas o firmamento não pode ser acelerado e para esse estudo será necessário efetuar observações por um período razoável de tempo. O movimento diário do Sol pode ser estudado a partir de um dia completo de observação, mas as variações que esse movimento sofre durante o ano e as variações sazonais exigem que as observações sejam realizadas, registradas e comparadas durante um período bem maior.

A astronomia foi um dos primeiros campos de ensaio do método científico para a compreensão da natureza. Para propor modelos pertinentes do universo, os antigos utilizavam observações registradas durante séculos. Esses modelos eram então confrontados com novas observações,

¹ Scientific American Brasil, “Etnoastronomia”, edição especial n.14. Ed. Duetto.

que levavam a um refinamento do modelo e, eventualmente, à sua substituição por outro modelo mais adequado.

A construção de um modelo é parte importante na formulação do conhecimento científico. Modelos são construções abstratas e simplificadas que representam a realidade de uma forma racional. O modelo permite que o ser humano tenha uma compreensão do real e que use essa compreensão para prever o comportamento futuro do sistema representado. Os seres humanos sempre criaram modelos para explicar o que observavam no céu e, na medida em que essas observações se multiplicavam e refinavam, elaboravam modelos cada vez mais sofisticados para explicar o que era visto. Os modelos mais antigos eram de cunho religioso e mitológico até que, em torno do sexto século antes de Cristo, começaram a surgir modelos geométricos e mecânicos, desenvolvidos e modificados até o que se aceita hoje em dia.

É importante que os alunos conheçam e compreendam os modelos aceitos pela comunidade científica. No entanto, o grau de abstração necessária pode estar além da capacidade dos alunos, principalmente nas séries iniciais. Não vemos inconveniente nisso, pois poderão ser encontrados mecanismos pelos quais o tema possa ser retomado pelo professor nas séries seguintes. Além disso, a observação dos fenômenos que ocorrem com o movimento do Sol e das estrelas e a constatação de que esses fenômenos exercem influência sobre o ambiente em que vivemos já é justificativa suficiente para este estudo; o entendimento correto do modelo poderá ficar para um período posterior, quando as observações tiverem fornecido uma base sólida e significativa para sua compreensão.

Observações quanto ao desenvolvimento

Como já foi dito, as observações e atividades propostas aqui devem ocupar um período de tempo bastante longo, um ano ou mais, se possível. As informações disponibilizadas e as discussões empreendidas no início do período deverão ser retomadas, consideradas e renovadas, com vários acréscimos, até o final. O registro é um auxílio à memória, uma ferramenta imprescindível durante longos períodos de tempo. Assim, o estudo da astronomia é um exemplo bastante significativo da importância do registro das observações. Para cada série e para cada caso os alunos deverão encontrar a forma adequada de registro, já que toda informação será necessária muito tempo depois. As reflexões e conclusões dependerão muito da precisão e da riqueza dos registros.

No início de cada etapa encontram-se informações sobre o conteúdo a ser abordado. *Esse conteúdo é para o professor.* As informações são simples mas não precisam – e, dependendo da série, não devem – ser parte do conteúdo para os alunos. São importantes para que o professor conheça o assunto e saiba planejar os experimentos. O professor deve se manter atento para evitar transmitir informações em excesso; lembre-se de que o importante é o que os alunos podem aprender com a própria observação.

As etapas

O estudo da astronomia se inicia, neste guia, pela observação e registro das variações percebidas durante o ano: a ficha ambiental. A seguir, o estudo da sombra fornece os elementos para a compreensão do principal instrumento astronômico a ser usado: o gnômon. As séries mais adiantadas também poderão elaborar modelos que expliquem o ano e as fases da Lua; mas a

ênfase deve estar no estudo dos fenômenos que podem ser diretamente observados e como influenciam as nossas vidas.

Este curso pode ser adaptado para diversos alunos. O material inicial (ficha ambiental e luz e sombra) pode ser usado na educação infantil. Já o modelo da Terra e do Sol provavelmente só da terceira série em diante.

Vocabulário

- *Fonte de luz*: qualquer objeto que emita luz.
- *Sombra*: é a região onde não chega luz porque um objeto opaco está no seu caminho.
- *Opaco*: que não deixa a luz passar. Um objeto opaco pode absorver ou refletir a luz que incide sobre ele.
- *Transparente*: são objetos que deixam a luz passar. Alguns objetos são transparentes para algumas cores mas não para outras; um exemplo é o papel celofane colorido.
- *Céu, firmamento ou abóbada celeste*: região visível acima do horizonte e das nuvens, em que observamos o Sol, a Lua, as estrelas e os astros.
- *Horizonte*: linha circular em que a terra ou o mar parecem unir-se ao céu, e que limita o campo visual de uma pessoa situada num lugar onde não há obstáculos à vista (Houaiss).
- *Zênite*: ponto no céu exatamente acima de nossas cabeças.
- *Nadir*: ponto oposto ao zênite e que indica a região da abóbada celeste que fica sob os nossos pés do outro lado da Terra.

Materiais
Papel
Lápis de diversos tamanhos
Lanterna de mão
Bola de isopor grande (aproximadamente 10cm de diâmetro)
Bola de isopor pequena (aproximadamente 7cm de diâmetro)
Alfinete
Fonte de luz forte (200W) ou retroprojektor

FICHA AMBIENTAL

As variações periódicas observadas na posição dos astros no firmamento podem ser relacionadas a variações periódicas nas condições do ambiente, como clima, vegetação e fauna. As atividades humanas estão adaptadas ao ambiente e também obedecem a padrões periódicos. Por isso dividimos a contagem do tempo em anos, porque o ano representa a unidade temporal básica dessas variações.

Para que os alunos possam relacionar a astronomia com o ambiente é necessário que estejam conscientes das modificações que ocorrem com o passar do tempo. Embora um ano seja tempo suficiente para que as modificações que ocorrem em um ciclo sejam observadas, o próprio caráter cíclico necessitaria de um tempo maior. Mas para os nossos objetivos basta que os alunos constatem as variações e sua relação com a posição do Sol.

Talvez ainda mais importante, como já foi dito, seja o desenvolvimento de mecanismos de registro adequados para longos períodos de tempo. Espera-se que no fim do ano os alunos sejam capazes de recorrer a seus registros do início do ano. Para isso os registros deverão ser realizados e mantidos de forma organizada. Sugerimos que as observações sejam compartilhadas e discutidas periodicamente, de preferência uma vez por semana. Os alunos, individualmente ou em grupos, apresentam suas observações, a sala as discute e seleciona as que serão registradas para o uso posterior. Assim forma-se um registro que poderá ser consultado sempre que houver necessidade.

A qualidade e precisão das observações deve ser definida de acordo com a capacidade dos alunos em compreendê-las. Por exemplo, para as séries iniciais pode ser suficiente registrar que em tal dia está quente ou frio enquanto para as séries ou turmas mais avançadas seria interessante manter um registro da temperatura, da umidade relativa e até mesmo da precipitação pluviométrica. O ideal é o que alunos disponham de instrumentos para realizar essas medidas; porém, se isso não for possível, podem ser utilizados os dados fornecidos pelas previsões do tempo veiculadas na mídia. Em qualquer situação, o importante é que os registros feitos sejam perfeitamente compreendidos pelos alunos.

Nessas atividades os alunos irão:

- planejar formas de registro para longos períodos de tempo;
- desenvolver a capacidade de observar o ambiente e alguns fenômenos celestes;
- perceber mudanças que ocorrem durante o ano;
- constatar a simultaneidade de fenômenos aparentemente independentes e refletir sobre as possíveis formas de dependência.

Desenvolvimento

A primeira tarefa do professor é escolher um conjunto de temas adequado para a turma observar e registrar durante um longo período de tempo. Esse conjunto deve incluir observações astronômicas, climáticas, sobre a fauna e a flora e sobre atividades e comportamentos humanos. Os itens escolhidos devem – nunca é demais insistir – ser

adequados à compreensão que os alunos têm dos fenômenos e do mundo. Também devem ser parte do ambiente em que os alunos vivem. Por isso o professor deve sentir-se à vontade para incluir observações que sejam particulares de sua cidade ou região.

A seguir fornecemos uma lista de possibilidades relativamente longa. Nem todos os itens são adequados para todas as idades ou regiões. O professor deve selecionar um conjunto não muito grande, de forma que, em reuniões periódicas (semanais), os resultados das observações possam ser compartilhados e discutidos sem tomar tempo demais.

Algumas observações podem ser realizadas todos os dias. Nesse caso é interessante discutir com os alunos se elas podem ser “resumidas” para a semana. Por exemplo, se forem tomadas temperaturas do ar durante vários dias, podemos registrar apenas a temperatura média, as temperaturas máxima e a mínima, todas as três ou apenas as temperatura das terças-feiras? Estas decisões podem ser tomadas pelo professor ou por toda a classe. É sempre importante escolher observações que efetivamente possam ser realizadas durante todo o ano.

Certas observações podem ser realizadas por todos os alunos mas outras serão mais fáceis de fazer se houver uma escala de grupos que se revezam na observação. Por exemplo, se a escola dispõe de um psicômetro (medidor de umidade relativa do ar), pode-se fazer uma escala para os grupos se revezarem em medidas semanais. Na sua semana, o grupo seria responsável por fazer a medida e trazer os resultados para a reunião de discussão.

O que é sempre igual e o que muda durante o ano? Esta pergunta é lançada no início do ano e os alunos elaboram hipóteses sobre o que esperam observar durante o ano. O professor pode incluir questões auxiliares visando abordar pontos que ache importantes e adequados para seus alunos. Eis alguns exemplos:

- A que horas o Sol nasce?
- A que horas o Sol se põe?
- Em que local, no horizonte, o Sol nasce? E onde se põe?
- Em que meses do ano faz mais frio?
- Em que meses chove mais (chuva mais forte e/ou mais frequente)?
- Em que meses faz mais calor?
- Em que meses tem queimadas de cana?
- Em que meses tem mais queimadas no mato?
- A Lua aparece só à noite? A que horas podemos ver a Lua?
- Nos dias em que tem Lua ela aparece no horizonte a que horas aproximadamente? Qual a sua forma (fase)?
- Em quais meses clareia mais tarde?
- Em quais meses escurece mais cedo?
- Ao meio-dia, qual a posição do Sol sobre nossa cabeça? Essa posição é sempre a mesma

- durante o ano?
- Em que meses tem jabuticaba?
 - Que frutas só tem de vez em quando? Em que meses cada uma aparece?
 - Que frutas tem no ano todo?
 - Em que meses as árvores florescem? Quais árvores?
 - Já viram andorinhas voarem em bando? Em que mês isso acontece? Por que será que elas fazem isso?

Os alunos respondem a cada uma das questões e registram todas as hipóteses colhidas em classe no início do ano, partindo para a verificação com registro dos fenômenos e das observações durante o ano. Também é importante que se discuta como as verificações serão feitas e registradas. O tamanho da lista também deve ser adequado para a capacidade de discussão e registro dos alunos; é melhor uma lista com poucos elementos bem selecionados do que uma lista muito extensa e que depois se mostre inviável do ponto de vista da observação ou da discussão.

Um cartaz na sala de aula com as hipóteses feitas no começo do ano pode auxiliar nas discussões sobre as observações, que podem confirmar ou refutar as hipóteses.

LUZ E SOMBRA

A formação da sombra é uma consequência do fato de que a luz se propaga em linha reta. A luz emitida por uma fonte ilumina a superfície em que ela incide. Se intercalarmos um obstáculo entre a fonte e a superfície aparece uma área não iluminada na superfície, que é chamada de “sombra” do obstáculo². A fonte de luz, o obstáculo e a sombra estão alinhados ficando a fonte e a sombra em lados opostos ao obstáculo. Fazer com que o aluno perceba isso é o objetivo desta atividade, cuja fonte de luz é o Sol.

Como a sombra, o obstáculo e a fonte de luz estão sempre alinhados, observar a sombra e o obstáculo nos permite conhecer, sem olhar, a direção da fonte de luz. Isto é muito importante no estudo da posição do Sol, porque permite estudar – e registrar – a direção em que está o Sol olhando apenas para a sombra de um objeto, sem olhar diretamente para o Sol.

A sombra de uma pessoa, uma árvore, ou qualquer outro objeto está sempre na direção oposta ao Sol e o seu tamanho depende da altura do Sol, ou seja, da distância entre o Sol e o horizonte. Quando o Sol está bem alto no céu, próximo do meio-dia, as sombras são pequenas; quando o Sol está perto do horizonte, as sombras são longas. O objetivo dessas atividades é fazer com que os alunos percebam a relação entre a forma da sombra e a posição do Sol no céu.

² De uma forma mais precisa, sombra é todo o volume atrás do obstáculo onde a luz não chega. O que observamos na superfície é a projeção da sombra. Neste texto usamos a palavra sombra como sinônima de “projeção da sombra sobre a superfície”.

Nessas atividades os alunos irão:

- observar o que é necessário para que se veja uma sombra (projetada);
- prever a posição e o tamanho da sombra de um objeto devida ao Sol;
- saber dizer qual é a posição do Sol apenas olhando para a sombra de um objeto.

Atividade 1. Ações preliminares e motivadoras

Pede-se aos alunos que observem as próprias sombras quando estão indo ou voltando da escola. *Elas ficam sempre na mesma direção? Quando você faz a curva em uma esquina, o que acontece com a sua sombra? Como é sua sombra na ida para a escola e no retorno para a casa?*

Os alunos podem realizar uma discussão sobre suas observações registrando as conclusões, se houver alguma. Se não surgir espontaneamente, o professor deve procurar criar situações para que os alunos percebam que a direção da sombra tem relação com a posição do Sol.

Na escola, pode-se realizar uma série de brincadeiras de pega-pega que visam criar uma intuição sobre a posição das sombras e sua relação com a posição do Sol:

- **Pega-pega de sombra.** O objetivo do jogo é pisar na sombra do outro aluno, que deverá se esquivar para impedir que isto aconteça.
- **Pega-pega com “sombra de proteção”.** É um pega-pega comum, mas o aluno que pega não pode pisar na sombra do aluno que é pego. Assim a sombra serve como uma proteção.
- **Pega-pega de sombra 2.** Sem correr, só vale andar, sem pegar com a mão e sem pisar na sombra. Pega-se, fazendo com que a sombra do pegador se sobreponha à sombra do outro.

Atividade 2. Sombras ao Sol

O professor propõe aos alunos que completem um desenho em que aparecem algumas crianças e algum objeto fixo como uma árvore, poste ou construção como na figura 1. O desenho mostra apenas a sombra do objeto e pede-se que os alunos desenhem a sombra das crianças. É interessante que o desenho reflita alguma situação real, que possa ser representada no pátio da escola, mesmo que de maneira esquemática.

O professor orienta uma discussão sobre os desenhos realizados, em que os alunos procurarão justificar as sombras imaginadas.

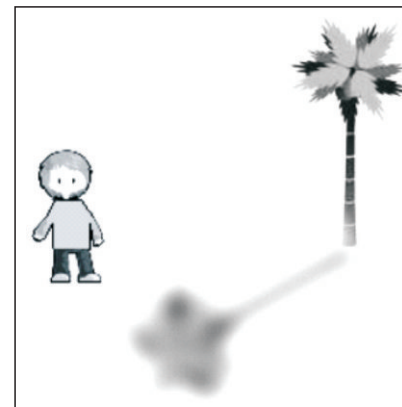


Figura 1. Exemplo de figura para completar.

Atividade 3. Como podemos saber onde o Sol está sem olhar para ele?

Pode ser que os alunos não mencionem a sombra como possibilidade. Nesse caso, o professor deverá procurar uma forma de introduzir a sombra na discussão, fazendo-os pensar no que se vê quando se está no Sol e o que não se vê mais quando se está na sombra. Alguns alunos podem sugerir o uso de um relógio para prever a posição do Sol; nesse caso pode-se perguntar: *Mas como sabemos que o relógio indica a posição do Sol?*

Os alunos devem formular suas ideias sobre como é a sombra de seu corpo, ou de qualquer outro objeto, sob o Sol e ilustrar suas hipóteses com desenhos. Na medida do possível, deve-se procurar transformar em palavras as razões pelas quais se acha que a sombra será da forma desenhada. Em seguida, o professor solicita que desenhem o Sol em suas ilustrações com a intenção de relacionarem a posição e o tamanho da sombra com a posição do Sol. No pátio, os alunos comparam seus desenhos com o que realmente observam.

Nesta atividade, é importante enfatizar o perigo de se olhar diretamente para o Sol, explicando para os alunos que, na comparação entre as sombras desenhadas e as reais, basta uma ideia de qual a posição do Sol em relação à direção da sombra.

Ainda no pátio, os alunos aproveitam para desenhar as sombras de diversos objetos, pequenos e grandes, como por exemplo a sombra de uma garrafa de vidro. Em seguida, elaboram e redigem uma descrição sobre a formação de sombras, procurando responder à pergunta inicial. Algumas questões complementares podem ajudar na discussão:

- A sombra pode estar do mesmo lado que o Sol?
- O tamanho da sombra é sempre o mesmo?
- Do que depende o tamanho da sombra?

Uma conclusão importante é que a sombra de qualquer objeto, em um determinado instante, serve para indicar a posição do Sol.

Atividade 4. Podemos obter sombras do mesmo tamanho para objetos com tamanhos diferentes?

A atividade anterior pode ser suficiente para iniciar o estudo da astronomia com o gnômon (ver descrição mais adiante), mas para aprofundar o estudo da sombra o professor pode desenvolver mais uma atividade em que se exerce um controle maior sobre a geometria do problema.

Nesse caso, pergunta-se aos alunos: *Podemos obter sombras do mesmo tamanho para objetos com tamanhos diferentes? Como?* Além da escolha da posição adequada da fonte de luz, podem surgir hipóteses sobre a influência da forma ou textura da superfície – lisa ou rugosa – onde a sombra é projetada. Essa última hipótese parece ser consequência do conceito de sombra como algo que “escorre” do objeto.

Para testar as hipóteses, sugerimos o emprego de uma **lanterna de mão** para a projeção da sombra de um **lápiz** sobre uma **folha de papel** (Figura 2). A folha também pode ser usada para

marcar o tamanho da sombra. Trocando o lápis por outro de tamanho diferente podemos tentar obter uma sombra de mesmo tamanho movendo a lanterna.

Hipóteses sobre a textura da superfície também podem ser testadas apenas mudando o papel por outro de textura diferente. Neste caso é importante manter as posições da lanterna e do lápis inalteradas.

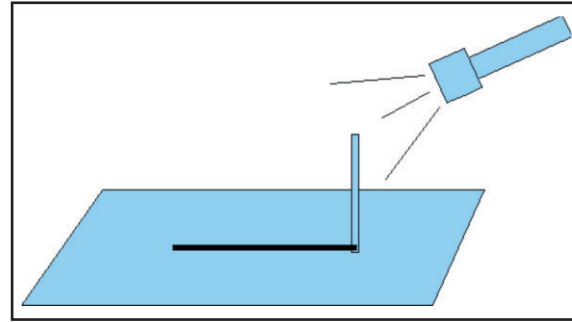


Figura 2. Experiências com a sombra de um bastão.

ODIA E NOITE

A alternância de dias e noites é o fenômeno astronômico mais notável e de maior influência sobre a vida e o comportamento humanos. Hoje sabemos que essa alternância ocorre devido ao movimento de rotação da Terra. No entanto, não existem evidências diretas simples desse movimento e a humanidade demorou milhares de anos para aceitá-lo.

O objetivo maior das atividades a seguir não é formar o conceito de rotação da Terra mas observar e compreender o movimento diário do Sol. Esse estudo é fundamental para uma compreensão posterior dos modelos sobre a forma e os movimentos da Terra e de sua relação com a Lua e o Sol.

Todo dia o Sol nasce do lado leste do horizonte, trazendo luz e calor, sobe para o alto do céu e começa novamente a descer até que se põe no lado oeste. Esse movimento se repete todo dia, embora seja um pouco diferente entre um dia e outro. Por enquanto não nos preocuparemos com as mudanças que ocorrem no movimento do Sol com o passar do ano. Isso será abordado na seção que trata das estações. Por ora, nós nos concentraremos apenas no que acontece em um dia.

Existem várias concepções equivocadas sobre o movimento diário do Sol para as quais o professor deve estar atento.

O primeiro fato a observar é que o Sol não nasce exatamente no ponto cardinal Leste, nem se põe no ponto cardinal Oeste (Figura 3). Isto só acontece duas vezes no ano: no início da primavera, que os astrônomos chamam de equinócio da primavera, e no início do outono, o equinócio de outono. Em todos os outros dias, em qualquer lugar da Terra, o Sol nasce ou um pouco ao norte ou um pouco ao sul do ponto cardinal Leste. O mesmo vale para o ponto no horizonte onde o Sol se põe. Isso contradiz alguns livros didáticos onde se afirma que o Sol nasce no ponto cardinal Leste. É claro que o Sol sempre nasce do lado leste do horizonte, mas a diferença entre a direção leste e a direção em que o Sol nasce chega a mais de 23° para o norte, perto do dia 21 de junho, ou 23° para o sul, perto do dia 21 de dezembro. De qualquer modo o nascer do Sol não pode ser considerado uma forma precisa de orientação. Nesse estudo veremos

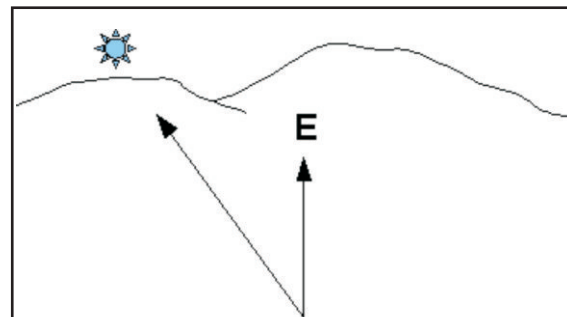


Figura 3. O Sol não nasce sempre no ponto cardinal leste.

Solstícios e equinócios

Quatro datas são muito importantes em astronomia: os solstícios (sol parado) e os equinócios (noite igual). Cada um deles ocorre no início de uma estação. Temos: equinócio da primavera, solstício de verão, equinócio de outono e solstício de inverno. Nos hemisférios norte e sul as estações ocorrem em ocasiões opostas. Então, o solstício de verão do hemisfério sul ocorre no mesmo dia que o solstício de inverno no hemisfério norte; o equinócio de primavera do hemisfério sul ocorre junto com o equinócio de outono do hemisfério norte e assim por diante.

que o Sol ainda determina com precisão os pontos cardeais, mas não pelos pontos onde nasce ou se põe.

Outra concepção equivocada é a que diz que ao meio-dia o Sol está exatamente sobre nossas cabeças, isto é, no zênite. Isso também depende da época do ano e da nossa localização. Na região do globo entre os trópicos de câncer e de capricórnio, isto acontece apenas duas vezes durante o ano. A data depende da localização. Sobre as linhas dos trópicos o Sol passa pelo zênite apenas em um dia do ano, no solstício de verão. Entre os trópicos e os polos o Sol nunca atinge o zênite.

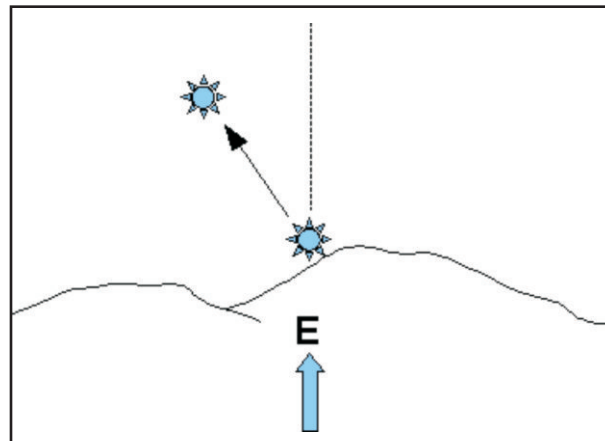


Figura 4. A trajetória do Sol no céu não é perpendicular ao horizonte.

Uma idéia comum, nem sempre expressa, é que o Sol se eleva perpendicularmente no horizonte e que se põe também perpendicularmente no ocaso. Quando o Sol nasce, percorre um caminho inclinado até que atinge sua altura máxima, perto do meio-dia (Figura 4). O ângulo entre o plano da órbita e a perpendicular ao horizonte é sempre o mesmo para o mesmo local, em qualquer época do ano e é chamado de latitude do lugar. Os antigos já sabiam que esse ângulo muda quando viajamos na direção norte-sul e não muda quando viajamos na direção leste-oeste. Essa foi, talvez, uma das primeiras indicações de que a Terra é redonda.

Não é importante que os alunos saibam tudo isso. Mais importante é que eles percebam a inclinação da trajetória e que não mantenham ideias equivocadas, como a da sombra nula ao meio-dia.

Embora a ênfase seja dada ao movimento do Sol, uma boa complementação é sugerir que os alunos observem um pouco o movimento das estrelas e da Lua, que também nascem e se põem todos os dias, e comparem com o movimento do Sol.

Gnômon

Para desenvolver essa atividade os alunos devem ter uma boa compreensão da relação entre a sombra projetada e a posição do Sol, que esperamos tenha sido desenvolvida durante as atividades anteriores.

Este experimento é bastante simples, quase não exige recursos e os resultados são muito gratificantes. No entanto, o professor deve planejar com cuidado as condições em que as observações serão realizadas. Para isso ele deve:

- construir um gnômon em um lugar adequado para as observações;
- escolher a melhor época para fazer as observações e
- organizar os alunos para que as observações possam ser feitas de modo cooperativo, talvez com a participação de mais de uma classe.

Como já foi dito, uma grande dificuldade em se observar o Sol reside no fato de que é perigoso olhar diretamente para ele. Outra dificuldade é como registrar de forma adequada a posição do Sol no céu. Os antigos resolveram os dois problemas com o gnômon.

A ideia do gnômon, como a maioria das grandes ideias, é bastante simples. Uma haste vertical é fixada no chão sobre uma superfície horizontal e plana.

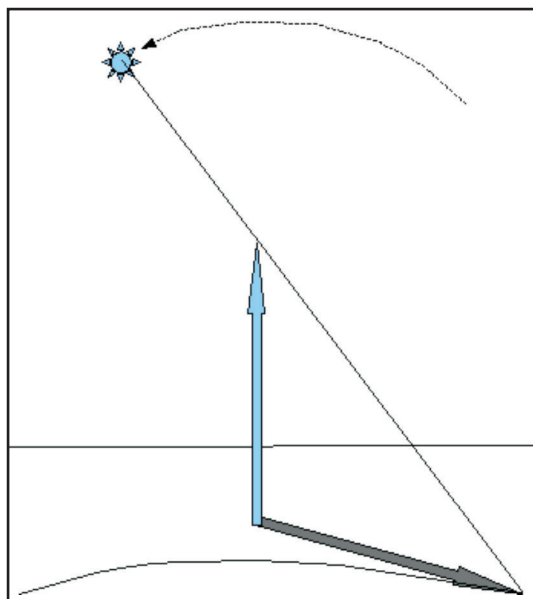


Figura 6. Movimento diário do Sol e curva traçada pela sombra da ponta do gnômon.

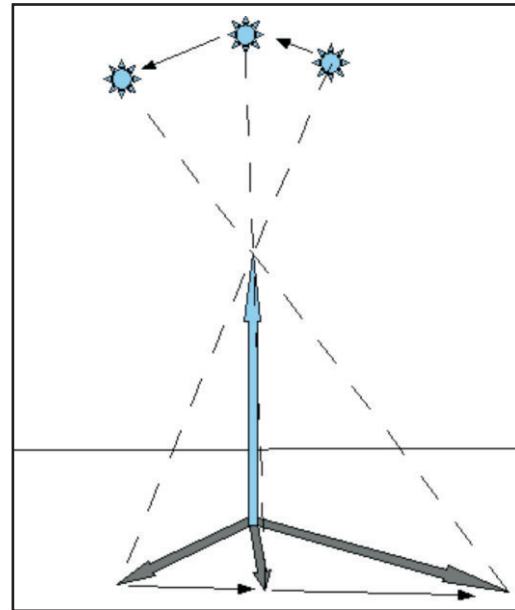


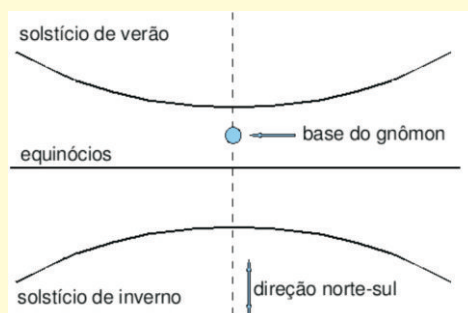
Figura 5. A sombra do gnômon permite determinar a posição do Sol no céu.

Para cada posição do Sol no céu a ponta da haste projeta uma sombra sobre um ponto do chão. Uma sombra curta quer dizer que o Sol está alto no céu e uma sombra longa que o Sol está próximo do horizonte. É sempre ao Sol que estamos nos referindo, a sombra é apenas um instrumento.

Com o passar do dia a sombra do gnômon se move (Figura 5). Se unirmos os pontos que a ponta da sombra percorre teremos uma curva que representa o movimento do Sol no céu. Na prática basta marcarmos um ponto onde está a ponta da sombra em intervalos de, digamos, trinta ou sessenta minutos. Unindo esses pontos teremos uma curva que é uma representação e um registro do movimento do Sol naquele dia (Figura 6). Vamos chamar essa curva de *curva da sombra do gnômon*.

Para quem quiser saber mais sobre as sombras do gnômon

Dependendo da localização e do dia do ano, a curva da sombra do gnômon pode assumir diversas formas.



Acompanhe na ilustração o desenvolvimento da curva da sombra do gnômon durante um ano. No solstício de inverno as sombras do gnômon são as maiores que podem ocorrer durante todo o ano. A curva da sombra será uma hipérbole afastada do gnômon na direção sul para todas as localidades no hemisfério sul e na direção norte para localidades no hemisfério norte. Com a passar dos dias, a curva vai ficando mais próxima da base do gnômon ao mesmo tempo em que se suaviza cada vez mais, até que, no equinócio da primavera, torna-se uma reta, localizada no lado sul do gnômon no hemisfério sul e no lado norte no hemisfério norte. No equador a curva da sombra passa exatamente sobre a base do gnômon nos equinócios. Conforme passam os dias, as curvas continuam formando hipérbolas que se afastam do outro lado da reta do equinócio até que, no solstício de verão, forma-se uma hipérbole no lado oposto ao da hipérbole do solstício de inverno. A partir daí, as curvas voltam a se aproximar da reta do equinócio. No equinócio de outono, o movimento da sombra descreve novamente uma reta que coincide com aquela da primavera, depois continua progredindo até atingir o solstício de inverno, quando o processo se reinicia.

Em qualquer lugar no globo as curvas seguem o mesmo padrão, mas a forma exata e a posição com relação ao gnômon variam conforme a latitude do lugar.

No dia em que o Sol passa pelo zênite, há um momento em que ele está exatamente sobre nossas cabeças e o gnômon não tem sombra. Assim, a curva da sombra do gnômon passa pela base nesses dias. No equador esse dia acontece nos equinócios – duas vezes por ano. Para qualquer localidade entre o equador e um dos trópicos, também acontece duas vezes por ano: uma vez, quando a curva está indo do equinócio da primavera para o solstício de verão, e outra vez, quando está voltando do solstício de verão para o equinócio de outono. Assim, nessas regiões, em um dia na primavera e em um dia no verão os objetos não têm sombra. Para aquelas localidades que estão sobre um dos trópicos, isto só acontece uma vez no ano, no solstício de verão. Para todas as localidades que estão entre o trópico e o polo isto nunca acontece, ou seja, nestas localidades o Sol nunca passa pelo zênite.

Para estudar o movimento diário do Sol o professor deve escolher um dia em que as sombras possam ser facilmente registradas.

Construindo um gnômon

Qualquer vareta vertical fixada em uma superfície plana e horizontal pode ser utilizada como um gnômon. Um poste ou uma barra fixada no pátio da escola servem, desde que seja possível



Figura 7. Movimento diário do Sol em uma localidade do hemisfério Sul.

marcar no chão a posição da sombra durante o dia. Na falta de uma barra ou poste fixo, podemos improvisar com um cabo de vassoura enfiado em um recipiente com areia.

As marcações devem começar pela manhã. Em intervalos mais ou menos regulares, por exemplo, a cada 60 minutos, um aluno, ou grupo de alunos deve ir até o gnômon e marcar a posição, no chão, da ponta da sombra, identificando-a com o horário da marcação. No final do dia, as marcas são unidas por uma linha, construindo-se assim a curva da sombra do gnômon para aquele dia.

Alguns cuidados são necessários:

- O gnômon não deve ficar na sombra durante o período em que desejamos fazer as medidas.
- A superfície deve ser plana e horizontal.
- As marcações devem ser mantidas durante todo o dia até que se possa desenhar a curva no final do dia. Isso pode ser complicado se usarmos o pátio da escola, onde as crianças circulam o tempo todo.
- A vareta não pode mudar de lugar, nem de altura. É conveniente marcar no chão a posição da vareta; assim, se por algum motivo ela for deslocada, poderá ser repostada no lugar correto.
- É necessário que haja espaço em torno do gnômon para se poder observar e marcar as posições da sombra durante a maior parte do dia. O professor deve observar a sombra durante alguns dias antes da aula para não ter problemas no dia da aula.

Este tipo de gnômon é muito interessante num primeiro contato dos alunos com este instrumento, tanto por permitir uma fácil identificação da sombra, da posição do Sol, da direção norte-sul e das horas do dia, quanto por favorecer a interação quando se discute a curva produzida. No entanto, é mais difícil criar um registro a partir das marcações no chão. Quando os alunos vão realizar a observação em apenas um dia, esse não é um problema grave, já que o registro pode ser feito na forma de um desenho relativamente simples. Se as medidas vão ser realizadas ao longo de um bom período de tempo, como é necessário para estudar as estações do ano, é importante que o registro permita acompanhar as variações de posição e forma de curvas sucessivas. Nesse caso, o desenho aproximado das curvas não é suficiente.

Podemos utilizar o chão ou a calçada onde as curvas são marcadas como um registro permanente, desde que seja possível preservar as marcações pelo período de quase um ano. Os registros dos alunos seriam, então, cópias aproximadas das curvas marcadas no chão. Também há a possibilidade de se construir um pequeno gnômon “portátil” (Figura 8) em que as marcações são feitas sobre uma folha de papel. Apresentamos um modelo que o professor pode adaptar às suas necessidades e condições.

Usamos como gnômon um lápis com aproximadamente 10cm de comprimento encaixado firmemente em um furo feito em uma placa de madeira compensada retangular. A placa deve ser suficiente para acomodar uma folha de papel A3, isto é, um pouco maior que 30×42cm. A posição ideal para o furo onde o lápis se encaixa depende do local onde as medidas serão realizadas. No equador o furo deve estar no centro da madeira; para latitudes mais altas que a do trópico (apenas a região sul no Brasil), pode estar próximo de um dos lados maiores; entre o equador e o trópico pode estar em uma posição intermediária. É interessante algum tipo de marcação ou guia para que possamos trocar a folha de papel, colocando a nova na mesma posição que a anterior. As marcas da sombra da ponta do lápis são feitas sobre a folha, o que fornece uma excelente forma de registro. Se por alguma razão for necessário trocar o lápis, o novo deve ter exatamente o mesmo tamanho que o anterior. Por isso, é conveniente que, antes de se iniciar um conjunto de medidas, o tamanho do lápis seja registrado.

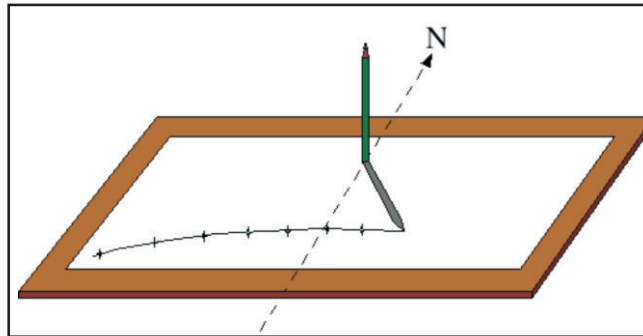


Figura 8. Marcando o caminho da sombra no gnômon portátil.

Para garantir que a superfície do gnômon fique horizontal, pode-se usar um nível de pedreiro. Coloca-se o nível sobre a superfície na direção do lado menor e depois na direção do lado maior. A superfície só estará horizontal se estiver nivelada nas duas direções. Pode-se utilizar papel dobrado para calçar o gnômon, se necessário.

O comprimento menor do gnômon deve estar orientado, mesmo que aproximadamente, na direção norte-sul. Para isso pode-se usar uma bússola ou mesmo o conhecimento do local. O mais importante é que a placa de madeira não mude de orientação durante o levantamento de uma curva. Se o professor quiser utilizar o gnômon para medidas em mais que um dia é necessário que ele tenha sempre a mesma orientação. Existem várias maneiras de conseguir isso. A mais simples é marcar o chão onde o gnômon é colocado. Outra possibilidade é orientá-lo com uma bússola ou com um objeto distante; nos dois casos a orientação é feita utilizando uma linha traçada sobre o gnômon (Figura 9).

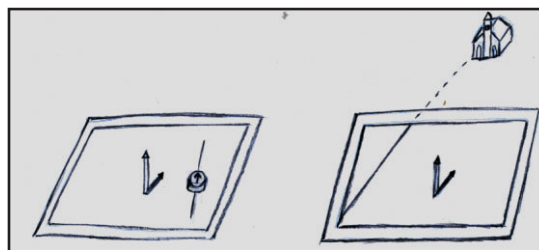


Figura 9. Orientando o gnômon com uma bússola ou um objeto distante.

O uso da bússola é imprescindível quando for muito difícil encontrar um local em que seja possível realizar as medidas durante todo o dia, necessitando deslocar o gnômon.

A Figura 10 é um exemplo de dados obtidos com esse tipo de gnômon durante um longo período de tempo.

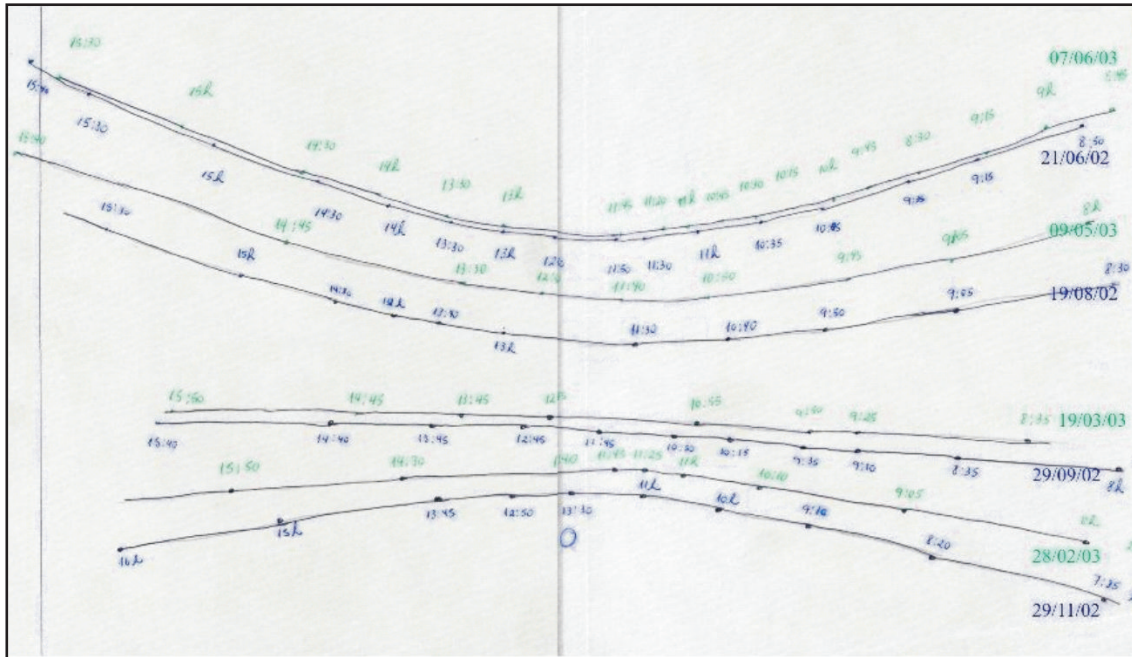


Figura 10. Registro da sombra do gnômon realizado em São Carlos entre 2002 e 2003 pelos alunos das professoras Heloísa Helena Cassiano Perez Dias e Regina Célia Togato Ricci.

Atividade 1. As sombras durante o dia

O que ocorre com as sombras à medida que o tempo passa durante o dia?

As sombras ao sol são sempre iguais?

Como a sua sombra muda durante o dia?

Como é a sombra de uma árvore, poste ou prédio? Ela é sempre do mesmo jeito? Ela muda durante o dia?

O professor escolhe um objeto fixo na escola, que pode ser uma árvore, um poste ou mesmo um edifício, e pede para que os alunos discutam em grupos sobre como é a sombra desse objeto em diferentes momentos do dia (manhã, tarde e noite).

Os grupos devem registrar suas hipóteses na forma de desenho ou esquema, indicando a direção, a forma e o tamanho que esperam para a sombra com relação a outros objetos do local. Como a sombra varia continuamente durante o dia (não diga isso para os alunos por enquanto!), os desenhos nunca poderão representar fielmente o que ocorre o tempo todo. No entanto, é importante que os desenhos informem se a sombra muda de tamanho, direção ou forma durante o dia e como isso acontece: ao meio dia ela é maior ou menor do que de manhã etc.

As hipóteses levantadas pelos grupos são discutidas pela classe e, na medida do possível, tenta-se elaborar uma hipótese coletiva que deve ser registrada. Quando não for possível o consenso sobre algum aspecto, as divergências também devem ser registradas.

A verificação é feita simplesmente comparando as previsões com o que pode ser observado. Para isso pode ser necessário que haja interação entre classes de períodos diferentes trocando informações entre si. Assim a turma da tarde poderá verificar a hipótese da turma da manhã para a sombra no final do dia, enquanto a turma da manhã verifica a hipótese da turma da tarde para o início do dia.

As sombras observadas devem ser registradas e comparadas com as hipóteses em uma discussão com a classe toda. Deve-se discutir sobre a razão pela qual a sombra muda durante o dia. Se os alunos compreenderam corretamente a formação das sombras, deve estar claro para eles que as mudanças de forma, tamanho e direção da sombra indicam que o Sol se move no céu. Na próxima atividade, esse movimento será descrito com mais detalhes.

Atividade 2. Como é o movimento do Sol durante o dia?

O professor apresenta e descreve o gnômon para os alunos, pedindo-lhes para elaborarem hipóteses sobre como será sua sombra ao Sol durante o dia (nesse ponto já deve estar claro que as sombras das coisas mudam). É importante salientar que o gnômon não é apenas uma forma de observar a sombra projetada, mas uma forma de registrar a própria posição do Sol.

Após a formulação das hipóteses deverá ser elaborado um procedimento para a observação. Um experimento puramente observacional também exige planejamento e preparação. Como as observações poderão ser realizadas durante todo o dia? Todos os alunos deverão participar? Serão divididos em turmas? Precisamos observar o tempo todo? Senão, qual o melhor intervalo entre observações sucessivas? Como já dissemos, um aspecto muito importante nessa atividade é como a sombra será registrada. Espera-se que os alunos percebam que é necessário alguma forma de registro para que sombras de horários diferentes possam ser comparadas. A maneira mais imediata – e que provavelmente será sugerida pelos alunos – seria desenhar a sombra a cada momento em que a observação se realizar. Por exemplo, se for decidido que devemos registrar a cada hora, os alunos responsáveis pelo registro daquela hora preenchem o espaço coberto pela sombra com giz ou lápis, dependendo da superfície onde a sombra está projetada, e marcam o horário ao lado. No final do dia teremos uma série de sombras identificadas que poderão ser discutidas.

O importante para os alunos é que percebam que o Sol se desloca no firmamento durante o dia e que isso pode ser verificado mediante o uso do gnômon.

Depois que o registro foi feito para um dia, o professor retorna com os alunos até o local do gnômon – ou leva o gnômon construído para dentro da sala de aula – e questiona os alunos sobre a possibilidade de determinar a posição do Sol a partir das marcações realizadas. Pode-se, por exemplo, perguntar em que direção estava o Sol às 10 horas. Os alunos deverão observar a marca da sombra naquele horário e apontar, no céu, onde o Sol estava. Esse procedimento deve ser repetido para diversas horas do dia, de modo que os alunos sejam capazes de descrever, a

partir das marcações realizadas, qual foi o caminho percorrido pelo Sol no firmamento naquele dia. A descrição do movimento do Sol deve ser registrada coletivamente. Alguns aspectos importantes nessa descrição:

- onde o Sol nasce e onde se põe,
- se o caminho percorrido pelo Sol é perpendicular ao horizonte ou inclinado,
- aproximadamente a que horas o Sol está mais alto no céu.

Atividade 3. A Terra vista de fora

Essa atividade e as seguintes destinam-se aos alunos das séries mais adiantadas e visam apresentar o modelo de rotação da Terra aceito pela ciência atual. A compreensão desse modelo exige não só uma boa dose de abstração, mas também a capacidade de imaginar como o mundo é visto a partir de fora, o que pode ser bastante difícil para muitas crianças.

As observações realizadas podem ajudar a compreender esse modelo, mas não são suficientes para se concluir que este é o modelo correto. Portanto, a esfericidade da Terra deve resultar mais como uma sugestão do que uma afirmação final sobre o assunto. É importante que todos os alunos a conheçam e procurem compreendê-la, mesmo que de modo incompleto, para verificar se é compatível com as observações já realizadas e com as que ainda venham a ser realizadas.

Para iniciar o professor pergunta: *Se formos para o espaço, bem longe, como veríamos a Terra?* Os alunos podem levantar diversas hipóteses sobre como seria a Terra e o Sol. Entre elas certamente aparecerá a hipótese de que a Terra é redonda, mas também podem surgir hipóteses alternativas que não devem ser descartadas mas discutidas, procurando verificar se são compatíveis com as observações.

Apenas depois da discussão de todos os modelos, os alunos podem ser orientados a realizar uma pesquisa para conhecer mais a fundo o modelo da Terra esférica. Para auxiliar na discussão dos resultados da pesquisa, é interessante utilizar objetos esféricos como bolas de isopor.

Também é interessante pedir que os alunos representem pessoas em diversas partes do globo (Figura 11), discutindo se existe alguma diferença no que as pessoas sentem por estarem em locais diferentes.



Figura 11. Desenho de aluno representando pessoas em diversas localidades na Terra

Atividade 4. O dia e a noite (modelo)

Nessa atividade os alunos deverão tentar reproduzir a sombra do gnômon utilizando uma

lanterna como Sol e uma **esfera de isopor** com um **alfinete** espetado representando a Terra e o gnômon.

O professor indaga: *Supondo que a Terra é redonda, como se dá o dia e a noite?* É feita uma marca na esfera maior para representar a cidade onde estamos e, para representar o gnômon, espeta-se o alfinete (Figura 12). Em seguida, o professor pede aos alunos que descubram pelo menos dois mecanismos que permitam que a luz da lanterna ilumine o gnômon periodicamente de modo a representar o dia e a noite. As hipóteses devem ser formuladas utilizando-se as palavras Sol, Terra, Lua e não os objetos reais, lanterna e bolas.

Os alunos podem sugerir diversas explicações para a alternância de iluminação e escuridão que é observada todo dia. Dependendo da idade, podem surgir explicações como:

- O Sol gira ao redor da Terra.
- A Terra gira ao redor de si mesma.
- A Terra gira ao redor do Sol mas não gira ao redor de seu eixo.
- A Lua esconde o Sol.
- Alguém apaga o Sol (desliga-se a lanterna).
- O céu tem duas regiões: uma clara e outra escura (o Sol não é visto como a fonte de luz...).
- As nuvens escondem a Terra (ou o Sol).

Todos os modelos que surgirem devem ser testados. Um teste adicional é o do desenvolvimento da sombra do gnômon durante o dia.

Dois modelos são possíveis para explicar o mecanismo do dia e da noite: o Sol gira em torno de uma Terra estacionária ou a Terra gira em torno de seu eixo. Apenas as observações realizadas pelos alunos não são suficientes para escolher entre uma delas. Depois de todas as hipóteses terem sido discutidas e testadas com os modelos, o professor pode falar sobre o modelo aceito atualmente pela ciência ou sugerir uma pesquisa bibliográfica.

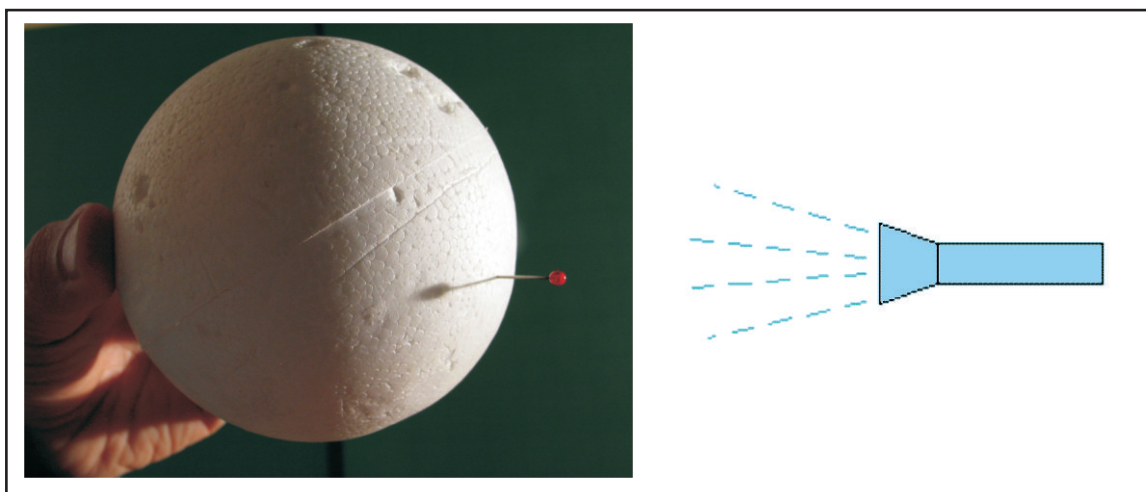


Figura 12. Modelo com bola de isopor e lanterna representando a Terra e o Sol.

OS FUSOS HORÁRIOS

Atividade 1. Por que quando assistimos ao vivo certos campeonatos em outros países vemos os esportistas ao Sol enquanto aqui é noite, ou vice-versa?

Esta atividade deve ser realizada apenas pelas séries mais adiantadas (3a. série em diante). Recomenda-se que essa aula ocorra proximo a uma corrida de Fórmula 1 ou qualquer evento esportivo que ocorra no exterior e seja transmitido pela TV. O país em questão será o “país X” neste texto.

Em um **globo terrestre** localiza-se o Brasil e o país X. E discute-se, a partir do horário em que o evento será transmitido no Brasil, que horas os alunos esperam que seja no país X. Essa discussão deve usar o modelo para o dia e a noite visto no tópico anterior. Quando o evento for transmitido, os alunos registram as informações fornecidas pelos locutores e suas impressões sobre o momento em que ocorria no local do evento (se fazia sol, se estava calor ou frio etc.) e comparam com a situação na sua cidade. Os alunos voltam a discutir em sala de aula sobre suas previsões, agora comparadas ao observado.

Fusos horários

Na maioria dos lugares o Sol não passa por sua posição mais alta exatamente ao meio-dia. Se isto acontecesse, mesmo cidades próximas teriam os relógios com alguns minutos de diferença, o que criaria enormes problemas políticos e econômicos. Para evitar este tipo de problema adota-se um horário político em que regiões compartilham do mesmo horário mesmo que isso não corresponda exatamente à posição dos astros no céu. Os fusos horários são faixas de 15° de longitude que definem uma região que compartilha o mesmo horário. Em algumas localidades essas faixas podem ser distorcidas para acomodar os limites internacionais.

Convencionou-se utilizar o horário em Greenwich, Inglaterra, como o horário padrão para o cálculo dos outros horários. Este horário é indicado como GMT (Greenwich Mean Time – Tempo Médio de Greenwich). Quando em um local o horário é indicado como GMT-3, quer dizer que os relógios neste local estão atrasados três horas com relação aos de Greenwich. Se em Greenwich for meio-dia, no local serão nove horas da manhã.

Pela lei nº 11.662 de 24/04/2008, o Brasil utiliza três fusos horários: GMT-2 (arquipélago de Fernando de Noronha e Ilha de Trindade); GMT-3 (horário de Brasília – Distrito Federal, regiões Sul, Sudeste, Nordeste, os estados de Goiás, Tocantins, Pará e Amapá) e GMT-4 (estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Amazonas, Rondônia, Roraima e Acre).

O professor deve decidir se fornece mais informações para os alunos sobre os fusos horários.

Atividade 2. Os pontos cardeais

Para realizar essas atividades, os alunos deverão contar com registros sobre o movimento do Sol em um intervalo de pelo menos dois meses. Três ou quatro medidas serão suficientes. A melhor época é próxima a um dos equinócios, porque é quando as sombras variam mais rapidamente.

O professor pode perguntar: *O Sol nasce sempre no mesmo ponto do horizonte? O Sol se põe sempre no mesmo ponto do horizonte? Como é a menor sombra do gnômon a cada dia? O Sol sempre passa exatamente sobre nossas cabeças (gnômon sem sombra)?* Além da utilização da sombra do gnômon, as duas primeiras questões podem ser verificadas com a observação do nascer e/ou do pôr-do-sol durante diversos dias. Alguns alunos podem ter mais facilidade para um ou outro caso, dependendo da localização de suas casas; outros podem não ter condições de verificar. Conversando com os alunos, o professor deve descobrir aqueles que podem fazer as observações que depois serão compartilhadas com os colegas. Sugere-se que os alunos registrem suas observações na forma de desenhos da paisagem do horizonte com indicações de pontos de referência (casas, árvores, montanhas etc.), localizando no desenho o ponto onde o Sol nasce ou se põe. Os alunos devem comparar o registro da sombra do gnômon com suas observações sobre o ponto de nascimento e ocaso do Sol.

Nos momentos em que o Sol nasce e se põe, a luz solar passa por uma camada muito maior da atmosfera que em posições mais altas. Por essa razão, está tão enfraquecida que sua observação não representa perigo.

Com relação à menor sombra, espera-se que os alunos notem que o gnômon quase sempre tem sombra o dia todo e que a menor sombra tem sempre a mesma direção. Ela sempre ocorre próximo do meio-dia (ou das treze horas durante o horário de verão), mas não exatamente. A hora exata depende da longitude do lugar.

A bússola

A agulha da bússola é um pequeno ímã que se alinha com o campo magnético da Terra. O polo sul magnético da Terra é próximo do Polo Norte geográfico e o pólo norte magnético é próximo do Polo Sul geográfico. Assim, o polo norte da agulha da bússola aponta, aproximadamente, para o Polo Norte geográfico da Terra.

No entanto, o campo magnético local pode ser influenciado por diversos fatores que mudam ligeiramente sua direção. Assim, dependendo do local, a bússola pode indicar uma direção vários graus fora da direção norte-sul correta.

Uma vez que os alunos notem que a menor sombra está sempre na mesma direção, o professor pode introduzir o conceito de pontos cardeais, indicando essa direção como norte-sul e definindo as outras direções com relação a esta. A partir daí, as discussões sobre a posição do Sol devem se valer dos pontos cardeais. Por exemplo, já podemos dizer que o Sol nesse mês nasceu mais ao norte que no mês passado. Também é um bom momento para se apresentar a rosa-dos-ventos.

O professor também pode apresentar a bússola como instrumento de orientação, indicando suas vantagens e desvantagens.

O ANO

As atividades correspondentes a esse tema só podem ser realizadas quando os alunos dispõem de registros sobre o ambiente e a sombra do gnômon durante o ano todo (ver Ficha Ambiental e O dia e a noite), sendo desenvolvidas portanto apenas no final do ano. É interessante também que já tenham realizado a atividade sobre os pontos cardeais.

Atividade 1. Movimento do Sol durante o ano e ficha ambiental

Pergunta-se aos alunos: *Como é o movimento do Sol durante o ano? Isso tem influência em nossas vidas?* Como os alunos participaram da coleta dos dados e das discussões durante todo o ano, o objetivo desta atividade é realizar uma síntese do que já foi observado.

Os alunos devem começar interpretando os registros da sombra do gnômon com relação ao movimento do Sol: quando o nascer e o caso ocorrem mais ao norte ou sul, quando a sombra ao meio-dia é maior ou menor e para que lado (norte ou sul) etc.

Observações pertinentes estão relacionadas a fatores climáticos, como a duração do dia e a posição do Sol. Esses fatores são mais importantes para regiões mais afastadas do equador. No equador e regiões próximas, o dia tem duração aproximadamente igual durante todo o ano e as variações climáticas não podem ser diretamente associadas com o movimento do Sol tal como visto do lugar.

Os alunos podem usar o modelo da esfera de isopor com agulha e lanterna para tentar reproduzir o desenvolvimento da sombra do gnômon. Então é interessante acrescentar a questão: *O que muda no movimento da Terra durante o ano?*

Pontos importantes a serem observados para o hemisfério sul são:

- Quando o movimento do Sol é mais para o norte, a sombra ao meio-dia é mais comprida, o dia é menor (amanhece mais tarde e anoitece mais cedo), o nascer e o pôr-do-sol ocorrem mais ao norte e é mais frio.
- Quando o movimento do Sol é mais para o sul, a sombra ao meio-dia é mais curta, o dia é mais longo (amanhece mais cedo e anoitece mais tarde), o nascer e o pôr-do-sol ocorrem mais ao sul e é mais frio.
- Na região intertropical a sombra ao meio-dia muda de lado durante o verão.

Para o hemisfério norte deve-se trocar norte por sul e vice-versa nessas afirmações.

O professor pode encerrar dizendo que esse movimento do Sol para o norte e para o sul define o ano. Um ano é o tempo que o Sol demora para executar esse movimento.

Atividade 2. A Terra e o Sol (modelo)

O professor pergunta aos alunos: *Como podem ser os movimentos do Sol ou da Terra que produzem as*

sombras observadas no gnômon durante um ano? Utilizando o mesmo material que foi usado para elaborar o modelo do dia e da noite (Figura 12), os alunos deverão tentar reproduzir as sombras observadas. A verificação é simplificada se for limitada à menor sombra em cada dia.

As observações realizadas apenas permitem concluir que o plano do equador oscila em torno da linha que liga a Terra ao Sol (Figura 13). O professor pode sugerir que esta oscilação aparece quando a Terra executa um movimento de translação em torno do Sol, considerando que o seu eixo mantém sempre a mesma direção. Os alunos verificam se esse modelo reproduz a sombra do gnômon durante o ano.

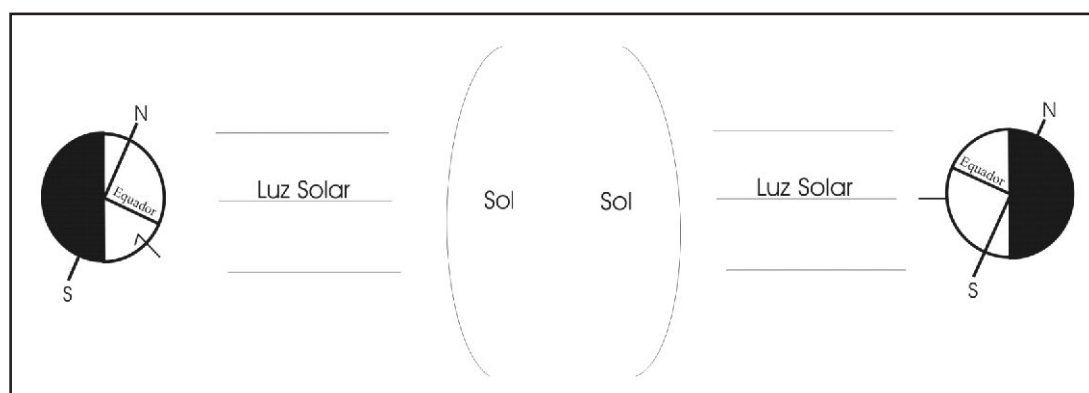


Figura 13. Posição do eixo da Terra, do gnômon e de sua sombra em um instante qualquer (esquerda) e quando o Sol está a pino (direita).

AS FASES DA LUA (sistema Sol-Terra-Lua)

Assim como na ciência, no programa “ABC na Educação Científica - Mão na Massa” a prática corrente é: partir de uma observação, elaborar hipóteses sobre o fenômeno e verificar a validade da hipótese mediante experimentação planejada. Nem sempre, porém, isso é tão simples. Em um de seus escritos, Einstein afirma que a teoria não é uma simples decorrência do experimento, mas deve ser inventada³. Como evidentemente poderíamos inventar qualquer coisa, há necessidade de critérios para a verdade: A teoria proposta deve nos levar a algum fenômeno observável, caso contrário ela não faz sentido.

Um exemplo disso é a teoria heliocêntrica, segundo a qual o Sol se situa no centro do sistema planetário, enquanto a Terra e os demais planetas giram em torno dele e, por sua vez, a Lua gira ao redor da Terra. A humanidade levou milhares de anos para chegar a essa teoria; se pretendêssemos partir apenas de observações, levaríamos um bom tempo também. Assim, propomos aqui que se aceite de início o modelo Sol-Terra-Lua como uma grande hipótese, formulada dessa maneira: *A Terra gira ao redor de seu eixo, a Lua gira ao redor da Terra e o Sol é uma referência em tudo isso.*

Se isso for verdade, devemos notar determinados fenômenos na posição da Lua no céu e no

³ EINSTEIN, Albert. Autobiographical notes. In: SCHILPP, Paul Arthur. **Albert Einstein**: Philosopher- scientist. 3. ed. London: Cambridge University Press, 1970. p.12,13.

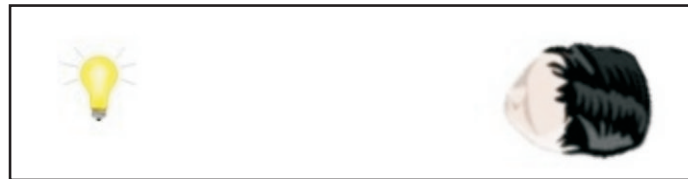
mecanismo do dia e da noite. Por esse motivo, é interessante que, antes das atividades relacionadas ao tema, os alunos tenham realizado observações sobre a Lua. Para tanto, podem ser retomadas as atividades propostas na Ficha Ambiental, além de pesquisa bibliográfica sobre o assunto.

Atividade 1. O dia e a noite

Para esta atividade, é sugerida a elaboração de um modelo para representação do movimento da Lua, a partir do próprio corpo. A **lâmpada** (ou a luz do retroprojektor) representa o Sol; a **cabeça**, a Terra; o **nariz**, o observador. Assim, representa-se o mecanismo dia-e-noite girando o corpo, sendo a Terra a cabeça, enquanto o observador (nariz) está na posição dia ou noite.

Na sequência, são propostas questões para que os alunos encontrem a posição correspondente.

- *Qual a posição de minha cabeça no meu modelo se for meio-dia?*



- *Qual a posição de minha cabeça no meu modelo se for meia-noite?*
- *Qual a posição de minha cabeça no meu modelo se forem seis horas da manhã?*
- *Qual a posição de minha cabeça no meu modelo se forem seis horas da noite?*

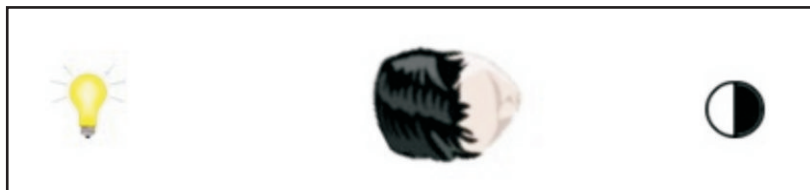
Atividade 2. Fases da Lua

Para esta atividade, é usado o mesmo modelo anterior, acrescentando-se uma esfera de isopor que representará a Lua. O que se espera é que os alunos encontrem as posições em que a esfera representará as diversas fases da Lua. Para isso, o professor pode lançar mão de questões como: *Qual a posição da esfera em que vemos a lua cheia? Qual a posição da esfera em que vemos a meia-lua (minguante e crescente)? Qual a posição da esfera em que a Lua é escura (lua nova)?*

Atividade 3. A Lua e o dia-e-noite

Utilizando-se o mesmo modelo, será considerado também o movimento da Terra.

- *Como seria meia-noite e lua cheia? Em que posição meu nariz (eu) aponta para a Lua?*



- *Como seria a posição de meia-noite e meia-lua? (O aluno que faz parte do modelo não consegue enxergar direito, pois nossos olhos não giram totalmente para o lado, mas os outros podem sugerir a posição.) Existe só uma possibilidade para isso?*
- *Como seria a posição de seis horas da noite e lua cheia? Como seria isso no céu? Nessa situação, onde estariam esses astros em relação ao horizonte?*
- *Como seria seis horas da noite e meia-lua? E seis horas da manhã e meia-lua? O que isso tem a ver com o fato de vermos a Lua de dia de vez em quando?*



O período de translação da Lua é de 29 dias e a rotação da Terra dura 24 horas, sendo que os dois movimentos têm o mesmo sentido. Sugere-se assim que essa atividade seja realizada inicialmente apenas com a translação (a “Lua” é segurada por outra pessoa), e em seguida com a translação e a rotação simultaneamente (o observador gira e outro aluno gira a “Lua” mais devagar).

Para finalizar, os alunos podem usar esse modelo para tentar responder as seguintes perguntas: *Se eu vejo a Lua num dia num certo horário, no dia seguinte eu vejo a Lua, na mesma posição, mais cedo ou mais tarde? Ou: Se eu vejo a Lua hoje, num certo local às sete horas da manhã, em que local eu a verei amanhã no mesmo horário?*

As respostas dadas com base no modelo podem ser comparadas a observações realizadas posteriormente.

Na verificação, observando a natureza, é importante ressaltar que **não estamos mais fazendo de conta – não sou mais o meu nariz**. Se eu olho para o horizonte às seis horas da noite e vejo a Lua cheia, eu me encontro agora “de lado” no globo terrestre. Essa diferença levou a dificuldades de compreensão em testes feitos com alunos em São Carlos.

Bibliografia

CANIATO, Rodolpho. O que é Astronomia, 4a. ed., Brasiliense, São Paulo, 1981.
Livro básico sobre a história, os objetivos e os métodos da astronomia. Uma leitura bastante

agradável. Não aborda os temas discutidos nesse módulo mas fornece uma visão geral sobre a astronomia.

CANIATO, Rodolpho. O Céu, 3a. ed., Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, Campinas, 1978.

Ótimo livro sobre as técnicas fundamentais de observação do céu com propostas de atividades para o Ensino Médio. Detalha a utilização do gnômon como instrumento quantitativo.

Endereços Eletrônicos

<http://www.cdcc.usp.br/cda/index.html>

Setor de Astronomia do CDCC. Página constantemente atualizada e com informações tanto para os professores como para os alunos sobre os mais diversos temas da astronomia.

http://24timezones.com/map_pt.htm

Mapa mundi com os fusos horários e a hora em diversas cidades do mundo.

