

INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA: PROJETANDO A IMAGEM DO SOL

*Francisco Catelli¹
Odilon Giovannini²
Oswaldo Balen³
Fernando Siqueira da Silva⁴*

Resumo: É descrito um dispositivo óptico simples para projetar a imagem do Sol, adequado para observações de eclipses solares e à estimativa do tamanho das manchas solares.

Palavras-chave: Instrumentação astronômica. Eclipses. Material didático.

INSTRUMENTACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA: PROYECTANDO LA IMAGEN DEL SOL

Resumen: Se describe un dispositivo óptico simple para proyectar la imagen del Sol, lo cual es apropiado para las observaciones de eclipses solares y para estimar las dimensiones de las manchas solares.

Palabras clave: Instrumentación astronómica. Eclipses. Materiales didácticos.

INSTRUMENTATION FOR ASTRONOMY TEACHING: PROJECTING THE SUN IMAGE

Abstract: In this work we describe a simple optical device to project the Sun image which is useful for solar eclipses observing and for sunspots' size estimating.

Keywords: Astronomical instrumentation. Eclipses. Didactic material.

1 Introdução

Este trabalho trata da descrição de um dispositivo destinado a projetar a imagem do sol, então cabe iniciar com um aviso importante: **NUNCA olhe para o sol com a vista desarmada⁵, e muito menos através de instrumentos como lunetas, binóculos ou telescópios. O dano pode ser imediato e irreversível!** Não libere este tipo de material para uso por crianças sem cuidadosa supervisão.

Os fenômenos celestes despertam um fascínio enorme nas pessoas e, principalmente, entre os estudantes. A observação destes fenômenos por meio de

¹ Universidade de Caxias do Sul. Departamento de Física e Química. Endereço: Rua Aldo Locatelli, 26, Caxias do Sul, RS, Brasil, CEP 95.070 – 370, (54) 3212 3930. <fcатели@ucs.br>

² Universidade de Caxias do Sul. Departamento de Física e Química. Endereço: Rua Agnaldo da Silva Leal, 45 / 403, Bento Gonçalves, RS, Brasil, CEP 95.700 – 000, (54) 9114 1694. <ogiovanj@ucs.br>

³ Universidade de Caxias do Sul. Departamento de Física e Química. Endereço: Rua Ernesto Alves, 1938, Caxias do Sul, RS, Brasil, CEP 95.020 – 360, (54) 9978 7733. <obalen@ucs.br>

⁴ Universidade de Caxias do Sul. Departamento de Física e Química. Endereço: Rua Ângelo Segalla, 196 / 104, Caxias do Sul, RS, Brasil, CEP 95.070 – 420, (54) 3218 2100. <fssilva@ucs.br>

⁵ Uma proteção adequada para os olhos são os filtros empregados para a solda a arco elétrico: o sol pode ser observado diretamente através deles. É definitivamente desaconselhado o uso de óculos de sol, vidros enegrecidos ou dispositivos semelhantes.

dispositivos óticos simples é um recurso importante no processo de ensino e aprendizagem assim como a utilização de modelos que permitem substituir a abstração pela visualização, como sugerido por Saraiva et al. (2007) para explicar as fases da Lua.

Muitos fenômenos relacionados ao Sol podem ser observados. Entre eles, estão os eclipses e as manchas solares. A projeção da imagem do sol é uma das formas mais seguras para visualizar estes fenômenos. No texto a seguir é discutida resumidamente a óptica da projeção de uma imagem através de uma luneta kepleriana (um binóculo), bem como uma montagem simples que leva a imagens do sol de boa qualidade. O material necessário é: binóculo com ampliação de 7 a 10 x (a objetiva pode ser de pequena abertura), um tripé de câmara fotográfica ou filmadora, um dispositivo para adaptar o binóculo ao tripé, um anteparo para acoplar ao binóculo e um anteparo para projeção. Os detalhes de fabricação e (ou) adaptação dos diversos dispositivos são descritos; é apresentada uma foto do eclipse ocorrido em 11 de setembro de 2007. Finalmente, um procedimento para estimar o tamanho de manchas solares também é apresentado.

2 Óptica da projeção de imagens através de um binóculo

Não levaremos em conta aqui o prisma inversor de imagens que a maioria dos binóculos possui, por não ser relevante para os objetivos deste trabalho. Se um objeto distante tem sua imagem focalizada por uma lente convergente, a “objetiva” na Figura 1-a, esta imagem aparecerá na posição do plano focal da lente. Imaginemos agora que esta imagem é o “objeto” para uma segunda lente⁶, a “ocular” (ver Figuras 1-a e 1-b). Se a distância deste “objeto” for ligeiramente maior que a distância focal da segunda lente, a imagem dele aparecerá nítida, projetada num anteparo colocado a uma distância conveniente (grande, quando comparada à distância focal da ocular). Na prática, o ajuste óptico pode ser reduzido aos seguintes passos: 1: focalize o binóculo para poder enxergar nitidamente um objeto terrestre distante; 2: coloque o anteparo de projeção da imagem a uma distância de aproximadamente um metro da ocular de um dos lados do binóculo (tape o outro lado); 3: posicione ambos, binóculo e anteparo, de modo que a imagem do sol seja projetada e 4: ajuste ligeiramente (caso necessário) o foco do binóculo, de modo que a imagem apareça nítida. Do ponto de vista da óptica envolvida, estes são os passos necessários.

Entretanto, é praticamente impossível manter a imagem do sol razoavelmente estática sobre o anteparo, a menos que se disponha de algum dispositivo auxiliar de projeção. A confecção e montagem deste dispositivo são detalhadas a seguir.

⁶ Um excelente tratamento matemático para a formação de imagens por sistemas óticos constituídos por duas lentes, tais como o telescópio refrator, pode ser vista, por exemplo, em Hecht, 1987, página 192 e seguintes. Uma referência em Português para este mesmo assunto é Serway e Jewett Jr (2004), pg.1038 e seguintes.

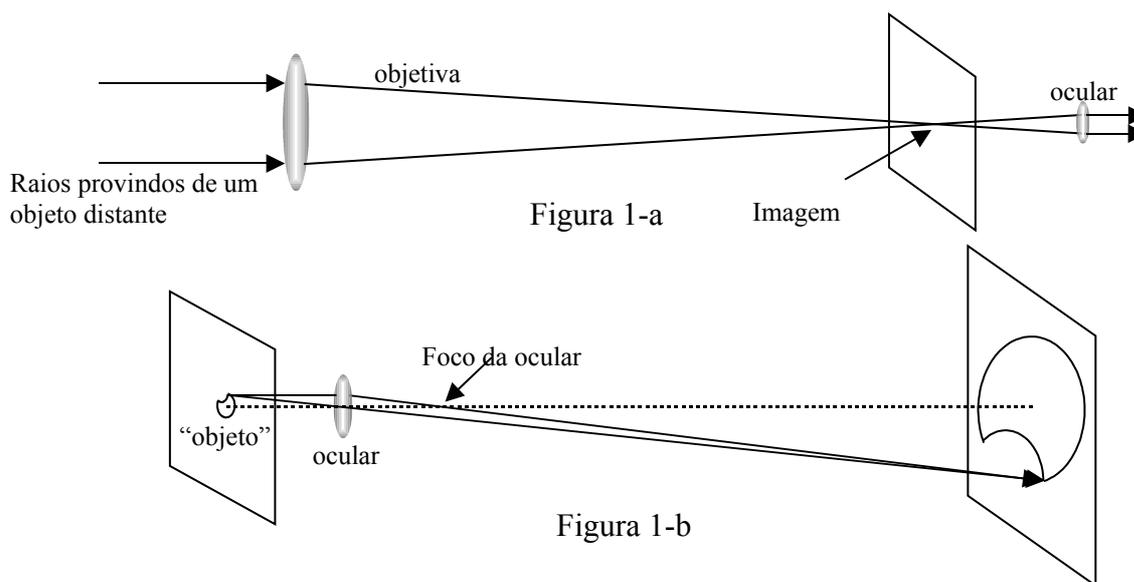


Figura 1-a. A imagem do sol é formada no plano focal da objetiva. Figura 1-b. Esta imagem é agora o “objeto” para a ocular. Esta projetará uma imagem ampliada e invertida do objeto no anteparo.

3 Descrição do dispositivo de projeção

A figura 2 mostra o sistema completo já montado e em ação para a projeção do sol. Começaremos descrevendo o dispositivo de fixação do binóculo ao tripé. A Figura 3 mostra os detalhes deste dispositivo, confeccionado em acrílico; a legenda fornece as dimensões dos parafusos e a rosca para a fixação do adaptador. Retalhos de acrílico podem ser obtidos em empresas que fabricam boxes para banheiros; a execução da rosca de $\frac{1}{4}$ de polegada pode ser solicitada em uma oficina mecânica (a operação é rápida e simples de executar). As dimensões indicadas podem sofrer variações, dependendo do binóculo disponível. Os binóculos de pequenas dimensões são mais simples de ajustar, quando do processo de projeção⁷.

Uma vantagem adicional deste dispositivo de fixação é a de que ele pode ser usado para observações astronômicas visuais da Lua, Júpiter e seus satélites, as Plêiades, ou mesmo observações terrestres; o tripé diminui enormemente as vibrações do binóculo na hora de observar.

É essencial que o anteparo de projeção (no solo, na Figura 2) fique na sombra. (Este anteparo consiste de uma chapa retangular de madeira, de aproximadamente 20 cm por 30 cm, recoberta por uma folha de papel branco, eventualmente presa a um suporte adequado) Para manter a região de projeção na sombra, foi construído (em papelão de aproximadamente 2 mm de espessura) um anteparo adaptado ao binóculo, com dois orifícios para a colocação das oculares; veja os detalhes na Figura 4. Nem sempre este anteparo é suficiente para manter a região de projeção da imagem na sombra; se necessário, o mais simples é promover um sombreamento adicional através de papel preto, o qual pode ser segurado com a mão, como pode ser visto na Figura 2.

⁷ Visto que o sol é muito brilhante, a abertura da lente objetiva pode ser pequena.



Figura 2. O dispositivo de projeção em uso, durante o eclipse solar ocorrido em 11 de setembro de 2007, em Caxias do Sul, RS, Brasil. Note o dispositivo de fixação do binóculo (apenas um dos lados deste é utilizado), e o anteparo preso a este, de modo que não haja incidência direta da luz do sol no anteparo de projeção (no solo, com a imagem do sol projetada nele). O papel preto que aparece na foto foi empregado para manter toda a região de projeção da imagem do sol na sombra.

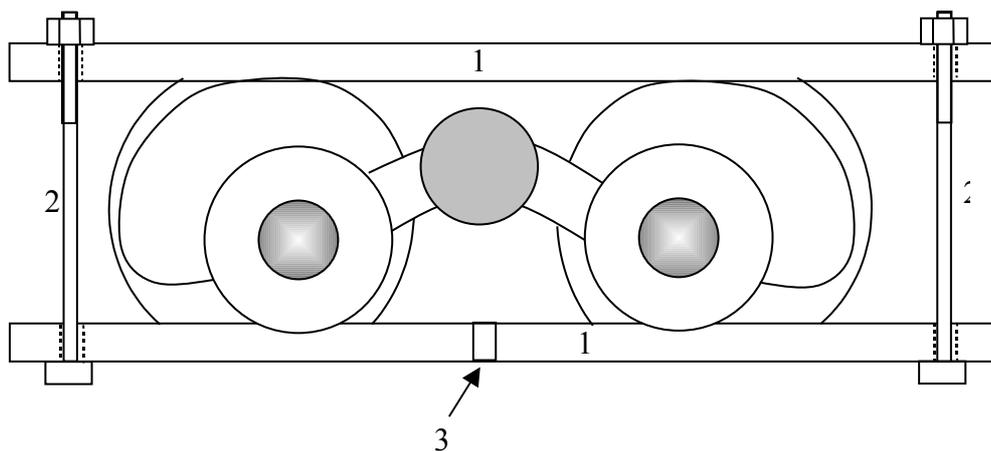


Figura 3. As duas chapas de acrílico (1), de 200 mm x 20 mm x 8 mm, são perfuradas de modo a permitir a passagem de dois parafusos (2), de 5 mm de diâmetro e 80 mm de comprimento (M5 x 0,8 x 80), munidos de porcas. Prenda o binóculo apertando-o firmemente, mas sem usar força em excesso. Na posição (3), faça um furo de 5 mm de diâmetro, e passe a seguir um macho de $\frac{1}{4}$ de polegada. (Esta operação pode ser feita facilmente em qualquer oficina mecânica). Esta rosca permitirá a adaptação a praticamente todos os tripés de câmeras fotográficas e filmadoras disponíveis no mercado.

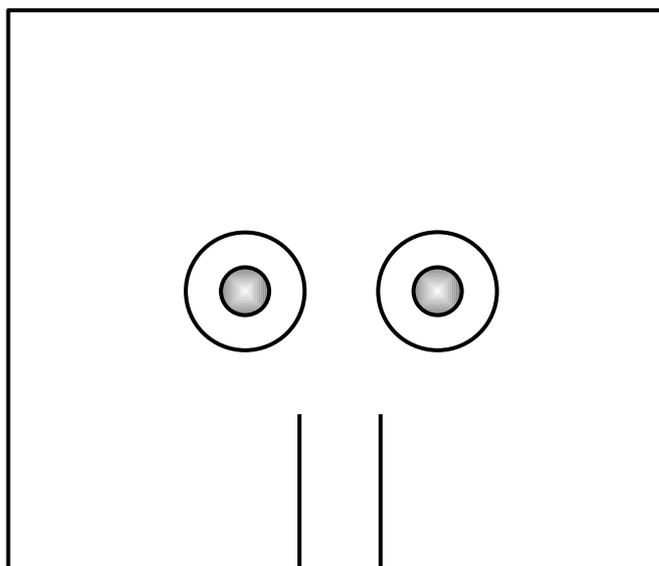


Figura 4. Anteparo, acoplado às oculares do binóculo, com a finalidade de impedir que a luz do sol atinja diretamente o anteparo de projeção (no solo, na Figura 2). O rasgo inferior permite o posicionamento do binóculo em posições próximas à vertical, sem que o movimento seja impedido pela haste do tripé. As dimensões (aproximadas, podem variar de binóculo para binóculo) são de 30 cm x 30 cm para a chapa de papelão, 4 cm de diâmetro para os orifícios de encaixe das oculares, cujos centros estão afastados de 7,5 cm. O rasgo tem 4 cm de largura por 8 cm de altura.

4 Ajuste da imagem projetada

Posicione o binóculo, como na Figura 2, de modo que ele aponte para o Sol. Apenas um dos lados deste será utilizado para a projeção. Por intermédio da maneta de regulagem do tripé, movimente o binóculo lateralmente e verticalmente até que a imagem do Sol apareça projetada no anteparo branco, que aparece sobre o solo na Figura 2.

(Nunca é demais insistir: NÃO olhe para o Sol através do binóculo, em nenhuma hipótese). Como dito acima, faça pequenos ajustes na focalização da imagem, caso seja necessário. Devido ao movimento da Terra, o posicionamento do binóculo deverá ser corrigido de tempos em tempos, pois a imagem do Sol aos poucos vai “fugindo” da região do anteparo. A imagem do sol poderá ser capturada facilmente por meio de uma câmara digital, como foi feito neste trabalho (Figura 2).

5 Observação e estimativa do tamanho das manchas solares

O dispositivo de projeção do Sol descrito acima é bastante adequado à observação e estimativa do tamanho de manchas solares⁸. Como é sabido, a ocorrência de manchas solares obedece a ciclos; o ano de 2008 corresponde à parte do ciclo em que praticamente não há ocorrência destas. Como a duração destes ciclos é de

⁸ Estas manchas são devidas à intensa atividade magnética do Sol nestas regiões. A temperatura no centro destas pode cair a 3700 K, comparados com 5700 K da fotosfera que as circunda (ver referência 4). Para saber se há manchas solares visíveis, consulte a referência 5. Por exemplo, no dia 11 de julho de 2007 (consulte os arquivos da referência 5) várias manchas solares puderam ser vistas na imagem do Sol, obtida através do satélite SOHO.

aproximadamente 11 anos, daqui a uns quatro ou cinco anos teremos novamente a presença abundante destas manchas⁹.

O tamanho destas manchas pode ser estimado com facilidade. O resultado encontrado será tão mais preciso quanto mais próxima do centro do Sol estiver a mancha. Como neste período as manchas solares são bastante escassas (antes de montar o sistema de projeção em busca de manchas solares, consulte o segundo endereço da referência 3, para saber se há alguma chance que elas estejam presentes) use as imagens disponíveis na internet¹⁰. De posse da imagem, meça, com uma régua, o diâmetro (d) do Sol impresso nesta, bem como a dimensão maior (x) da mancha (Figura 5).

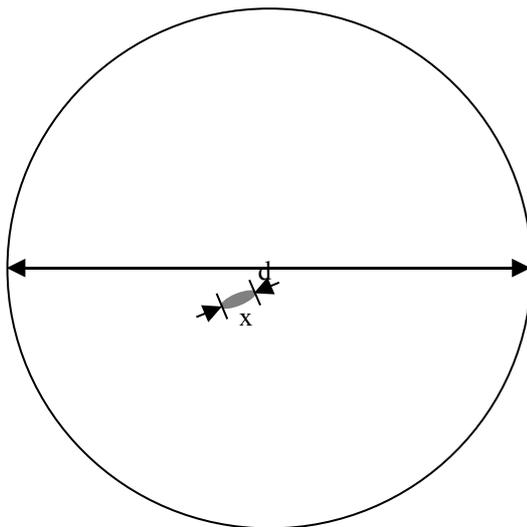


Figura 5. Estimando o tamanho de uma mancha solar. Na figura, “ d ” é o diâmetro aparente do Sol na projeção (ou imagem da internet); “ x ” é a dimensão maior da mancha solar, também medida na projeção.

O diâmetro médio D do Sol é de $1,396 \times 10^9$ m; o tamanho real M da mancha será dado então por

$$M = \frac{D}{d} x,$$

onde x e d podem se medidos, por exemplo, em mm. Note que o termo $\frac{D}{d}$ nada mais é do que a ampliação que deve ser aplicada à imagem da mancha, para que a dimensão real desta seja conhecida.

Finalmente, uma explicação acerca da restrição feita quanto à posição da mancha, que idealmente deveria ficar próxima ao centro do Sol. Uma demonstração bastante simples pode ser executada em aula: cole um pequeno disco, de aproximadamente 2 cm de diâmetro, recortado em fita isolante, e cole-o num globo terrestre, próximo ao equador. Peça aos alunos que olhem para esta “mancha”, enquanto o globo é girado lentamente. Quanto mais próxima da “borda” do globo a mancha

⁹ Veja o ciclo das manchas solares na referência 6.

¹⁰ Belas imagens de manchas solares podem ser vistas, além da referência 5, também na referência 7. Neste endereço também são fornecidas instruções detalhadas para o cálculo do tamanho das manchas solares, que são essencialmente as mesmas descritas no nosso trabalho. Entretanto, preste atenção para o fato de que, nesta referência, não há nenhuma alusão ao erro devido ao “efeito de projeção” que mencionamos no texto.

estiver (do ponto de vista dos alunos) mais estreita esta lhes parecerá. Este “estreitamento” ocorre na direção da linha do equador; não há modificações aparentes na dimensão da mancha na direção perpendicular.

É claro que este efeito de projeção, que altera o tamanho aparente da mancha, pode ser corrigido por cálculos trigonométricos razoavelmente simples. Os alunos poderão se divertir bastante tentando resolver este exercício de aplicação da trigonometria elementar.

6 Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelo suporte financeiro, a Fabiele Stockmans pela tradução para o espanhol e aos revisores da RELEA pelas sugestões.

Referências

HECTH, Eugene. **Optics**. 2. ed.. Reading, Massachusetts: Addison Wesley, 1987.

SARAIVA, M. F. O. et all. As fases da lua numa caixa de papelão. **Revista Latino Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n. 4, p. 9-26, 2007.

SERWAY, Raymond A.; John W. JEWETT Jr. **Princípios de Física**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004. v. 4.

<<http://solarscience.msfc.nasa.gov/feature1.shtml>>. Acesso em 7/10/08.

SPACEWEATHER. Disponível em: <www.spaceweather.com>. Acesso em 7/10/08.

<<http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/bfly.gif>>. Acesso em 7/10/08.

HOW big is a Sunspot? Disponível em:

<<http://lithops.as.arizona.edu/~jill/EPO/Sun/MeasureSunspots.html>>. Acesso em 7/10/08.