
ECLIPSE SOLAR TOTAL: 3 DE NOVEMBRO DE 1994

Silvia Helena Becker Livi

Departamento de Astronomia - Instituto de Física - UFRGS

Porto Alegre - RS

Em 3 de novembro de 1994 ocorrerá um eclipse solar total cuja faixa de totalidade passará por Santa Catarina e que poderá ser visto em toda a América Latina. Sugerimos aproveitar essa oportunidade para desenvolver esse tema em aula, alertando sobre os cuidados necessários na observação do Sol.

I. O que é um eclipse?

Eclipses ocorrem quando, do ponto de vista do observador, um astro se interpõe na frente de outro. Assim, quando a Lua se alinha entre o Sol e a Terra, dizemos que está ocorrendo um eclipse do Sol. O eclipse só é total se o disco solar ficar completamente encoberto pela Lua e é observado nos locais em que o cone de sombra da Lua atinge a Terra. Isso ocorre numa região relativamente pequena, de poucas centenas de quilômetros, comparada com os 12 742 km de diâmetro médio da Terra. Essa região se desloca de oeste para leste, devido ao movimento relativo da Lua, Terra e Sol, criando uma longa faixa de totalidade. Nela se pode observar a coroa solar.

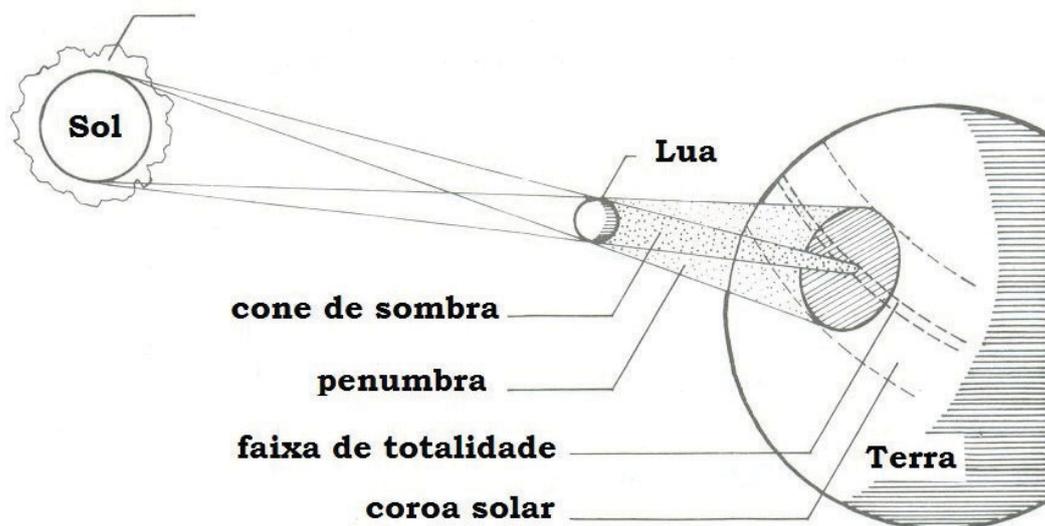


Fig. 1

O esquema anterior e os que seguem foram adaptados de Brewer (1979) e não obedecem escala. Os dados relevantes em km, indicados a seguir, mostram que o Sol é cerca de 400 vezes maior que a Lua, estando 400 vezes mais longe. Não é possível representar essas proporções no desenho.

raios médios: Lua = 1738, Terra = 6371, Sol = 696.000
distâncias: Terra-Sol: 147 100000 (mínima); 152 100000 (máxima)
Terra-Lua: 354410 (mínima); 406 700 (máxima)

Observando o esquema e sabendo que as fases da Lua são devidas à luz solar entenderemos que, para ocorrer um eclipse solar, a Lua deverá estar em fase Nova.

Na região de eclipse parcial, onde o cone divergente de penumbra atinge a Terra, veremos a Lua tapando parte do Sol, sem nunca obscurecê-lo totalmente.

Afirmamos que o eclipse se desloca na Terra de oeste para leste. A velocidade de rotação da Terra no Equador é 1680 km/h, mas a velocidade da sombra da Lua, que acompanha seu movimento ao redor da Terra, é cerca de 3380 km/h, no mesmo sentido da rotação da Terra, de oeste para leste. Logo, o cone de sombra vai atingir a Terra de oeste para leste e o efeito da rotação da Terra será tornar mais lento seu deslocamento na superfície terrestre. A totalidade é maior para eclipses no Equador, onde a duração máxima é 7 minutos e 40 segundos.

II. Eclipses anulares e parciais.

O comprimento médio da sombra da Lua é 375 000 km, menor que a distância média da Terra à Lua, 384 400 km. Assim sendo, como essa diferença de 9.000 km é maior que o raio da Terra, é comum que, embora o cone de sombra esteja alinhado com a Terra, não chegue a atingi-la, como na figura abaixo. Nesse caso, visto na extensão do cone de sombra na Terra, o disco da Lua não cobre o disco do Sol, deixando um anel brilhante em torno da Lua escura. Esse eclipse é chamado anular.

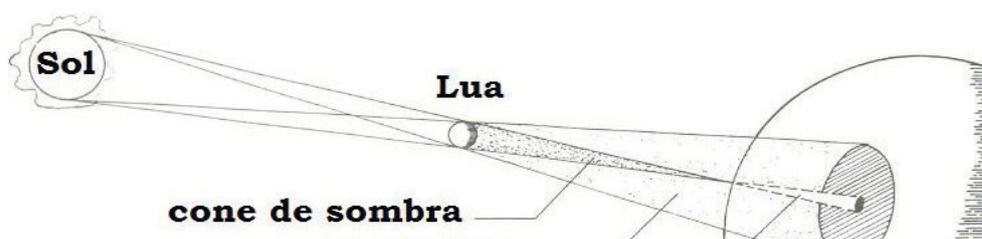


Fig.2

A condição de um eclipse ser anular ou total depende da distância da Terra ao Sol, que gerará uma sombra maior quando o Sol estiver mais longe da Terra (no afélio, que ocorre em julho) e também da distância da Lua, cujo menor valor é de 354 000 km. A variação na distância da Lua é muito maior que a do Sol; o diâmetro angular da Lua varia entre $0,49^\circ$ e $0,56^\circ$ e o do Sol entre $0,52^\circ$ e $0,54^\circ$.

O maior diâmetro que a sombra pode ter na superfície da Terra é 269 km. Se ela atingir a Terra obliquamente será uma elipse com menor diâmetro igual a 269 km. Na medida que se desloca na superfície da Terra essa elipse vai se alterando; o efeito é bem notável no mapa do eclipse que mostraremos adiante.

Nem todos os eclipses do sol são totais ou anulares. É possível que a penumbra atinja a Terra, mas o cone de sombra fique além do seu bordo. Esse eclipse é parcial em todos os lugares que é visto. Isso ocorre porque a órbita da Lua e da Terra não estão no mesmo plano.

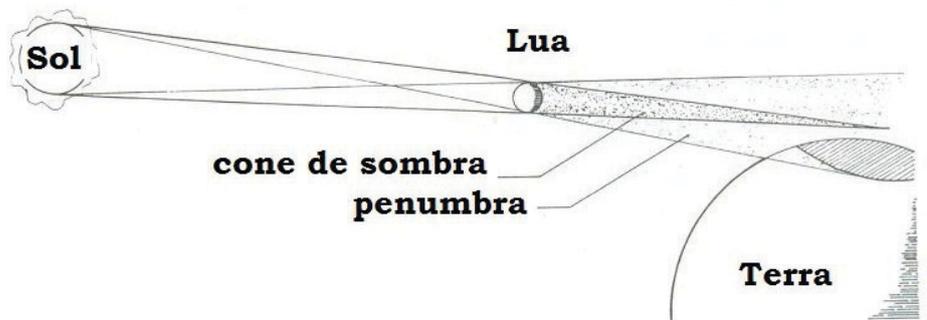


Fig. 3

Existe também um tipo de eclipse solar muito raro que é anular e total, porque o cone de sombra atinge a Terra por alguns instantes, quando é total, mas devido à curvatura da Terra se torna anular antes e depois. Não discutiremos eclipses da Lua neste texto; isso foi feito em Clauzet e Sodré (1980).

III. Condições para a ocorrência de eclipses

A órbita da Lua está inclinada 5° em relação ao plano da órbita da Terra, denominado eclíptica. Como o diâmetro angular da Lua (ângulo visto da Terra) é de aproximadamente $0,5^\circ$, não ocorrem eclipses todas as vezes que a Lua completa uma volta e fica em fase Nova. Os eclipses só ocorrem na circunstância da Lua estar próxima do plano da órbita da Terra. Os pontos em que a órbita da Lua cruza o plano da órbita da Terra são chamados nodos. A Lua Nova não precisa estar exatamente no nodo para haver um eclipse do Sol; basta que ela esteja cerca de 18,7 dias antes ou depois do alinhamento, num total de 37,5 dias. Como o ciclo de fases da Lua se completa em 29,5 dias, a cada passagem da Lua pelo nodo há pelo menos uma oportunidade de haver um eclipse solar.

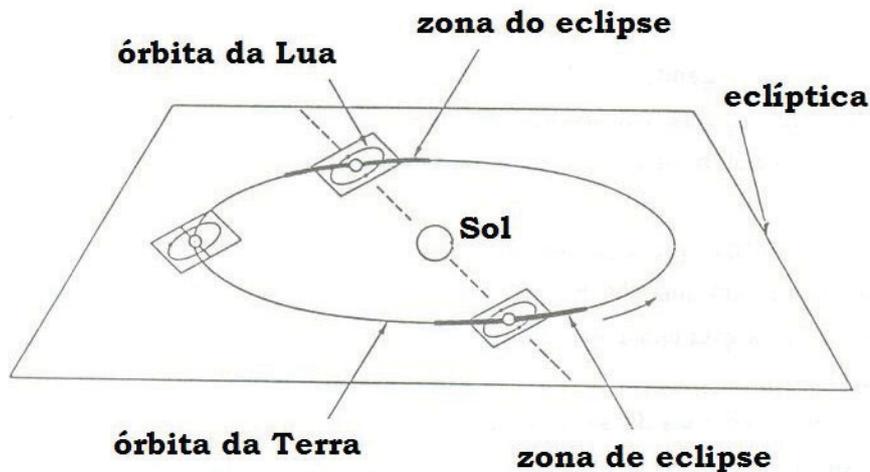


Fig.4

Se os nodos permanecessem estacionários, apontando sempre para a mesma posição no espaço, os eclipses ocorreriam sempre na mesma época do ano. Isso, entretanto, não acontece; os nodos avançam lentamente porque o plano da órbita da Lua se altera. O alinhamento ocorre alguns dias antes, de modo que o mesmo nodo atinge alinhamento após 346,6 dias, ou seja, 18,6 dias antes da Terra ter completado um ano, voltando à mesma posição. Assim sendo, em um ano poderá haver um mínimo de 2 eclipses solares, um para cada vez que a Lua cruza cada um dos nodos, até um máximo de 5, excepcionalmente, se houverem 2 eclipses cada vez que a Lua cruzar cada um dos nós, mais 1 eclipse nos 18,6 dias que sobram.

Embora eclipses totais do Sol sejam relativamente comuns, cerca de 2 a cada 3 anos, a ocorrência de eclipses solares totais em uma região é relativamente rara. O próximo eclipse total do sol no Brasil só ocorrerá em 2 de agosto de 2046 e será visível somente em Pernambuco e na Paraíba.

IV. Onde ocorrerá o eclipse?

O eclipse solar de 3 de novembro de 1994 será total e sua faixa de totalidade iniciará no Oceano Pacífico, cruzará a América do Sul, desde a costa sul do Peru até o sul do Brasil, onde passa por Foz do Iguaçu (PR), segue próximo à fronteira dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e continua no Oceano Atlântico, passando ao sul da África. No centro da faixa, a duração da fase de totalidade será de cerca de 2 minutos no Peru, onde o Sol estará a 250 de altura acima do horizonte, aumentando paulatinamente para leste. No leste de Santa Catarina o Sol estará com 590 de altura e a duração do eclipse será de 4 minutos, aproximadamente. As cidades de Foz do Iguaçu, Chapecó, São Joaquim e Criciúma ficam próximas do centro da faixa de totalidade. O máximo do eclipse será no Oceano Atlântico.

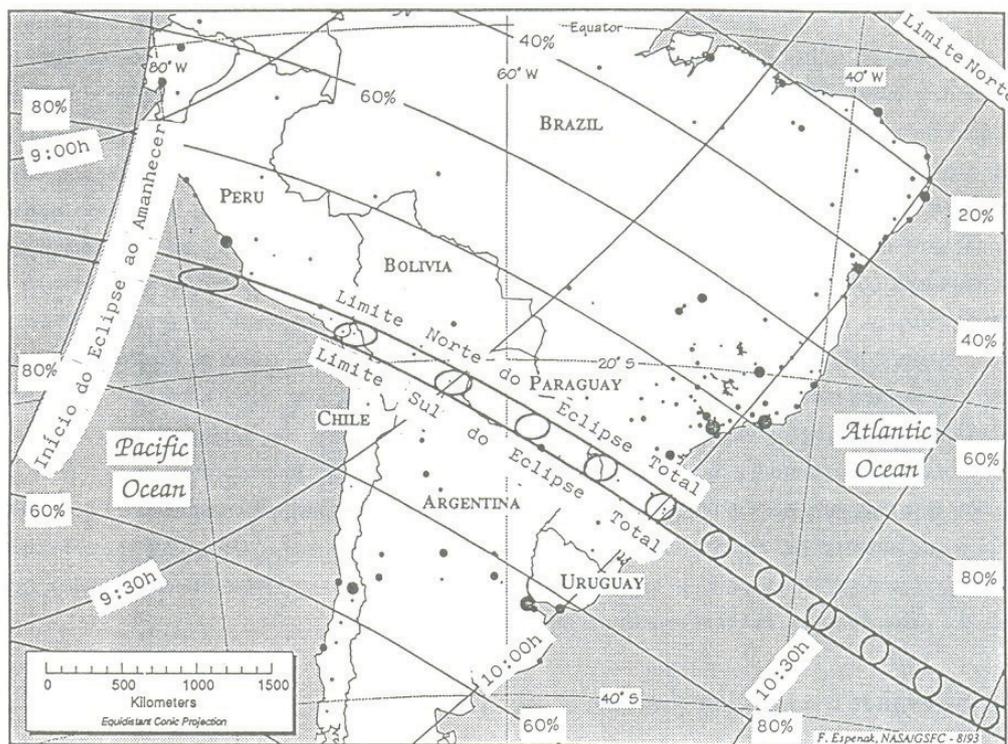


Fig. 5

As elipses no mapa (adaptado de Espenak e Anderson, 1993) mostram a sombra da Lua ao longo da faixa de totalidade. Paralelo a ela (para norte ou sul) diminui a proporção encoberta do Sol, como indicam as linhas de 80%, 60%,... Nas linhas perpendiculares está indicado o horário de Brasília em que ocorrerá o máximo do eclipse. Em Florianópolis ele será às 09h59m, com um obscurecimento de 99%, em Porto Alegre às 09h58m, com 96% de obscurecimento. Em Foz de Iguaçu o máximo será às 09h46m, em Chapecó às 09h49m, em Criciúma às 09h59m. Quando todo o disco solar tiver desaparecido se verá a coroa solar. ESSE MOMENTO OUE DURARÁ NO MÁXIMO 4 MINUTOS. É O ÚNICO EM OUE É SEGURO OBSERVAR O SOL DIRETAMENTE.

V. Como observar o eclipse?

Durante todos os momentos do eclipse parcial é muito perigoso observar o Sol diretamente. Enfatizamos também que é extremamente perigoso olhar para o Sol com qualquer instrumento óptico, seja binóculo, telescópio ou mesmo através de uma câmera fotográfica. Toda a pessoa que tentar entusiasmar outros a observar o Sol deve se sentir na obrigação de fazer essas ressalvas. Sugerimos que seja feita a atividade de queimar uma folha de papel usando uma lente e focando o Sol na folha. Toma-se então fácil explicar que, como o olho humano tem uma lente (o cristalino, que foca a imagem na retina) algo semelhante está acontecendo quando olhamos o Sol

sem qualquer instrumento. Infelizmente, ao contrário do que aconteceria se focássemos o Sol em nossa pele, a retina não responde com uma sensação de dor. Desse modo, a pessoa pode sofrer um dano irreparável em sua visão sem sentir qualquer dor. Se usarmos filtros de luz, tais como vidros esfumados ou filmes revelados como os de radiografia, estamos sujeitos a que eles não sejam suficientemente densos. Mesmo que estejam bloqueando as radiações visíveis talvez deixem passar o infravermelho ou o ultravioleta, que são invisíveis, mas também podem danificar a visão. Plásticos deixam passar o ultravioleta; vidros não, *por* isso sempre é recomendável o uso de óculos escuros de vidro - mas eles não são suficientes para observar o Sol. Para isso seria necessário um filtro conhecido nas ferragens como lente de proteção para máscara de soldador nº 14. Outra recomendação importante é a de nunca colocar filtros internamente aos instrumentos, onde o feixe de luz solar está concentrado. Os filtros, ao absorverem a luz, aquecem proporcionalmente à intensidade do feixe que interceptam. Ao aquecer, os filtros podem rachar ou quebrar e todo o feixe concentrado atingirá o olho do observador. Essa experiência já foi feita *por* muitos observadores desavisados, que perderam parte da visão, às vezes sem se dar conta naquele momento.

VI. Observando o eclipse por projeção

Tendo em vista que os filtros usados para observar o Sol não são adequados, recomendamos usar o método de projeção. Serve qualquer instrumento, mesmo uma pequena luneta de brinquedo (como as do Polyopticon). Basta colocar o instrumento sob a luz solar e alinhá-lo com o Sol, sem observar através das lentes. Para isso observe a sombra que a luneta faz e mude sua posição até que a sombra seja mínima. Aí coloque um anteparo para ver a imagem do Sol, mudando a distância até focar a imagem. Normalmente aparecerá um disco redondo, e se houver uma mancha grande no Sol ela poderá ser vista. Durante a fase parcial do eclipse, observamos parte do Sol sendo encoberta. A fase parcial do eclipse poderá ser observada em toda a América do Sul. O início do eclipse parcial no sul do Brasil ocorrerá entre 08h30m e 08h50m, terminando entre 11h07m e 11h25m. (Matsuura et al., 1993).

Quem não dispuser de um instrumento, poderá construir uma câmara escura. Use um tubo longo (porta-cartaz) ou uma caixa bem comprida. Faça um pequeno furo na tampa metálica ou cubra um lado com papel alumínio onde foi feito um furo. Quando se direciona esse lado para o Sol, uma imagem será projetada na parte interna da face oposta. Através de outra abertura lateral poderá ser observada a imagem do Sol parcialmente obscurecida pela Lua. Quanto mais longa a caixa, maior a imagem do Sol. A imagem é invertida. Para testar se o furo é suficientemente pequeno, tente tapar parte dele; se o tamanho do Sol diminuir sensivelmente é porque o furo está grande demais. Quando o furo é bem pequeno vemos apenas a intensidade da imagem diminuir, mas não seu tamanho.



Fig.6

Outro método é sobrepor um papel escuro com um furo a um espelho e projetar a imagem numa parede ou para dentro de uma sala escura. Com isso se obterá imagens maiores. O furo nesse caso deverá ser maior que o do tubo, para que a imagem seja suficientemente intensa.

VII. Agradecimentos

Agradeço a Fabricio Ferrari, bolsista da FAPERGS, pelas sugestões e auxílio na busca de dados; a Diego Gonzales Chevarria, bolsista de extensão da PROEXTIUFGRS, pela confecção dos desenhos, e a Germaine Rhein Xavier, bolsista da PROEXTIUFGRS, que confeccionou e testou câmaras escuras.

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio da CAPES/PADCT/SPEC.

VIII. Referências Bibliográficas

BREWER, B. Eclipse. Seattle: Earth View, 1979.

CLAUZET, L.B.F., SODRÉ Jr., L. Os eclipses. Rev. Bras. Ens. Fis., v.2, n.Z, p. 64-69, 1980.

ESPENAK, F., ANDERSON, J. Total solar eclipse of 3 november 1994,1993. [S.I.] NASA Reference Publication 1318.

MATSUURA, O.T., BOCZKO, R., MARQUES dos SANTOS, P. Information regarding the observations of the eclipse of November, 03, 1994, in Brazil. São Paulo: IAG/USP, 1993. Publicação interna.