

## 12<sup>th</sup> IMAA (Encontro Internacional de Astronomia e Astronáutica)

Campos dos Goytacazes (RJ), 12 de Abril de 2019

### ***A Observação de Eclipses Lunares***

*Helio-C. Vital*

Eclipses lunares são eventos belos, interessantes e importantes cientificamente, que podem ser observados com instrumentos muito modestos e até mesmo a olho nu. As cronometragens dos contatos, por exemplo, podem ser realizadas com pequenos telescópios e nos permitem calcular o raio da sombra da Terra. Durante três décadas, temos observado e pesquisado esses eventos com base na análise de dezenas de milhares de observações. Como fruto dessa pesquisa, atingimos um patamar único a nível mundial em termos de capacitação empírica sobre a previsibilidade de eclipses lunares totais, sendo que desde 2003, temos publicado em nosso **Portal de Eclipses Lunissolar** (<http://www.geocities.ws/lunissolar2003/>) previsões relativas aos contatos (limbo e crateras) e ao brilho da Lua, algumas vezes, considerando inclusive a influência de grandes explosões vulcânicas. Contribua você também para que, de posse de um acervo de observações mais amplo, possamos compreender melhor a influência da atmosfera terrestre sobre as características visuais da Lua totalmente eclipsada e, por conseguinte, possamos aperfeiçoar ainda mais nossas previsões.

#### **Atividades Pré-Eclipse**

O planejamento minucioso das atividades a serem realizadas durante um eclipse lunar é de fundamental importância para a garantia da qualidade dos dados observacionais e deve ser feito cuidadosamente. Recomenda-se ao observador que, nos dias anteriores ao evento:

(1) Utilize um programa planetário para simular a aparência do céu durante o eclipse, registrando as posições aparentes (altura e azimute) da Lua. Isso ajudará na escolha do sítio de observação. Verifique também se existem obstáculos no horizonte que poderiam prejudicar a observação da Lua eclipsada. No caso de eclipses totais, faz-se também necessário selecionar as principais estrelas ou planetas brilhantes (e suas magnitudes), a serem utilizados para estimar o brilho da Lua.

(2) Planeje as atividades a serem executadas e os instrumentos a serem utilizados em suas observações. Dentre as principais atividades, sugerimos, em ordem decrescente de importância científica:

- Estimar a magnitude visual da Lua e/ou o Número de Danjon durante a totalidade várias vezes se possível, para determinação da curva de brilho da Lua totalmente eclipsada;

- Cronometrar os horários em que a borda da sombra (ou umbra, no caso) cruza o centro das principais crateras lunares (contatos secundários) e o limbo lunar, dando início ou fim às fases parciais e total do eclipse (contatos primários);

- Fotografar, filmar ou fazer esboços da Lua totalmente eclipsada;
- Registrar o horário da primeira percepção da penumbra;

(3) Nas noites que precedem o eclipse, o observador deverá se familiarizar com as crateras (identificação, localização, características) cujos contatos pretenda cronometrar;

(4) Horas antes do eclipse, deverão ser verificados os instrumentos a serem utilizados na observação: relógio, lanterna, luminária, prancheta, laptop, lápis e papel, câmera (sobre tripé com bateria carregada e, se possível, com uma bateria sobressalente), telescópio com a ocular mais luminosa (30 a 70 vezes de aumento) e binóculo (se possível, um 7x50). As condições de iluminação do ambiente deverão ser testadas para certificar que serão apropriadas para a consulta ao mapa da Lua ou do céu durante as cronometragens e estimativas de brilho.

(5) Além disso, os relógios devem ser ajustados, utilizando uma fonte de sinais horários com incerteza inferior a 1 segundo. Também deverá ser feito, o registro das coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) do local de observação.

## Atividades nas Fases Parciais

### (1) Cronometragens

#### (a) Identificação da Borda da Umbra

A cronometragem de contatos é dificultada pela aparência difusa e irregular da borda da umbra, daí a recomendação quanto ao uso do menor aumento telescópico disponível, de preferência de 40 a 50 vezes. Por esse motivo, recomendamos que você opte pelo uso da ocular mais luminosa de seu telescópio. A borda da umbra, a qual depende essencialmente do contraste, corresponde à linha imaginária, ao longo da qual, o escurecimento do disco eclipsado ocorre de forma mais abrupta na direção do eixo da sombra, ou seja, onde o gradiente de luz é máximo. Ela não deve ser confundida com o final da penumbra, donde restaria visível apenas uma pequenina fração do disco solar a um hipotético observador lunar (linhas laranja e vermelho na Fig. 1). Por outro lado, a borda da umbra não se localiza no interior do escuro patamar, onde a densidade da sombra já se estabilizou em seu valor máximo (linha amarela na Fig. 1). Portanto, ela corresponde a uma posição intermediária, no início desse patamar (linha verde na Fig. 1).



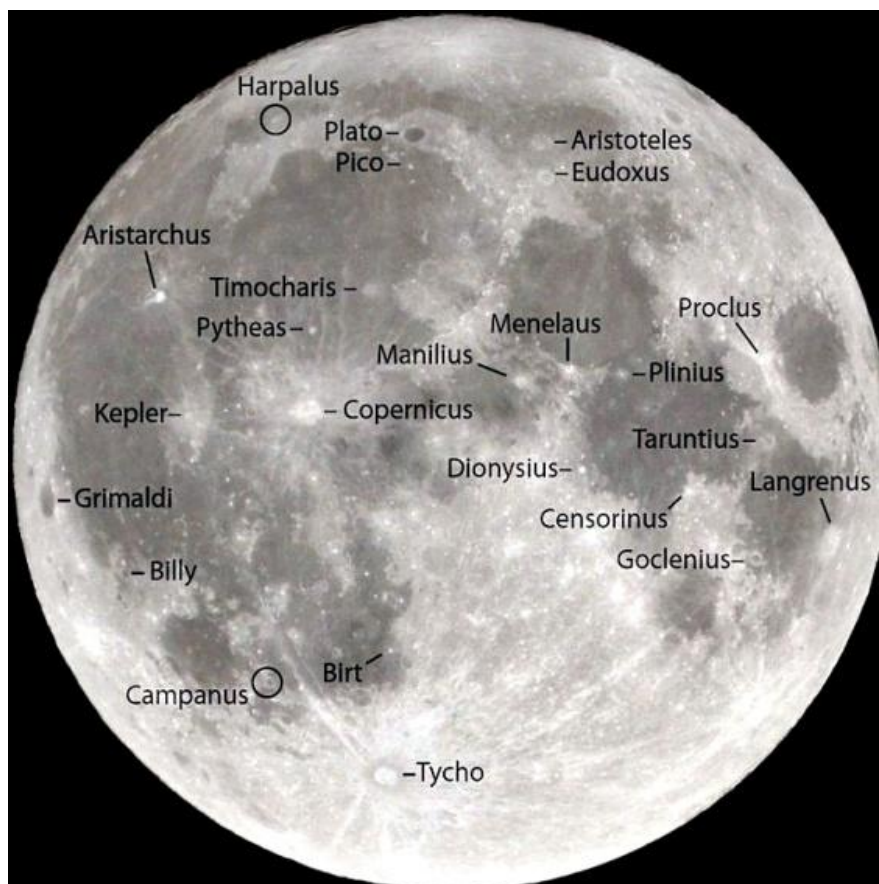
**Figura 1 – Identificação da difusa borda da umbra**

**(b) Cronometragens dos Contatos Primários [U1 (início do eclipse parcial), U2 (início do eclipse total), U3 (fim do eclipse total) e U4 (fim do eclipse parcial)]**

Embora menos precisos que os contatos de cratera, os contatos de limbo também são importantes e devem ser cronometrados também. Teoricamente, cada um deles corresponderia a um ponto do limbo lunar que sofre uma súbita variação de brilho, causada pelo tangenciamento interno ou externo com a umbra. Nos minutos que precedem o fim do eclipse parcial, por exemplo, é comum ter-se a singular impressão de que a borda da umbra está se diluindo e desaparecendo ao se aproximar do limbo lunar. O observador deve planejar sua observação, baseando-se nos horários de contatos informados no Lunissolar (<http://www.geocities.ws/lunissolar2003>) para todos os eclipses lunares observáveis desde o Brasil. Considere também que diferenças em relação às previsões superiores a 1 minuto geralmente denotam deficiências ou erros grosseiros associados às cronometragens.

**(c) Cronometragens dos Contatos Secundários (contatos com as principais crateras)**

Nas noites anteriores ao eclipse, faça o reconhecimento das crateras cujos contatos você pretende cronometrar, tentando memorizar seus nomes, posições e características. Recomendamos que você utilize o mapa da Fig. 2, publicado por Sinnott, editor da Revista Sky&Tel., um dos maiores especialistas em eclipses lunares da atualidade.



**Figura 2 – Mapa da Lua para Identificação das Principais Crateras**  
Cortesia: Roger Sinnott (Sky&Tel.)

Você pode escolher um conjunto de crateras maior, com 15 a 25 crateras, se já tiver experiência nessa atividade, no entanto, recomendamos uma seleção modesta para os iniciantes, de 5 a 10 crateras, de preferência. Em seu planejamento, evite escolher crateras com tempos de contatos muito próximos entre si, para evitar embaraços na hora da observação, escolhendo aquelas que você consiga identificar mais facilmente. Experimente visualizar a borda da umbra em toda sua extensão no momento em que ela cruza o centro da cratera, ou seja, no instante do contato. Havendo oportunidade, aproveite para verificar se você está “calibrado”, comparando os instantes que você já tenha cronometrado com as previsões, para verificar a necessidade de um ajuste fino em sua maneira de identificar a borda da umbra, antes de prosseguir na cronometragem das demais crateras de seu planejamento. Na prática, muitos observadores inadvertidamente adotam a linha vermelha ao invés da linha verde. Para cada cratera escolhida, deve ser registrado o horário (hora, minuto e segundo) em que a borda da umbra cruza o centro da cratera, seja encobrindo-a (primeira fase parcial, quando ocorrem as imersões) ou descobrindo-a (segunda fase parcial, quando ocorrem as emersões). A estatística mostra que a incerteza média nos horários registrados por observadores experientes geralmente situa-se entre  $\pm (0,2 \text{ a } 0,5) \text{ min}$ .

#### **(d) Registros Fotográficos ou Vídeos da Passagem da Umbra pelo Disco**

Com sua câmera sobre tripé e foco no infinito, tente obter registros fotográficos (fotos ou vídeos) das duas fases parciais.

#### **(f) Estimativas do Brilho da Lua Parcialmente Eclipsada**

Sobrando tempo, tente também estimar a evolução do brilho da Lua parcialmente eclipsada, utilizando os planetas e estrelas mais brilhantes na comparação. Lembre que a magnitude da Lua geralmente varia de -9 a -3 nessa fase. Dessa forma, observada através de um binóculo 7x50 invertido, ela deve apresentar magnitudes entre -4 e +2. Veja maiores detalhes a seguir sobre o método do binóculo invertido. Mas, fique atento para não perder cronometragens das crateras em sua lista, que nessa fase, são bem mais importantes.

### **Atividades na Fase Total**

A determinação da curva de luz da Lua durante a totalidade é sem dúvida a atividade de maior importância científica, tendo em vista que estimativas de brilho de eclipses são surpreendentemente raras. Algumas atividades observacionais sugeridas para a totalidade, em ordem decrescente de importância científica, são:

#### **(1) Estimativas da Magnitude Visual da Lua pelo Método do Binóculo Invertido**

O método do binóculo invertido, aperfeiçoado por (Vital et al.), deve ser utilizado para estimar a magnitude visual da Lua durante o eclipse. Ele consiste em observar estrelas próximas à Lua eclipsada com uma das vistas desarmadas ao mesmo tempo em que a outra vista contempla a Lua pela objetiva de um dos monóculos, ao invés da ocular, procurando comparar o brilho da Lua com o brilho das estrelas circunvizinhas. A correção para a perda de brilho é feita posteriormente. Para um binóculo 7x50, essa perda geralmente corresponde a

aproximadamente 5,0 magnitudes. Isso significa que, se no meio do eclipse lunar total, notamos que a Lua, observada pelo lado errado do binóculo, parece ter brilho intermediário entre uma estrela de magnitude 2,0 e outra de 2,6, estando duas vezes mais próximo da estrela mais brilhante, poderemos dizer que estimamos a magnitude da Lua em:  $(2,0 \times 2 + 2,6 \times 1) / (2 + 1) - 5,0 = 2,2 - 5,0 = -2,8$ . Esse valor corresponderia a um eclipse moderadamente brilhante. O ideal é que o valor exato dessa correção para a perda de brilho, que sabemos que se aproxima de 5 magnitudes para binóculos 7x50, seja determinado experimentalmente. Poderiam ser utilizados, por exemplo, Vênus, Júpiter ou o crescente lunar em sua determinação. É importante salientar que o valor teórico dessa correção, muito usado por observadores estrangeiros, tende a subestimá-la significativamente, fazendo com que muitas vezes o brilho estimado da Lua no meio do eclipse fique superestimado em aproximadamente meia magnitude. Na escolha das estrelas de comparação, lembre-se de incluir preferencialmente estrelas avermelhadas (mais próximas da coloração da Lua totalmente eclipsada) e de excluir as estrelas variáveis. Se possível, realize várias estimativas de brilho, visando à confecção da curva de luz do eclipse. Considere também que a estimativa do menor brilho da Lua, a qual geralmente é observada nos minutos próximos ao centro da totalidade, é aquela de maior valor científico.

## (2) Estimativas da Magnitude Visual da Lua por Desfocalização

Outro método para se aferir o brilho da Lua, considerando que ela se apresenta como um disco, em contraste com as estrelas pontuais, é desfocá-la e buscar compará-la em magnitude com as estrelas vizinhas, que também estarão desfocadas. Para isso, pode ser utilizada uma lente divergente. Outra opção, caso você tenha miopia, seria tentar uma comparação sem óculos.

## (3) Estimativas do Brilho do Eclipse pelo Método de Danjon

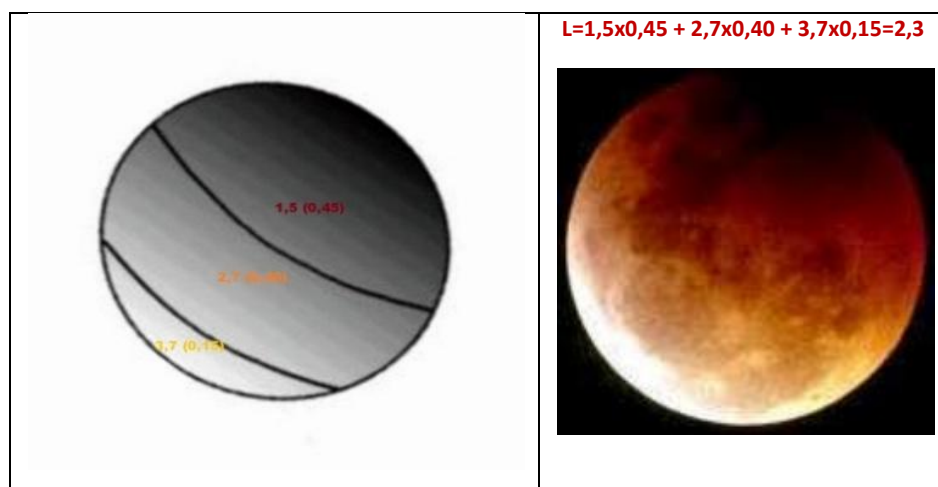
Danjon criou uma escala relacionada com o brilho de eclipses lunares totais, descrita na Tab. 1.

**Tabela 1 - Escala de Brilho de Eclipses Criada por Danjon**

L (Número de Danjon)	Descrição do Disco Lunar
0	Eclipse muito escuro. Disco quase invisível a olho nu.
1	Eclipse escuro. Disco cinza ou marrom com detalhes de difícil percepção
2	Disco vermelho escuro ou cor de ferrugem, mais escuro ao centro
3	Disco com cor de tijolo e borda geralmente amarelada, mais clara
4	Eclipse brilhante. Disco em cor laranja ou cobre e borda azulada muito clara

Procure evitar atribuir valores extremos (como L=0 e L=4) ao o disco da Lua, pois na prática eles raramente ocorrem. Considere também que a tendência da maioria dos observadores inexperientes é de subestimar L. Recomendamos também o uso de estimativas decimais. Por exemplo, vamos supor que no meio da totalidade, chegemos à conclusão que 2/3 do disco da Lua encontram-se com cor de tijolo e 1/3 com uma coloração avermelhada (mais escura), lembrando ferrugem. Seria então razoável que, baseando-nos na Tab.1, nossa estimativa para o Número de Danjon fosse:  $L = 2/3 \times 3 + 1/3 \times 2 = 2,7$ . Em vários eclipses, no entanto,

percebemos a necessidade de segmentar (ou seccionar) o disco lunar em três áreas de brilhos diferentes ao invés de duas, como no caso ilustrado na Fig. 3.



**Figura 3 - Danjometria por Segmentação (Método criado pelo autor)**

O valor médio de L estimado pode ser facilmente correlacionado com a magnitude visual da Lua por uma correlação deduzida pelo autor <http://www.geocities.ws/lunissolar2003>.

#### **(4) Registros Fotográficos ou Vídeos da Passagem da Umbra**

Com sua câmera sobre um tripé, com foco ajustado no infinito e flash desligado, tente obter registros fotográficos (fotos ou vídeos) da fase total da Lua, utilizando diferentes aumentos e incluindo nos registros as estrelas próximas e o horizonte, quando possível.

#### **(5) Esboços das Distribuições de Cores e Brilho**

Desenhe as configurações apresentadas pelo disco lunar.

Todos os registros observacionais devem incluir os horários das observações. Além disso, devem constar em seu relatório as coordenadas do seu sítio, as condições atmosféricas (nebulosidade, transparência e estabilidade atmosféricas) e as características principais do instrumento (abertura, distância focal e aumento).

Busque sempre compartilhar suas observações, tornando-as acessíveis àqueles capazes de publicá-las e/ou analisá-las, não deixando de enviá-las para o nosso portal de eclipses ([lunissolar@gmail.com](mailto:lunissolar@gmail.com)).

**Muito obrigado por sua atenção e colaboração! Boa sorte em suas observações!**