

Eclipse Lunar Parcial de 15/06/92

Helio C. Vital, Antonio Padilla Fo., Ilidio F. Afonso

ABSTRACT

THE PARTIAL LUNAR ECLIPSE OF JUNE 15, 1992, by Helio C. Vital: Description of the observations from several REA members, reduced by REA's Eclipses Coordinator. Analysis of the penumbra and umbra, crater timings, and one TLP are provided.

1. INTRODUÇÃO.

Este trabalho descreve e analisa as observações referentes ao eclipse lunar parcial de 15 de junho de 1992.

A observação sistemática do fenômeno, a qual havia sido previamente proposta como projeto observacional¹, foi realizada por vários membros da REA, alguns individualmente, outros em grupos. O trabalho incluiu a cronometragem dos contatos primários; da passagem da sombra da Terra por crateras e forneceu registros referentes às características visuais e fotográficas da penumbra e da umbra; a TLP's e à ocultação da estrela 51 Ophiuchi.

Os dados observacionais foram encaminhados ao coordenador da área de eclipses na forma de fichas-padrão, para uma análise preliminar. Depois de selecionados, foram enviados ao especialista Byron Soulsby (Austrália) para um estudo mais detalhado das cronometragens e a R. W. Sinnott (Sky & Telescope - EUA) para divulgação e análise.

A análise realizada por Byron Soulsby forneceu o diâmetro e o achatamento da umbra terrestre projetada sobre a Lua durante o eclipse.

2. CARACTERÍSTICA DA PENUMBRA.

A penumbra corresponde à região anular da sombra terrestre desde a qual o disco solar é observado apenas parcialmente. Em contraste, na umbra, o Sol permanece totalmente. Em contraste, na umbra, o Sol permanece totalmente eclipsado pela Terra.

a) Observações

Foram os seguintes os registros relacionados com a penumbra (todos os instantes estão em Tempo Universal Coordenado (TUC):

Primeira percepção ao telescópio: 2h40 - 2h45m. HCV, ao reajustar o filtro polarizador de seu telescópio para obter uma imagem com brilho

adequado, notou que o brilho da Lua parecia estar decrescendo gradual e uniformemente. Após 2h45m, já se percebia através de um SC 200mm (77x) um leve escurecimento relativo ao limbo NE (celeste) da Lua.

Primeira percepção ao olho nú: LAS percebeu a penumbra pela primeira vez às 2h49m. Às 2h52m, IFA e HCV somente distinguiam o escurecimento do bordo NE lunar através do binóculo (12x50). Às 2h56m, o escurecimento já era bastante nítido ao binóculo (HCV) e, a olho nú, às 3h22m (TAN).

Traços peculiares: O avanço gradual da penumbra pelo disco lunar tingiu-o com um tom acinzentado escuro aumentando o contraste dos mares lunares (HCV). Em torno das 3h, APF e HCV observaram uma tonalidade cinzenta azulada (com cerca de 4' de diâmetro) sobre a região central da Lua (entre Mare Vaporum e Mare Nubium).

Última percepção da penumbra: HCV observou a penumbra com relativa facilidade até às 6h45m.

b) Análises.

Segundo Meeus², geralmente um eclipse penumbral só é detetado visualmente quando atinge magnitude maior que 0.7. Tal valor corresponderia a um decréscimo em brilho de 1.3 magnitudes no ponto mais obscurecido do limbo. Isso explica porque uma boa fração dos eclipses penumbrais não é observada.

A tabela 1 lista as magnitudes instantâneas do eclipse penumbral (Mag. Pen.) e o decréscimo em magnitude (Δmag) no ponto do limbo mais próximo do centro da sombra correspondentes aos instantes das observações. Teoricamente, o início do eclipse penumbral deu-se às 2h09.3m \pm 0.3m (P1) e do parcial (U1) às 3h26.6m \pm 0.3m (cálculos de HCV).

Tabela 1

TUC	TUC-U1	Mag.Pen.	Δmag	Obs.
2h43m	-44m	0.49	0.6	Paerc.Telesc (HCV)
2 49	-38	0.57	0.8	Perc.Olho nu (LAS)
2 52	-35	0.61	0.9	Perc.Bin. (HCV, IFA)
2 56	-31	0.66	1.1	Clara Bin. (HCV, IFA)
3 07	-20	0.81	1.7	-----
3 15	-12	0.92	2.5	-----
3 22	-05	1.01	3.8	Clara Olho nu (TAN)

A tabela 1 sugere que a penumbra pode ser percebida por observadores com grande acuidade visual quando a magnitude do eclipse penumbral é de aproximadamente 0.6 ± 0.1 (cerca de 35 ± 10 minutos antes do início do eclipse parcial (U1), em eclipses de grande magnitude). A maioria dos observadores perceberá a penumbra ao binóculo aproximadamente 30 ± 10 minutos antes de U1 (mag. = 0.7 ± 0.1) e a olho nú cerca de 25 ± 10 minutos (mag. = 0.8 ± 0.1). Tais resultados estão em boa concordância com Meeus2 e com observações publicadas na Sky & Telescope, as quais em geral relatam a primeira percepção da penumbra entre 25 e 50 minutos antes de U1.

3. CARACTERÍSTICAS DA UMBRA

a) Observações

Foram os seguintes os registros relacionados com a umbra (todos os instantes estão em Tempo Universal Coordenado (TUC) e, quando não especificado, os cálculos são de HCV e as observações realizadas ao telescópio):

Opacidade: Todos os relatórios recebidos descrevem a umbra como “muito” ou “bastante escura” (EJT, HCV, LAS, FLF, NFF), ou ainda “extremamente escura” (TAN, NF). NF relatou que a opacidade da umbra era praticamente total, tanto visual como fotograficamente. Várias exposições obtidas por IFA também confirmam isso. SI, APF e HCV observaram que as crateras mais brilhantes, em geral, permaneciam visíveis apenas entre 0.5 a 4 minutos após a imersão e de 2 a 11 minutos antes da emersão. HCV observou o limbo completar-se 10 minutos antes do término do eclipse parcial (U4) e SL relatou que, às 6h21m, todo o limbo lunar já era facilmente visível.

Cores: Durante todo o eclipse, a umbra apresentou-se muito escura e negra e somente um registro de cor foi feito: um leve indício de coloração alaranjada observado próximo ao limbo NW, passada a fase máxima, em torno de 5h15m (APF).

Definição: LAS notou que a fronteira da umbra apresentava-se relativamente bem definida.

Região de Transição: LAS observou que a umbra apresentava uma “pequena banda de transição com a penumbra”. Segundo HCV, a largura dessa região era de 1.7 vezes o diâmetro de Tycho usando-se aumento de 77x (C8) e aproximadamente 1.4 vezes com 40x (=1').

Análises:

O brilho da umbra, observado durante um eclipse lunar, é extremamente sensível à transparência de nossa atmosfera. Sabe-se que grandes erupções vulcânicas afetam significativamente a atmosfera, tornando-a mais densamente povoada por partículas de poeira e por moléculas de dióxido de enxofre. A presença dessas partículas, através dos mecanismos de difusão e absorção dos raios solares,

ocasiona um aumento em sua opacidade, escurecendo a sombra terrestre.

Nos eclipses mais claros, a Lua mostra-se com magnitude integrada em torno de -2.7 (N° de Danjon=4) e, nos mais escuros, mag = 4.0 (N° de Danjon=0, quase 500 vezes menos brilhante que nos primeiros)⁹. Tais números possibilitam especular sobre o que um observador sobre a superfície lunar observaria durante um eclipse.

Primeiramente, a penumbra terrestre o envolveria gradualmente enquanto ele observaria o Sol lentamente desaparecer, ocultado pela Terra (ainda invisível). Quando apenas alguns centésimos do disco solar estivessem ainda visíveis, o observador hipotético estaria atravessando a região de transição da penumbra. Poucos minutos depois, a Terra (juntamente com sua atmosfera) cobriria totalmente o disco solar. O observador estaria então cruzando a fronteira da umbra. Contudo, uma pequena fração do disco do Sol ainda permaneceria visível, através da atmosfera translúcida da Terra, com luminosidade reduzida, embora ainda intensa (o observador estaria atravessando a faixa de transição da umbra).

Quando o Sol imergisse totalmente por trás do limbo terrestre, o observador passaria a observar um anel luminoso com raio igual a 50 vezes a sua espessura - a atmosfera terrestre. Esse anel permaneceria visível até pouco antes do eclipse total selenográfico terminar, quando as etapas anteriormente citadas voltariam a ocorrer, porém em ordem cronológica inversa.

A tabela 2 lista algumas características desses fenômenos calculadas, de forma aproximada, a partir dos dados observacionais mencionados anteriormente (“Mag. Lua” seria a magnitude integrada da Lua se ela fosse homogeneamente iluminada).

Tabela 2

Fenômeno	Luz inc. (Sol=1)	Mag. Lua	DMag	Obsc. Sol
Penumbra	$10^{-6} \cdot 10^{-5}$	-12.7 a 0	0 a 13	0 a 1
Trans. Pen.	$10^{-2} \cdot 10^{-5}$	-9 a 0	4 a 13	0.96 a 1
Trans. Umb	$10^{-5} \cdot 10^{-7}$	0 a 4	13 a 17	1
Umbra	10^{-7}	3 (E) a 4 (W)	16 a 17	1

4. OUTROS EVENTOS RELACIONADOS

Observações:

TLP's: O único registro de TLP's veio de FLF. Ele observou, ao telescópio, um ponto luminoso como uma estrela de magnitude 3 entre 5h24m44s e 5h27m54s em Aristarchus.

Ocultações: Através de um Celestron 20 cm, APF e HCV somente puderam perceber a estrela 51 Ophiuchi cerca de 3 minutos após o horário previsto para a emersão. A estrela já se encontrava então a cerca

de 1.5' do limbo lunar. O ofuscamento da estrela pela Lua, intenso apesar d eclipse, impediu que ela fosse detetada antes.

Brilho da Lua e MALE: Duas fotos obtidas por CAC, usando 90s de exposição em filme 400 ISSO, uma antes do eclipse penumbral, e a outra próximo ao instante de máximo, mostram o intenso grau de escurecimento relativo do ambiente (da ordem de algumas magnitudes). TAN estimou que nas proximidades do meio do eclipse o MALE em Mairinque era de cerca de 4.5 (uma redução de cerca de apenas meia magnitude em relação ao MALE médio e sem luar).

Análises:

O registro do TLP é importante e digno de análise ao considerar-se que: 1) durante o eclipse, ocorre uma variação brusca da temperatura do solo devido à súbita alteração do fluxo de radiação incidente sobre a cratera e isso favoreceria a liberação de gases luminescentes aprisionados no subsolo lunar (TLP); 2) que a maioria dos TLPs ocorrem em Aristarchus; e ainda, 3) que o observador tem grande experiência.

contudo, deve ser também lembrado que outros observadores experientes (LAS, APF, HCV) acompanharam a emersão de Aristarchus (que ocorreu às 5h38m) e não notaram nada de excepcional, além do reaparecimento gradual dessa cratera, a qual tornou-se visível poucos minutos antes de emergir da umbra.

Aristarchus, já na região de transição da umbra, estaria então refletindo os parcos raios solares que, depois de atravessarem a atmosfera terrestre, estariam incidindo sobre a cratera.

As informações sobre o brilho da Lua; MALE no meio do eclipse e sobre a visibilidade da estrela 51 Ophiuchi podem ser usadas para estudar-se a variação do MALE em função da distância angular em relação ao nosso satélite.

O decréscimo do brilho da Lua pode ser calculado da seguinte forma: no meio do eclipse, 69.7% do hemisfério voltado para o Sol apresentavam-se encobertos pela umbra, correspondendo a um decréscimo da luz solar incidente de $1/(1 - 0.97) = 3.30$ vezes. Na fração restante, o Sol se apresentou parcialmente eclipsado, indo o grau de obscurecimento de 1 (ponto mais próximo do centro da umbra) a 0.964 (no ponto do limbo mais distante). Adotando-se o valor médio do obscurecimento como aproximadamente 0.98, correspondente à fração $1/(50 \pm 20)$, pode-se calcular a redução de brilho total: $50 \times 3.3 = (1.7 \pm 0.7) \times 10^2$ vezes, equivalentes a um decréscimo de 5.5 ± 0.4 magnitudes em relação ao brilho normal da Lua Cheia.

5. CRONOMETRAGENS

a) Observações

A tabela 3 lista as cronometragens selecionadas dos contatos primários e dos contatos com o centro de crateras.

Tabela 3 Imersões (h:m:s) TUC

INÍCIO (U1)	3:26:50 (HCV) 3:26:01 (LAS) 3:26:51 (TAN) 3:27:00 (AAAA) 3:26:50 (EJT)
ARISTARCHUS	3:26:19 (LAS) 3:36:36 (APF) 3:40:14 (TAN) 3:40:24 (SL) 3:39:56 (AFC) 3:39:34 (FLF)
PLATO	3:40:18 (HCV) 3:40:18 (APF) 3:40:14 (TAN) 3:40:24 (SL) 3:39:56 (AFC) 3:39:34 (FLF)
TIMOCHARIS	3:46:10 (HCV) 3:46:15 (APF) 3:46:06 (SL) 3:47:30 (HRL)
PYTHEAS	3:47:29 (HRL) 3:47:15 (HCV) 3:47:20 (APF) 3:46:45 (SL)
ARISTOTELES	3:48:52 (HCV) 3:49:02 (EJT)
KEPLER	3:50:46 (HRL) 3:49:18 (HCV) 3:49:58 (TAN) 3:49:18 (APF)
EUDOXUS	3:50:48 (HCV)
RICCIOLI	3:52:54 (SL)
COPERNICUS	3:54:24 (HRL) 3:53:14 (SL) 3:55:22 (EJT) 3:53:35 (FLF)
GRIMALDI	3:57:01 (LAS) 4:00:45 (HCV) 4:00:52 (APF) 3:58:33 (TAN) 3:57:16 (FLF) 3:58:05 (SL)
MANILIUS	4:04:10 (SL)
MENELAUS	4:06:28 (APF) 4:06:25 (FLF)
PLINIUS	4:09:16 (APF)
DIONYSIUS	4:17:15 (HCV) 4:16:07 (APF) 4:15:59 (FLF)
PROCLUS	4:18:39 (STAN) 4:18:03 (HCV) 4:18:04 (APF)
TARUNTIUS	4:25:14 (HCV) 4:25:14 (APF) 4:25:57 (SL) 4:26:03 (TAN)
GOGLENIUS	4:39:55 (HCV) 4:39:55 (APF)
LANGRENUS	4:42:22 (FLF) 4:42:53 (HCV) 4:42:52 (APF) 4:44:16 (EJT)
	EMERSÕES
GRIMALDI	4:57:00 (AAA) 4:54:20 (HCV) 4:54:37 (APF) 4:56:05 (LAS) 4:54:46 (SL) 4:56:45 (FLF) 4:54:49 (TAN)
KEPLER	5:21:30 (HCV) 5:22:00 (APF) 5:22:50 (TAN)
ARISTARCHUS	5:28:40 (HCV) 5:28:52 (APF) 5:29:05 (LAS) 5:27:54 (FLF)
COPERNICUS	5:32:13 (FLF) 5:32:00 (HCV) 5:33:05 (APF)
PYTHEAS	5:39:00 (HCV) 5:39:00 (APF) 5:39:15 (SL)
TIMOCHARIS	5:47:00 (HCV) 5:47:14 (SL)
LAPLACE	5:50:19 (SL)
DIONYSIUS	5:50:50 (HCV) 5:50:37 (FLF)
MANILIUS	5:53:13 (HCV) 5:53:21 (SL)
GOGLENIUS	5:54:52 (HCV)
MENELAUS	5:58:10 (HCV) 5:58:50 (SL) 5:56:10 (FLF)
PLATO	5:58:50 (HCV) 5:58:39 (SL) 5:57:46 (FLF) 5:58:45 (TAN)
PLINIUS	6:02:40 (HCV) 6:02:48 (SL)
LANGRENUS	6:03:38 (FLF) 6:04:45 (HCV) 6:04:10 (EJT)
EUDOXUS	6:07:10 (HCV)
TARUNTIUS	6:09:46 (HCV)
POSIDONIUS	6:11:12 (SL)
PROCLUS	6:14:00 (HCV) 6:15:00 (APF) 6:13:56 (FLF)
FIM (U4)	6:26:20 (HCV) 6:27:07 (LAS) 6:25:32 (FLF) 6:26:28 (TAN) 6:26:25 (EJT) 6:25:53 (AFC)

Foram os seguintes os observadores (instrumentos e aumentos):

AAA - Avelino A. Alves (refls. 20cm e 11.3cm)
AFC - A. O. Costa; F. Feitosa e C. dos Anjos
APF - Antonio Padilla Filho (refr. 6cm; 40x)
CAC - Carlos A. Colesanti
EJT - Edvaldo José Trevisan (SC 11.4cm; 45x)
FLF - Frederico L. Funari e N. F. Funari (Refl. 16,5 cm)
HCV - Helio C. Vital (SC-20cm; 77x - imersões e refl. 20cm; 49x - emersões)
HRL - Helio R. Lourenço (refr. 6cm; 45x)
IFA - Ilidio F. Afonso (refl. 20cm; 49x)
LAS - Luiz A. L. da Silva (refr. 6 cm; 41x)
NF - Nelson Falsarella
SL - Sergio Lomônaco (refl. 18cm; 43x)
TAN - Tasso A. Napoleão (SC-20cm; 77 e 154x)

A todos, o autor agradece pela participação e colaboração.

b) Análises e Conclusões Finais.

O erro associado a cada cronometragem ficou, em geral, entre 0.4 e 1.2 minuto. No processo de seleção preliminar, adotou-se o critério de 2 desvios-padrões (em geral $\pm 2m$).

As principais fontes de erro nas cronometragens foram: dificuldade em distinguir a fronteira da umbra (confundida, às vezes, com a região de transição da penumbra ou da umbra). identificação errada de crateras; limitações instrumentais e nebulosidade. A eficiência de cada observador pode ser avaliada comparando-se o total individual de observações desse observador que constam da tabela 2.

A análise das cronometragens pelo autor⁴ indicou que a atmosfera terrestre aumentou o diâmetro da umbra em $2.0 \pm 0.1\%$ (um valor relativamente elevado). O erro sistemático é estimado em $\pm 0.15\%$ devido às limitações do modelo de cálculo⁵ utilizado. Em geral, foi boa a concordância entre as previsões da referência 6 com as observações. A análise também indicou que ocorreu uma ligeira falta de simetria em relação aos instantes previstos. O último contato foi observado cerca de 1 minuto antes do previsto, enquanto o início do eclipse parece ter se atrasado cerca de 0.3m.

Soulsby⁷, usando um modelo mais sofisticado⁸ para cálculo do diâmetro da sombra, confirmou os resultados do autor obtendo um fator de ampliação de umbra de : $(2.28 \pm 0.14)\%$ para as imersões e $(1.96 \pm 0.17)\%$ para as emersões. Soulsby também calculou o achatamento da umbra para dois observadores que satisfizeram o critério para obtenção de valores estatisticamente significativos:

APF - 1/99 (imersões) e 1/55 (emersões)

HCV - 1/139 (imersões) e 1/190 (emersões)

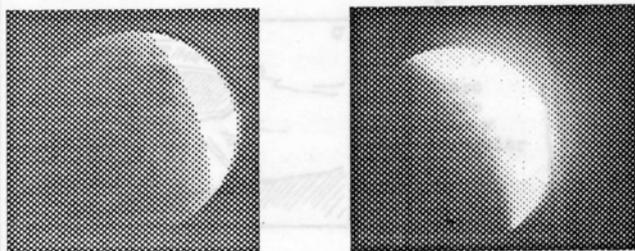
O grau de achatamento médio calculado a partir de todas as cronometragens enviadas foi de 1/121, considerado por Soulsby, um excelente resultado, bem próximo da média encontrada em seu trabalho (1/

110). O grau de achatamento esperado para esse eclipse, seria, segundo Meeus, 1/213.62 (bem inferior ao encontrado por Soulsby).

É interessante observar que, aparentemente, a umbra mostrou-se mais “alongada” (maior e mais opaca), na direção contrária ao movimento da Terra (ocidente), e “comprimida” (menor e menos opaca) na sua parte oriental, como se estivesse sendo deformada ao ser arrastada pela Terra em seu movimento de revolução em torno do Sol.

A grande opacidade da sombra terrestre, constatada durante o eclipse, pode ser principalmente atribuída à enorme quantidade de material, injetado na atmosfera, pelas erupções do Monte Pinatubo (em jun. 91, nas Filipinas). O número de Danjon que seria atribuído ao eclipse, caso ele tivesse sido total, provavelmente seria 0 ou estaria entre 0 e 0.5.

Levando-se ainda em consideração as novas erupções do Pinatubo (em jul. 92) e o do Spurr (ago. 92, no Alasca), pode-se antecipar que o eclipse total de 09/12/92 provavelmente será extremamente (ou muito) escuro.



17/08/89 - 2h09 TU Refl. D=200mm f/8.6 (diafragma) Fuji Super HR100 Vel: 1s - por: Nelson Falsarella
15/06/92 - 5h11 TU Refl. D=200mm f/6.5 Fuji Super HR100 Vel: 1s - por: Nelson Falsarella

6. REFERÊNCIAS

- 1) Vital, H.C., Projeto de Observação nº 150/92, REA, jun. 1992, SP.
- 2) Meeus, J., “Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets”, p. 7-58, Willmann-Bell, Inc. 1983.
- 3) da Silva, L.A.L., “COSMOS - Jornal de Astronomia e Ciência Espacial” - Ano 1 - nº 1 - jun. 1992.
- 4) Circular 07/92, REA, SP, ago. 1992.
- 5) Vital, H.C., trabalho em preparação.
- 6) Espenak, F., “Eclipses During 1992”, “Observer’s Handbook 1992”, Royal Astr. Soc. of Canada.
- 7) Soulsby, B.W., Comunicação pessoal, ago. 1992.
- 8) Soulsby, B.W., J. Brit. Astron. Assoc., 100, 6, 1990.