

Fotografar a Lua

Pedro Ré

pedrore@mail.telepac.pt

<http://www.astrosurf.com/re>

A Lua é um dos objectos celestes mais fáceis de fotografar. É relativamente simples obter boas fotografias lunares recorrendo a equipamento pouco sofisticado. O nosso satélite pode ser fotografado recorrendo a inúmeros instrumentos. Pode utilizar-se uma teleobjectiva ou um telescópio. O diâmetro da imagem da Lua, no plano focal do filme, ou do sensor CCD, depende da distância focal do instrumento. O seu valor aproximado pode ser calculado através da seguinte formula (Tabela 1).

$$\text{Diâmetro da imagem da Lua} = \text{Distância focal} / 110$$

Tabela 1- Diâmetro do disco lunar e campo coberto (filme de 35 mm)
em função da distância focal.

Distância focal (mm)	Campo coberto (graus)	Diâmetro da imagem da Lua (mm)
50	27 x 40	0,45
100	13 x 19	0,95
200	7 x 10	1,8
400	3,4 x 5,1	3,6
500	2,7 x 4,1	4,5
1000	1,4 x 2,1	9,1
1500	0,9 x 1,4	13,6
2000	0,7 x 1,0	18,2
2500	0,6 x 0,8	22,7

As primeiras fotografias lunares podem ser obtidas com uma câmara fotográfica de 35 mm, munida de uma teleobjectiva de distância focal média (por exemplo 400 mm). Se consultarmos a Tabela 1 verificamos que a Lua apresenta um diâmetro no plano focal do filme de apenas 3,6 mm.

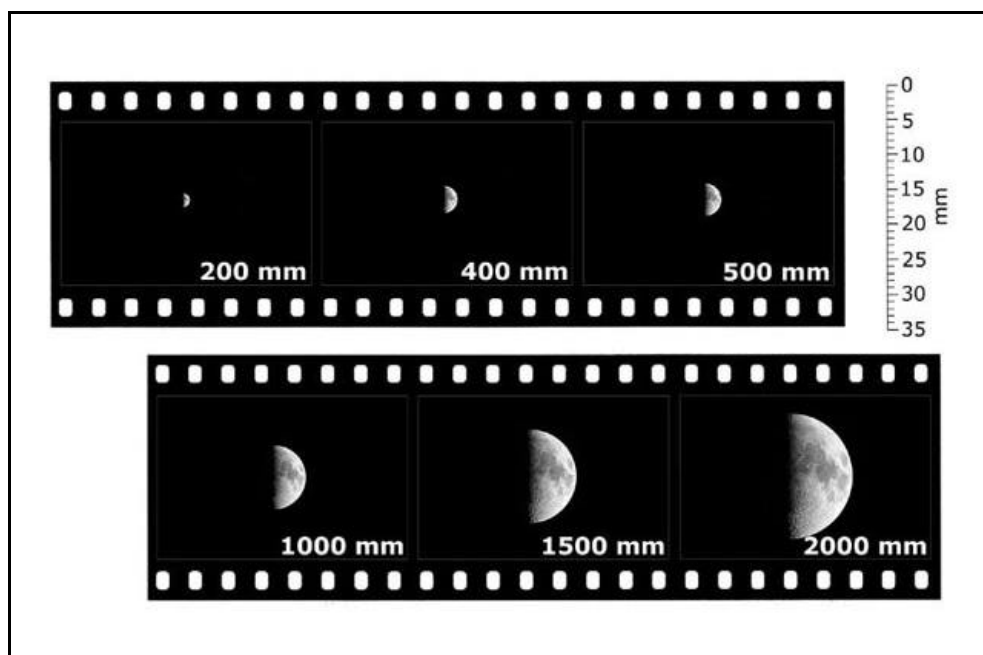


Figura 1- Diâmetro do disco lunar em função da distância focal. Pedro Ré (2001).

Apesar disso os principais mares lunares são facilmente registados. Se adicionarmos um teleconversor x 2 conseguimos fotografar mais algumas formações lunares visíveis no terminador (crateras e cordilheiras). A câmara deve ser montada num tripé robusto para a realização destas fotografias. Devem ser ensaiados diversos tempos de exposição (Tabela 2). A teleobjectiva deve ser diafragmada a 1:5,6 ou 8 (a maioria das teleobjectivas apresentam menos aberrações se não forem utilizadas na sua máxima abertura). Deve focar-se cuidadosamente o disco lunar. Muitas vezes não basta focar a teleobjectiva a infinito.

Tabela 2- Fotografia lunar. Tempos de exposição aproximados em segundos (filme 400 ISO/ASA).

f/D	Crescente inicial	Crescente avançado	Quarto crescente	Lua gibosa	Lua Cheia
2.8	1/250	1/500	1/1000	1/2000	1/8000
4	1/125	1/250	1/500	1/1000	1/4000
5.6	1/60	1/125	1/250	1/500	1/2000
8	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500
11	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250
16	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125
22	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60

Os tempos de exposição aproximados podem ser calculados recorrendo a uma fórmula simples:

$$t \text{ (em segundos)} = f/D^2 / (S \times B)$$

em que:

t = tempo de exposição (em segundos)

f/D = relação focal

S = sensibilidade do filme utilizado (ISO/ASA)

B = constante que indica o brilho do objecto (7 – crescente inicial, 16 – crescente avançado, 32 – quarto crescente, 70 – Lua gibosa e 180 – Lua cheia).

Por exemplo se pretendermos fotografar a Lua cheia utilizando uma relação focal de $f/16$ e um filme com 200 ISO/ASA o tempo de exposição aproximado será:

$$t = 16^2 / (400 \times 180) = 0,036 \text{ s} = 1/281 \text{ s} \approx 1/250 \text{ s}$$

A Lua pode ser fotografada em todo o seu esplendor se acoplarmos uma câmara fotográfica a um telescópio: 1) Foco principal; 2) Projecção positiva; 3) Projecção negativa; 4) Compressão; 5) Projecção afocal. O equipamento fotográfico que podemos utilizar é muito variado (câmaras fotográficas convencionais, câmaras fotográficas digitais, câmaras de vídeo, WebCams, câmaras CCD refrigeradas) (ver adiante).

Se o telescópio utilizado não for suportado por uma montagem equatorial motorizada, os tempos de exposição não poderão exceder um determinado valor se pretendermos obter imagens sem qualquer tipo de arrastamento. O tempo máximo de exposição (Tabela 3) pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Tempo máximo de exposição (em segundos)} = 250 / f$$

em que:

f = distância focal do instrumento utilizado em milímetros.

Tabela 3- Tempo máximo de exposição (montagens não motorizadas).

Distância focal (mm)	Tempo máximo de exposição (segundos)
90 - 180	2
180 - 350	1
350 - 700	1/2
700 - 1500	1/4
1500 - 3000	1/8
3000 - 6000	1/15

A Lua completa uma órbita em volta da Terra em 27 dias e 7 horas, apresentando um movimento próprio considerável. O seu movimento aparente não é de $15''/s$ como a maioria dos objectos celestes, mas sim de $14,45''/s$. Isto significa que se o movimento horário da montagem equatorial estiver regulado para a velocidade sideral, a Lua apresentará um arrastamento de cerca de $0,5''/s$ (aproximadamente para leste). Algumas montagens equatoriais têm a possibilidade acompanhar com rigor o movimento aparente da Lua em Ascensão Recta. Uma vez que a órbita da Lua apresenta uma inclinação de 5° relativamente ao plano da órbita terrestre, existe ainda um movimento próprio em declinação que

ascende a $0,26''/s$. Estes movimentos próprios da Lua só devem ser considerados se os tempos de exposição forem superiores a 1 s e no caso de serem utilizadas ampliações elevadas (projecção positiva).

Um dos métodos mais simples de fotografar a Lua é o método de projecção afocal. Podemos acoplar uma câmara fotográfica convencional, uma câmara digital ou até uma câmara de vídeo (*Camcorder*) a um telescópio ou a um binóculo com grande facilidade (Figura 2 e 3).



Figura 2- Sistema de projecção afocal. Telescópio Schmidt-Cassegrain 200 mm $f/10$, objectiva 80 mm 1:2.8 e *Olympus Camedia C-1400L*. Pedro Ré (2001).



Figura 3- Lua (20010726), Quarto Crescente. Telescópio Schmidt-Cassegrain 200 mm $f/10$, objectiva 80 mm 1:2.8 e câmara *Olympus Camedia C-1400L* (projecção afocal). Pedro Ré (2001).

Se acoplarmos uma câmara SLR ou uma câmara digital a um telescópio, directamente no foco principal (Figura 4) podem obter-se imagens da totalidade do disco lunar com enorme facilidade (Figuras 5 e 6). A focagem pode ser facilmente efectuada observando através do visor da câmara *reflex*. A exposição correcta pode igualmente ser calculada recorrendo ao fotómetro da câmara, no caso do disco lunar preencher uma área considerável da película fotográfica (distâncias focais superiores a 1500 mm) ou se se fotografar a Lua durante o crepúsculo astronómico. Se o diâmetro lunar for reduzido (por exemplo em telescópios com uma distância focal igual ou inferior a 1000 mm) as imagens ficarão sobre-expostas se forem calculadas com o auxílio do fotómetro da câmara. A fotografia lunar é um dos poucos exemplos de fotografia astronómica em que a utilização de um fotómetro pode ser muito útil.

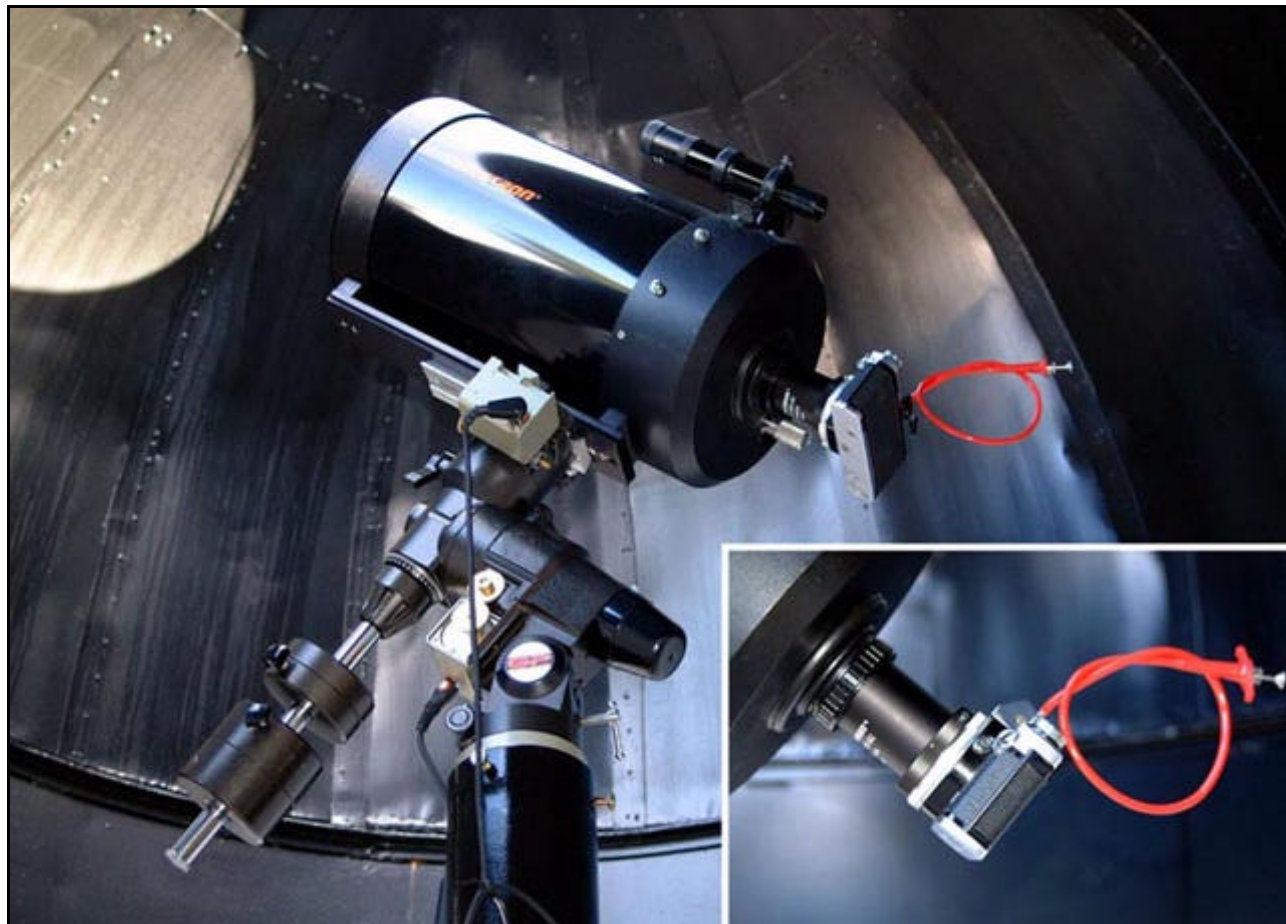


Figura 4- Adaptação de uma câmara SLR (*Olympus OM-1*) no plano focal de um telescópio Schmidt-Cassegrain, recorrendo a um adaptador standard para este tipo de instrumentos. Pedro Ré (2002).

A utilização de técnicas como a projecção positiva ou negativa utilizando, por exemplo, uma ocular ou um teleconversor fotográfico como sistemas de projecção permite fotografar pormenores na superfície lunar (terminador lunar) com apenas alguns quilómetros de diâmetro (Figura 7).

A utilização destas técnicas de amplificação torna obrigatório o uso de uma montagem equatorial motorizada robusta. No caso das amplificações obtidas serem elevadas, é necessário assegurar que o movimento próprio da Lua seja contrariado. Habitualmente, como as exposições efectuadas não excedem 1 segundo, podemos na maioria dos casos ignorar esta dificuldade. Acresce ainda o facto da turbulência atmosférica ser, em geral, superior a 0,5".

As imagens lunares devem ser efectuadas nos momentos de menor turbulência. Não é possível prever qual a melhor altura para fotografar a Lua. É importante que o telescópio esteja à mesma temperatura que o ar atmosférico. Isto significa que raramente se obtêm bons resultados logo após o pôr do sol. Habitualmente são necessárias 1 a 2 horas para que o telescópio estabilize termicamente. Muitas vezes as noites de menor turbulência (maior estabilidade) não são coincidentes com a melhor transparência atmosférica. Nuvens altas ou mesmo um nevoeiro não muito intenso podem corresponder a noites de estabilidade elevada.

A utilização de câmaras digitais em fotografia lunar é hoje em dia cada vez generalizada. Existem actualmente no mercado inúmeras câmaras digitais que podem ser utilizadas com bons resultados para fotografar a Lua. A maioria possui objectivas não intermutáveis, objectivas *zoom* e sistemas de focagem automatizados (câmaras digitais de visor directo). Estas características fazem com que estas câmaras sejam. O sistema de projecção utilizado pode ser uma ocular ou uma objectiva fotográfica. A exposição é calculada automaticamente na maioria das câmaras. Se estas forem munidas de uma objectiva *zoom*, é conveniente que este seja regulado para o máximo, ou próximo do máximo. Na generalidade dos casos não é necessário recorrer à utilização de mecanismos de compensação de exposição. No caso de se pretender fotografar um crescente lunar com poucos dias poderá ser útil reduzir o tempo de exposição automático para $\frac{1}{2}$ ou mesmo para $\frac{1}{4}$.



Figura 5- Imagens da Lua obtidas no foco principal de uma luneta *Takahashi* FS102 *f*/8. Câmera digital *Olympus* DP10. Pedro Ré (2001).

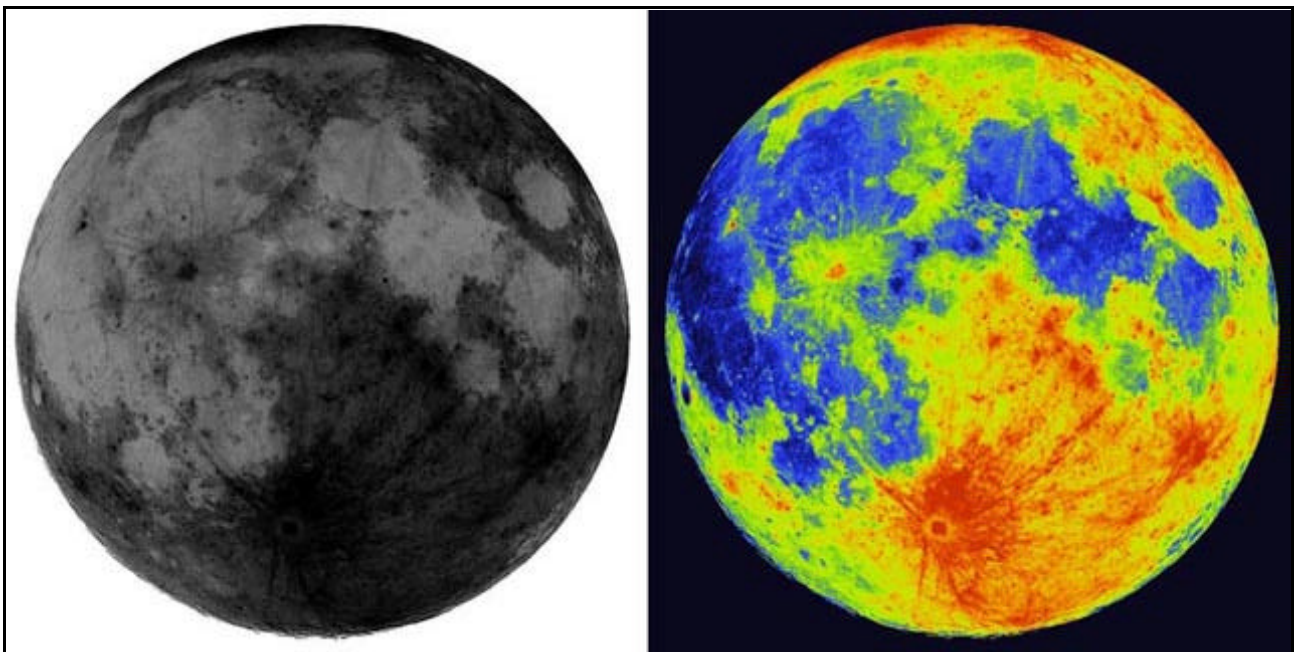


Figura 6- Imagem da Lua cheia obtida com o auxílio de um telescópio refractor apocromático *Takahashi* FS102 *f*/8. Câmera digital *Olympus* DP10. Imagens processadas por computador (Photoshop 6.0) com o intuito de realçar algumas regiões da superfície lunar com (mares, regiões montanhosas, raios...). Pedro Ré (2001).

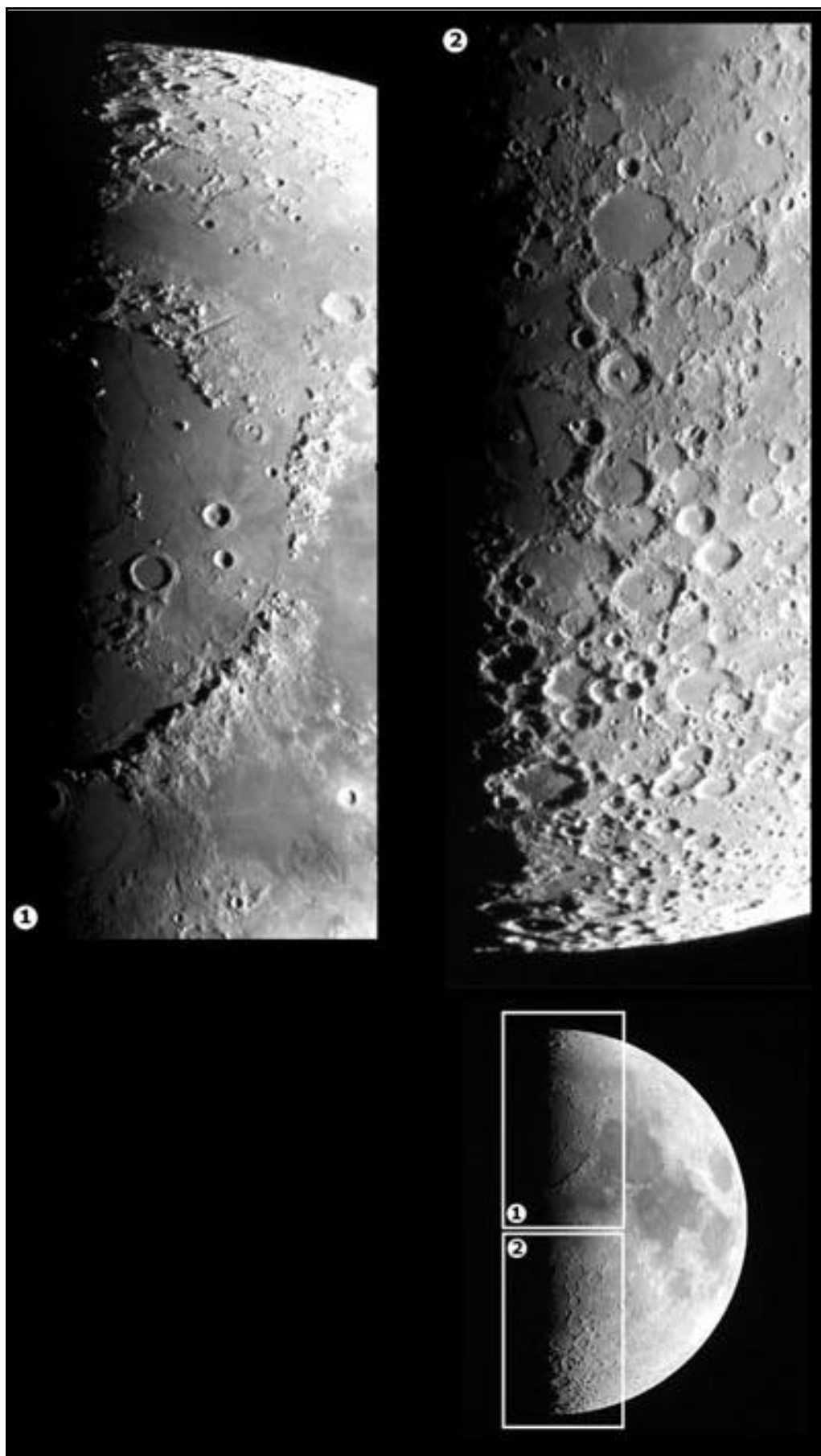


Figura 7- Imagens lunares obtidas com o auxílio de um telescópio refractor apocromático *Takahashi* FS102 $f/8$ (projecção negativa, lente de Barlow *Televue* x 3). Câmara digital *Olympus* DP10. Pedro Ré (2001).

As câmaras digitais de objectivas intermutáveis (SLR) produzem igualmente excelentes resultados. A utilização destas câmaras não difere de um modo significativo das câmaras fotográficas convencionais. As imagens no foco principal são adequadas para a realização de fotografias de todo o disco lunar. Se recorrermos à projecção positiva ou negativa é possível fotografar inúmeros pormenores da superfície lunar.

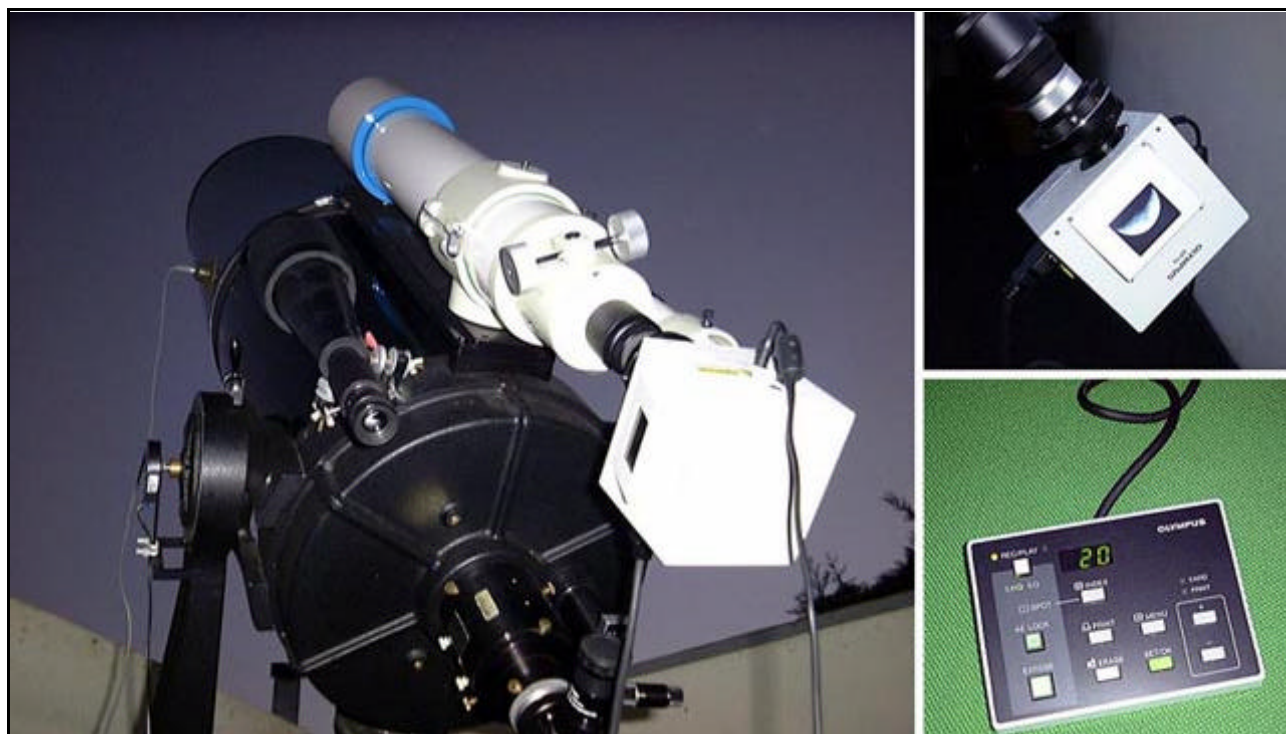


Figura 8- Câmara digital *Olympus* DP10 acoplada a um telescópio refractor apocromático *Takahashi* FS102. O visor LCD e a caixa de comando são visíveis na imagem (à direita na imagem). Pedro Ré (2001).

Algumas câmaras digitais utilizadas em microscopia são igualmente adequadas para a realização de fotografias lunares. É o exemplo das câmaras *Olympus* DP10 (Figura 8) e DP11. Possuem um sensor CCD idêntico ao que equipa algumas câmaras digitais de visor directo. A *Olympus* DP10 possui um CCD de 2/3" com 1,4 milhões de pixels (1240x1024) idêntico ao sensor da *Olympus Camedia* C-1400L. Estas câmaras possuem um visor LCD externo que é muito útil na centragem e focagem do objecto a fotografar. Todas as funções da câmara podem ser controladas remotamente recorrendo à utilização de um computador (porta série RS232) ou através de uma caixa de comando (Figura 8). A câmara *Olympus* DP10 permite obter excelentes imagens lunares quer no foco principal quer por projecção directa positiva ou negativa (Figuras 7 e 8). Apesar de se tratar de uma câmara concebida para a obtenção de imagens ao microscópio óptico, pode ser facilmente acoplada a um telescópio através da utilização de adaptadores *standard* (adaptador com rosca tipo "T" de 42 mm e "C" de 25 mm e anel "T").

A utilização de câmaras digitais vulgarmente designadas *WebCams* é também uma excelente opção. Estas câmaras foram idealizadas para serem utilizadas em vídeo-conferências através da Internet e os seus preços são reduzidos comparativamente a outras câmaras digitais. Existem actualmente no mercado inúmeros modelos que podem ser transformados e/ou adaptados para a realização de fotografias de objectos do sistema solar (Sol, Lua e planetas). A sua utilização é extremamente simples e intuitiva. Necessitam de ser ligadas a um computador (porta paralela, ou USB) para poderem funcionar. Os modelos mais recentes possuem sensores CCD de dimensões apreciáveis. Alguns modelos são equipados com sensores CMOS que são menos sensíveis e devem ser evitados. A adaptação de uma *WebCam* para astrofotografia é extremamente simples. É necessário montar a electrónica da câmara num suporte apropriado de tal modo que esta possa ser facilmente acoplada a um telescópio. Existem várias possibilidades. Pode-se desmontar a câmara e instalar a electrónica no interior de uma caixa adequada. Em alternativa pode adquirir-se um adaptador *standard* de 1 1/4". Em ambos os casos é necessário remover a objectiva da câmara de tal modo que o sensor CCD fique acessível.

As *Webcams* têm vindo a ser utilizadas com excelentes resultados por um grande número de astrofotógrafos. Apesar de existirem actualmente diversos modelos, os mais utilizados (2002) são as câmaras *Vesta Pro* e *Toucam Pro* (Figura 9 e 10). Ambas são alimentadas através da interface USB e só podem ser utilizadas em computadores que possuam a versão Windows 98 ou posterior. São equipadas com um *chip* colorido *Sony* ICX098AK de 1/4" (24 bits), (659(H) x 494(V), 3,87 x 2,82 mm) e podem ser facilmente modificadas utilizando um adaptador *standard* de 31,7 mm ou 1 1/4".

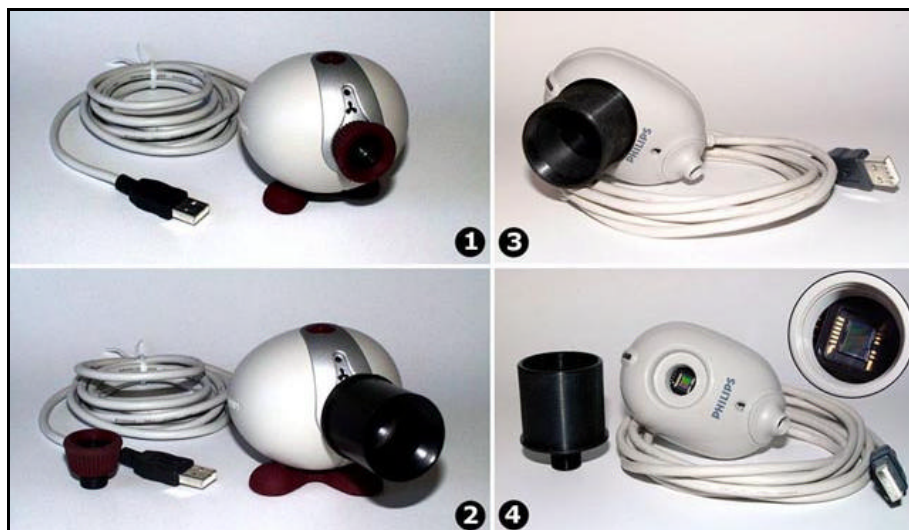


Figura 9- Adaptação de duas Webcams para astrofotografia. 1 - Philips Vesta Pro não modificada; 2 - Vesta Pro munida de um adaptador standard 1 ¼"; 3 e 4- Toucam Pro modificada. Pedro Ré (2002).

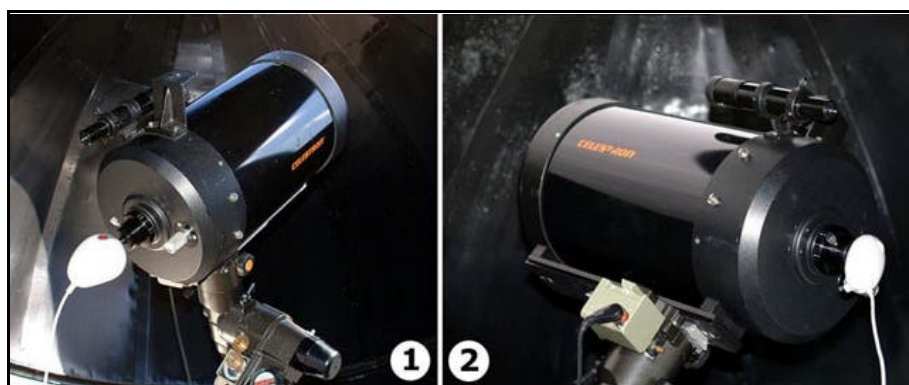


Figura 10- Duas Webcams adaptadas para astrofotografia. 1 - Philipps Vesta Pro e 2- Toucam Pro. Pedro Ré (2002).

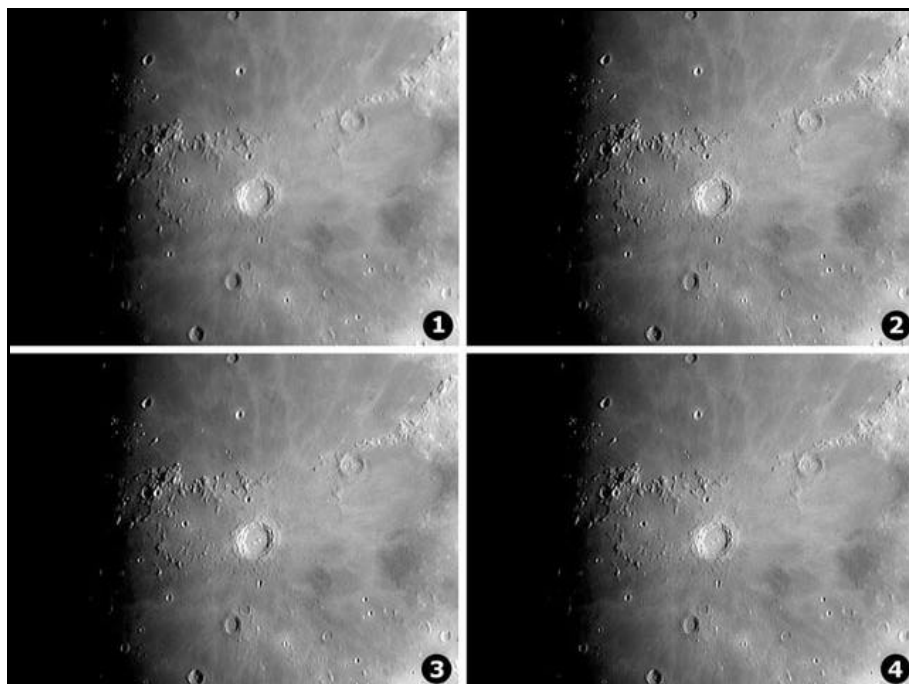


Figura 11- Imagens da Lua obtidas no foco principal de uma luneta Synta 150 mm $f/8$ (munida de um Chromacor). WebCam Vesta Pro. Imagens processadas com o auxílio dos programas Avibmp e Iris (soma de 23 images): 1 - imagem original; 2- filtro de máscara difusa, 3- wavelet, 4- vancittert. Pedro Ré (2002).

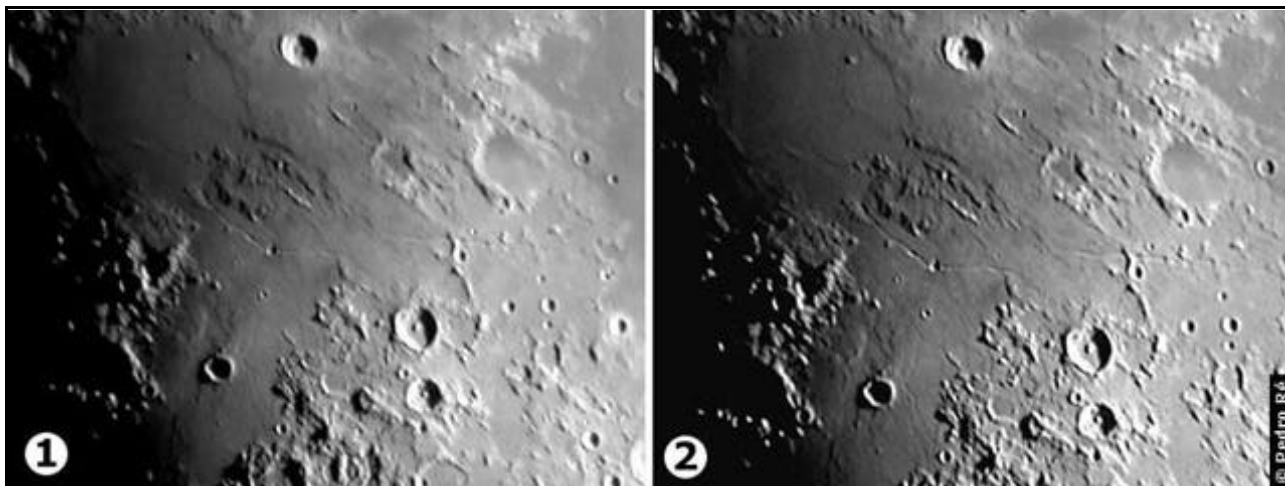


Figura 12- Imagens da Lua obtidas no foco principal de um telescópio Schmidt-Cassegrain 200 mm $f/10$. Imagens processadas com o auxílio dos programas Registax e Photoshop 6.0 (soma de 100 images): 1- filtro de máscara difusa; 2- wavelet. Pedro Ré (2002).

Bibliografia

- Bourge, P., J. Dragesco, Y. Dargery (1977). *La photographie Astronomique d'Amateur*. Publications Photo-Cinéma Paul Montel.
- Bourge, P., J. Lacroux (1983). *A l'affût des étoiles*. Bordas, Paris.
- Covington, M.A. (1999). *Astrophotography for the amateur*. Cambridge University Press.
- Dobbins, T., D. C. Parker, C. F. Capen. (1988). *Observing and photographing the solar system*. Willmann-Bell, Inc.
- Dragesco, J. (1995). *High Resolution Astrophotography*. Cambridge University Press.
- Martinez, P. (1983). *Astrophotography II. Featuring the techniques of the European amateur*. Willmann-Bell, Inc., Richmond.
- Massey, S., T. A. Dobbins, E. J. Douglas (2000). *Video Astronomy (Sky & Telescope observer's guides)*. Sky Publishing Corporation.
- Ré, Pedro (2002). *Fotografar o céu*. Plátano Edições Técnicas.