

Observatório CCD na escola

guia para estudantes, professores e pais

Versão: 4.15



Hands-On Universe, Europe

Bringing frontline interactive
astronomy to classroom

Título original em Polaco: Szkolne obserwatorium CCD

Página Web oficial deste documento: <http://www.cft.edu.pl/astro/>

Logo desenhado por Armella Leung,
www.armella.fr.to

Varsóvia, 2003 - 2005

Autores

- Anna Tretowska
Departamento de Matemática e Ciências Naturais, Universidade Cardeal Wyszyński
- Lukasz Nowotko
Departamento de Matemática e Ciências Naturais, Universidade Cardeal Wyszyński
- Tomasz Sowinski (e-mail: tomsow@cft.edu.pl)
Centro de Física Teórica da Academia Polaca de Ciências
- Weronika Sliwa (e-mail: sliwa@camk.edu.pl)
Centro Astronómico Nicolau Copérnico da Academia Polaca de Ciências
- Grzegorz Wrochna
Instituto de Estudos Nucleares Andrzej Soltan
- Piotr Fita
Instituto de Física Experimental da Universidade de Varsóvia
Clube Astronómico Almukantarat

Tradução para Inglês

- Magda Zarzycka

Tradução para Português

- Mário Ramos
NUCLIO – Núcleo Interactivo de Astronomia
<http://www.nuclio.pt>
<http://portaldoastronomo.org>

Índice

1. Porquê observar?	5
2. Observatório CCD – O que vamos necessitar?	5
2.1 Webcam CCD – como funciona?	5
2.2 Como escolher uma Webcam	7
2.3 Adaptação da câmara	7
2.4 As lentes da câmara	8
2.5 Telescópio amador	15
3. O nosso observatório	17
4. Algumas fórmulas	18
5. Computador e software	20
6. Preparar para as observações	20
7. Fazer o registo das imagens	24
8. Iris – Processamento de dados	33
8.1 Preparar o dark frame	36
8.2 Pré processamento	36
8.3 Processamento gráfico	37
9. Exemplos de resultados	39
10. Empresas de Astronomia na Internet	41
11. Software útil	41
12. Bibliografia	42
APÊNDICE: IRIS (v3.81) – comandos seleccionados	42

1. Porquê observar?

A observações astronómicas estão entre as formas mais simples e acessíveis de examinar e admirar as leis da natureza. Ao contrário de muitos outros ramos da física, a astronomia é um campo em que os amadores podem conduzir observações e obter resultados de grande valor científico. Os principiantes começarão por admirar as suas próprias fotografias de planetas, cometas e estrelas; os observadores mais avançados sentir-se-ão ainda mais recompensados ao registarem a variação do brilho das estrelas, na descoberta de novos cometas ou no seguimento sistemático de asteróides.

As nossas observações possuirão um enorme valor acrescentado se conseguirmos arranjar forma de as registar, sendo a forma mais simples de o fazer através da fotografia. No entanto, este método possui alguns contratempos. Disposto de meios amadores não é possível obter um grande número de fotografias num curto espaço de tempo – normalmente requer-se um tempo de exposição muito longo para que se consiga obter uma boa qualidade. Também o posterior processamento e comparação destas fotografias é bastante difícil. As propriedades da película fotográfica facilmente origina imagens desequilibradas, em que se verifica uma sub ou uma sobre exposição, uma vez que, a partir de determinado brilho, a densidade óptica não é proporcional à intensidade da luz. A maioria destes obstáculos pode ser ultrapassada através da utilização de uma webcam CCD (câmara de Internet CCD) para fazer o registo das imagens. O presente manual explica como escolher essa câmara, descreve as suas propriedades e estrutura, dando ainda exemplos de programas (software) simples e muito úteis para efectuar o processamento das imagens obtidas.

2. Observatório CCD – O que vamos necessitar?

Para podermos conduzir as nossas observações vamos necessitar de: uma webcam com sensor CCD, uma lente fotográfica ou um telescópio e um computador com o software apropriado. Analisemos cada um destes elementos individualmente.

2.1 Webcam CCD– Como funciona?

Por forma a sermos capazes de avaliar as vantagens e desvantagens de determinados tipos de webcam, necessitamos de alguns conhecimentos básicos acerca da estrutura dos CCD. A parte principal de um CCD (Charged Coupled Device) consiste numa placa com uma matriz formada por elementos fotosensíveis, ou seja, sensíveis à

luz. O número destes elementos – quantidade de pixéis do bloco – determina a resolução do sistema. As matrizes usadas nas câmaras web amadoras varia entre 320 x 240 e 640 x 480 pixéis.

Antes da exposição cada pixel do CCD possui carga eléctrica positiva. Esta carga inicial vai sendo gradualmente reduzida através da interacção de cada fóton que atinge o pixel. A perda de carga é proporcional ao número de fótons que embatem em cada pixel. Quando a exposição termina, as cargas que restam em cada um dos pixéis são transmitidas a um amplificador e depois a um conversor analógico digital. A representação digital de uma imagem produzida desta forma pode ser posteriormente processada e guardada de forma electrónica. O intervalo de sensibilidade dos elementos que compõem um CCD é comparável ao do olho humano mas o CCD regista também frequências muito próximas do infravermelho. A dimensão típica de cada pixel de um CCD situa-se entre 5 e 25 μm .

A intensidade da luz é medida em cada elemento fotosensível quando esta atinge o CCD. Desta forma recebemos a informação acerca do brilho da imagem capturada.

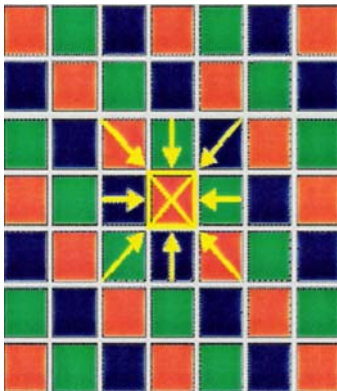


Fig. 1 – O sensor de uma webcam está coberto com um filtro que permite obter informação acerca da cor da luz. Para cada um dos pixéis, este filtro transmite luz numa das três cores: (R) vermelho, (G) verde ou (B) azul. A intensidade da luz nestas três cores básicas é medida durante o processamento da imagem, sendo a cor real de um pixel obtida por interpolação dos pixéis adjacentes. Os componentes da cor para cada pixel são calculados com base nos componentes dos elementos circundantes.

Aqui está um exemplo que mostra como funciona o CCD de uma webcam:

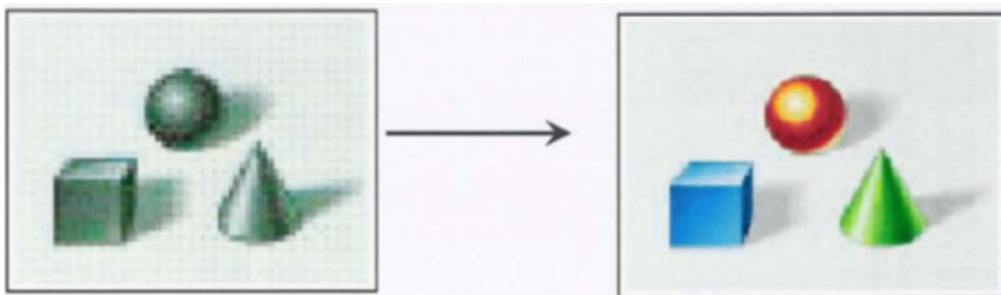


Fig. 2 – Representação da imagem registada e da imagem processada.

2.2 Como escolher uma webcam?

As câmaras profissionais de CCD são normalmente muito caras, dificilmente custando menos de 1.300 €. No entanto, podem realizar-se observações relevantes com uma webcam, que custa cerca de 25 € e pode ser utilizada para realizar observações interessantes, bastando que seja submetida a ligeiras modificações. Que critérios devem ser tomados em conta na escolha de um modelo particular de webcam?

O parâmetro mais importante numa webcam é o tipo de sensor que a incorpora. Embora possamos escolher entre câmaras equipadas com sensores CCD ou CMOS, as primeiras são definitivamente melhores (mais sensíveis). Se possível escolha um sensor com uma resolução de 640 x 480 pixéis, embora uma resolução de 320 x 240 seja suficiente para realizar observações bastante interessantes. A possibilidade de estabelecer um tempo de exposição longo (até meio minuto) é também uma grande vantagem. Embora a maioria das webcam disponíveis no mercado não cumpra este padrão, é possível modificar algumas delas por forma a que as mesmas passem a permitir tempos de exposição mais longos que os definidos pelo fabricante.

Mais informações acerca de fabricantes, distribuidores e modificações de câmaras web podem ser consultadas na secção 10. deste documento.

A parte seguinte deste manual descreve como trabalhar com as câmaras web Philips Vesta Pro (PCVC 675K) e ToUcam Pro II (PCVC 840K). As câmaras Philips estão equipadas com um sensor CCD de ¼ de polegada e uma resolução de 640 x 480 pixéis (5,6 x 5,6 µm de dimensão). O tempo de exposição máximo predefinido pelo fabricante é de 1/5 de segundo. No entanto, a webcam pode ser adaptada por forma a permitir um tempo de exposição ilimitado. A adaptação consiste em instalar no interior da câmara um sistema electrónico que assume o controlo do tempo de exposição e da ligação de um cabo adicional que conecta a câmara à porta paralela do computador.

As câmaras Philips ToUcam PRO II, que já permitem longos tempos de exposição, são distribuídas como recurso do projecto Hands On Universe – Europe (<http://www.eu-hou.net>).

2.3 Adaptação da câmara

Embora a câmara esteja equipada com uma lente de origem, esta é praticamente inútil para fins astronómicos – com excepção da observação de meteoritos – devido à sua diminuta abertura e curta distância focal de poucos milímetros.

O grande campo de visão da webcam sem a lente original, cerca de $40^\circ \times 30^\circ$, permite-nos tirar fotos de uma grande parte do céu ao longo de toda a noite, utilizando exposições entre 10 e 20 segundos. As imagens captadas podem ser analisadas à posteriori ou podemos ainda utilizar um modo de reconhecimento automático das alterações registadas sequencialmente em cada frame, permitindo assim que apenas sejam gravadas as imagens em que acontece algo interessante.

No entanto, para outros tipos de observação, necessitaremos de um tipo diferente de lente. O conjunto vendido com a webcam deve incluir um adaptador fotográfico que nos permita fixar a webcam no focador do telescópio (deveremos certificar-nos desse facto no momento da aquisição da câmara, ou então adquiri-lo posteriormente numa das lojas de material de astronomia (ver capítulo 10.)

Uma solução prática é unir a webcam a uma lente fotográfica (com uma distância focal entre 30 a 35 mm, o que permitirá observações com um campo de visão de alguns graus), ou colocar a câmara no foco de um pequeno telescópio. Ambas as soluções têm as suas vantagens.

2.4 A lente da câmara

Substituir a diminuta lente de origem da webcam por uma lente de 35 mm de uma câmara fotográfica SLR (Single Lens Reflex), pode produzir excelentes resultados a um custo reduzido. Sendo o sensor CCD bastante menor que as dimensões de um filme normal de 35 mm, o campo de visão de uma webcam acoplada a uma lente fotográfica é muito menor que o campo de visão de uma câmara fotográfica que utilize essa mesma lente. Por forma a descrever este efeito em números, introduzimos a noção de uma distância focal equivalente. Ela é tanta vezes maior, relativamente à distância focal da lente, quantas vezes a diagonal do sensor de CCD for menor que o tamanho de um frame de 35 mm. Para as câmaras webcam da Phillips equipadas com sensor do tipo de $\frac{1}{4}$ de polegada, cujo campo fotosensível tem uma diagonal de 4,8 mm, obtemos um rácio de 9. Isto significa que uma webcam equipada com uma lente normal de 50 mm de distância focal, tem o mesmo campo de visão que uma câmara fotográfica equipada com uma grande lente de 450 mm de distância focal! Graças a este facto, podemos utilizar as lentes fotográficas mais comuns, cujas distâncias focais estão entre 35 e 200 mm, para obter as mesmas fotos que conseguiríamos utilizando câmaras fotográficas equipadas com lentes zoom de distâncias focais entre 300 e 1.800 mm.

As lentes produzidas para câmaras fotográficas SLR possuem muitos tipos de montagens, sendo as mais adequadas para os propósitos da astrofotografia as que possuem rosca tipo M42x1. As lentes roscadas desta forma são desenhadas para câmaras analógicas Zenit ou Praktica. Graças ao tipo de rosca utilizada estas lentes podem ser facilmente ligadas a uma webcam através da utilização de um simples adaptador, sendo a sua principal vantagem o facto de terem um baixo preço e serem facilmente encontradas. Lentes russas como Mir, Wolna, Zenitar, Helios e Jupiter, são particularmente populares e baratas, embora a melhor qualidade pertença às lentes alemãs Sonnar, Pentacon, Practicar ou Zeiss.

As distâncias focais típicas de lentes com rosca M42x1 são 35, 50-58, 135, 200, 300, 500 e 1.000 mm, não sendo as lentes com 28, 85, 100 e 180 mm tão comuns. As lentes fotográficas com distâncias focais até 500 mm são constituídas por lentes; as que possuem distâncias focais de 500 mm podem ser construídas utilizando uma lente ou um espelho, enquanto que as de distância focal de 1.000 mm são construídas com base num espelho (similar a telescópio astronómico do tipo Maksutov).

As lentes fotográficas de utilização mais comum em astrofotografia são as que possuem distâncias focais inferiores a 200 mm. A tabela seguinte mostra os seus campos de visão e as suas aplicações típicas:

Distância focal	Campo de visão	Aplicação
35 mm	4,6° x 6,3°	Observação de estrelas variáveis, fotografia de campos de estrelas na Via Láctea
50 mm	3,2° x 4,4°	
135 mm	1,2° x 1,6°	Fotografia de grandes enxames estelares abertos e grandes galáxias
200 mm	0,8 x 1,1°	Fotografia de pequenos enxames globulares, pequenos enxames abertos, galáxias, Lua e Sol

Lentes com distâncias focais de 500 mm e superiores são quase telescópios e o seu uso em conjunto com uma webcam requer um esforço significativo – o reduzido campo de visão destas lentes torna necessário fixá-las numa montagem equatorial equipada com comando de pequenos movimentos, por forma a localizar o objecto pretendido e a mantê-lo no campo da lente durante alguns segundos. Estas lentes podem ser úteis se quiser fotografar o Sol ou a Lua.

As lentes com rosca M42x1 podem ser adquiridas em lojas especializadas, ou de mais simples, através do site eBay (www.ebay.com), onde existe uma larga oferta destes equipamentos a um preço razoável. Ao adquirir uma lente fotográfica deve

prestar atenção à sua luminosidade e qualidade óptica. Este primeiro parâmetro é sempre disponibilizado na especificação da lente, e.g. uma lente com a especificação 135/2.8 (ou 2.8/135) tem uma distância focal de 135 mm e a abertura máxima de 2.8. Isto significa que a abertura (o diâmetro efectivo da lente) é 2.8 vezes menor que a sua distância focal. Devido ao facto de, em astrofotografia, necessitarmos sempre de capturar a maior quantidade possível de luz, quanto maior for o diâmetro da lente, melhor (quanto menor o número, maior a abertura). Infelizmente, quanto maior for a capacidade de uma lente para 'recolher' luz, maior será o seu preço. As lentes com distâncias focais mais longas são em regra mais escuras. Uma vez que o seu diâmetro tem de ser maior para que se mantenha capaz de receber luz em quantidade suficiente, o seu preço de produção aumenta exponencialmente. As seguintes lentes são um bom compromisso entre preço e luminosidade: 35/2, 50/1.8, 135/2.8, 200/4. Não se recomenda a utilização de lentes 50/2.8 e 135/3.5 uma vez que se podem adquirir as suas similares mais luminosas a um preço idêntico.

A qualidade óptica de uma lente não é referida nas suas especificações pelo que a decisão de escolha recai inteiramente no comprador. No entanto, é possível obter alguma informação detalhada, devendo prestar-se atenção à capacidade de resolução no centro do campo, o que significa a capacidade da lente para resolver uma determinada quantidade de linhas por milímetro. Para as lentes mais comuns este número varia entre 30 e 50 linhas por 1 mm. O poder de resolução de uma lente influencia significativamente a resolução das imagens captadas pela webcam porque, com uma resolução de 30 linhas/mm, podemos esperar que a imagem de uma estrela (que teoricamente será um ponto) tenha um diâmetro aproximado de 30 μm , o que equivale a 5 pixéis nas webcam Philips. Isto significa que a real resolução da imagem que obtivemos é algumas vezes mais pequena que a resolução da webcam!

Com respeito à luminosidade e à qualidade óptica, não é recomendável a utilização de lentes zoom. Estas lentes captam menos luz e têm uma resolução inferior às lentes em que não é possível alterar a distância focal. Além de serem também mais caras, em astrofotografia não é necessário proceder a ligeiras alterações de distância focal.

As lentes para novos modelos de câmaras fotográficas como a Praktica e a Zenit, possuem abertura automática, isto é, a cortina da lente apenas se fecha depois de se premir um botão situado na parte traseira da lente. Numa câmara isto permite-nos compor a imagem na sua máxima abertura, sendo irrelevante a abertura que queremos usar de facto. Quando acoplamos esta lente a uma webcam passamos a

dispor de uma lente com abertura máxima constante. Isto não será um problema se quisermos fotografar objectos pouco brilhantes ou de pequena magnitude já que nestes teremos sempre de utilizar a abertura máxima. Se, por outro lado, desejarmos fotografar a Lua, provavelmente necessitaremos de reduzir a abertura da lente, melhorando desta forma a sua resolução. Neste caso podemos bloquear o referido botão de pressão, ou então adquirir um outro tipo de lente que possua um selector (designado Auto-Manual, A-M) independente. Estes selectores são normalmente encontrados apenas em lentes com distâncias focais de 135 mm ou superiores. Se vai comprar uma lente fotográfica apenas tendo a astrofotografia como intenção, deve procurar uma lente sem controlo de abertura automático, já que a utilização deste tipo de lentes é bastante mais simples.

A lente é ligada à webcam através de um adaptador, fixando-se um dos seus lados à webcam no local da lente original, enroscando a lente fotográfica na outra ponta do adaptador. Este tipo de adaptador pode ser encontrado nas lojas especializadas de astronomia (ver o ponto 10.). Estes adaptadores podem surgir em duas variedades diferentes. Um mais antigo e simples, composto apenas de um tubo roscado em ambos os lados, sendo o conjunto lente e adaptador enroscados no corpo da webcam. Neste caso todo o peso da lente e do adaptador se repercutirão na frágil rosca do também frágil corpo da webcam, diminuindo significativamente o tempo de vida útil da câmara e impossibilitando a utilização de lentes mais pesadas. A nova versão do adaptador é construída de uma liga sólida de duro alumínio e possui uma abertura roscada que permite fixar o adaptador directamente na montagem. Nesta configuração o peso da lente é transmitido para a montagem através de um sólido elemento metálico, não se colocando qualquer problema à utilização de lentes mais pesadas com distâncias focais de 200 mm ou superiores. Apenas este tipo de adaptador pode ser usado com as webcam Philips ToUcam, as quais não possuem orifício roscado para fixar na montagem.



Webcam Philips ToUcam Pro II ligada a uma lente Domiplan 2.8/50, através de um adaptador de nova versão. A pega da montagem está orientada para a frente propositadamente, caso contrário tornaria difícil a observação de objectos localizados muito acima do horizonte ou mesmo no zénite.



Webcam Philips ToUcam Pro II com uma lente Helios zoom de 2.8/135

A utilização de uma webcam para astrofotografia permite ainda a utilização de teleconversores. Estes elementos colocam-se entre a webcam e a lente fotográfica, aumentando a distância focal desta, normalmente por um factor de 2. A utilização de teleconversores permite-nos obter imagens de pequenos campos quando não possuímos uma lente com distância focal suficiente para o efeito. Infelizmente, a

utilização de um teleconversor está relacionada com perdas significativas de luminosidade – a luminosidade da lente torna-se duas vezes menor e o seu poder de resolução deteriora-se. Devem pois evitar-se as situações de utilização de teleconversores, aconselhando-se a aquisição de uma lente adicional com maior distância focal, cujo preço será similar ao do teleconversor.

A forma mais simples de fotografar o céu com o conjunto webcam + lente será através da colocação do conjunto numa montagem estática. A simplicidade deste método é uma vantagem, mas desta forma apenas poderemos obter imagens com tempo de exposição limitado. Se a exposição for demasiado longa, as estrelas (e todos os outros objectos do céu) serão registadas como traços, reflectindo o seu movimento aparente descrito no céu ao longo da exposição. O tempo máximo de exposição depende da distância focal da lente (quanto maior for, menor poderá ser o período de exposição). Podemos encontrar este valor, admitindo que a forma aceite para a imagem de uma estrela não exceda 1,5 vezes o seu diâmetro. Usemos a fórmula que relaciona o tempo de exposição t (dado em segundos) com o comprimento do traço L (em milímetros) de uma estrela com a declinação δ , fotografada com uma lente de distância focal f (em milímetros):

$$t = 13713 \frac{L}{f \cos \delta}$$

Tentemos encontrar o tempo de exposição máximo, considerando que temos uma boa lente fotográfica e que queremos obter traços circulares, mesmo de estrelas de pequena magnitude. Se não ficar sobre exposta, a imagem de uma estrela nestas condições aparece em não mais do que 3 pixéis de uma webcam, assim, vamos assumir que o seu movimento no sensor CCD não deve exceder os 10 μm (dois pixéis). Atribuindo à fórmula $L = 10 \mu\text{m}$, recebemos os seguintes valores como tempo de exposição máximo (em segundos) para diferentes declinações e distâncias focais:

$\delta \backslash f$	35 mm	50 mm	135 mm	200 mm
0°	4	3	1	1
30°	5	3	1	1
60°	9	6	2	1.5
70°	13	9	3	2
80°	25	17	6	4

Utilizando esta fórmula podemos igualmente encontrar o tempo máximo para outras situações, como por exemplo, para lentes fotográficas com diferentes distâncias focais ou mesmo para estrelas muito brilhantes cuja imagem fica fortemente sobreposta. Nesta última situação a imagem da estrela é bastante maior do que os 3 pixéis que assumimos e o seu movimento pode ser maior sem causar distorções visíveis.

Embora o tempo de exposição seja seriamente limitado quando usamos uma câmara estática, podemos tentar fotografar objectos de baixa intensidade obtendo múltiplas exposições, tendo cada uma delas um tempo de exposição suficientemente curto para que a imagem apareça quase como um ponto. Depois de alinharmos as imagens individuais entre si, por forma a que as estrelas se sobreponham e de as empilharmos (método conhecido na astrofotografia por 'stacking'), obtemos uma imagem final cujo tempo de exposição efectivo será igual à soma do tempo de exposição de todas as imagens individuais. Este processo aumentará significativamente a limitação da magnitude de uma imagem resultante da soma de várias imagens, quando comparada com uma única exposição. Não será no entanto possível fotografar um número ilimitado de objectos de diminuta luminosidade através da adição de um grande número de fotografias, já que um objecto de intensidade muito fraca, fotografado com um curto tempo de exposição, não atingirá os níveis de sensibilidade da webcam, não sendo por esse motivo registado nas imagens, mesmo que se adicione um grande número de frames individuais.

Para fotografar objectos nebulares pouco brilhantes torna-se necessário seguir o movimento aparente do céu com a webcam. Não necessita de fazer um acompanhamento perfeito deste movimento, uma vez que o método de adicionar várias curtas exposições lhe permitirá fotografar objectos nebulares de fraca intensidade, mesmo que as imagens com exposições inferiores a um minuto possam revelar alguns erros. A forma mais fácil de obter um mecanismo de guiagem para o seu conjunto webcam + lente é fixá-lo a um telescópio (paralelamente ao tubo óptico) colocado numa montagem equatorial dotada de um mecanismo de guiagem automática. Neste caso o telescópio será usado apenas como montagem, permitindo a sua óptica fazer uma monitorização da observação e a execução de correcções de pequenos movimentos. Pode também tentar usar o telescópio na montagem equatorial sem o mecanismo eléctrico de guiagem. Neste caso o telescópio será guiado manualmente através da operação de movimentos de precisão, por forma a manter a imagem da estrela de referência no centro do campo de visão do telescópio (esta

estrela de referência não necessita de pertencer ao campo que está a ser fotografado). Para que este método seja eficaz é necessário que a montagem do telescópio seja muito estável e não susceptível a vibrações, caso contrário estas transmitir-se-ão à webcam destruindo o efeito pretendido.

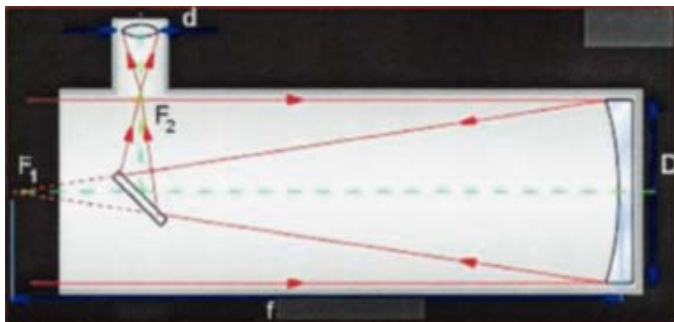
Está cada vez mais em voga a utilização de telescópios em montagens altazimutais dotadas de um mecanismo de guiagem controlado por computador. Elas permitem-lhe manter um objecto no centro do campo de visão, mas a imagem obtida com este tipo de montagem desenhará círculos em torno do seu centro! Assim, embora seja perfeito para observação visual, a montagem altazimutal não é desejável para astrofotografia. É verdade que pode adicionar as imagens realizadas (rodando-as num programa de edição de imagem), mas o seu processamento torna-se bastante mais complicado do que nas imagens obtidas com uma montagem equatorial. A maioria dos telescópios pode ser adaptada para uma montagem equatorial, sendo aconselhável aproveitar esta vantagem. Se, adicionalmente, o telescópio ou a montagem dispuserem de um sistema de busca de objectos automática (através de um catálogo digital), este torna-se um alvo de eleição para utilizar em conjunto com a nossa webcam, livrando-nos da por vezes fastidiosa tarefa de procurar os objectos com a webcam, assumindo que a webcam + lente estão colocadas de forma exactamente paralela ao telescópio, fazendo coincidir os seus campos de visão. Em seguida bastará usar o mecanismo de guiagem controlado pelo computador para apontar ao objecto seleccionado, verificando através do telescópio se este se encontra no campo de visão e, caso tenha uma fraca intensidade para que possa ser registado numa única exposição sem processamento informático.

2.5 Telescópio amador

Quando a webcam está conectada a um telescópio amador, com uma distância focal entre 1.000 e 2.000 mm e uma abertura de 10 a 25 cm, conseguiremos obter boas fotografias de crateras lunares, planetas ou manchas solares (apenas usando os filtros apropriados e depois de verificadas todas as regras de segurança para o efeito). Se pretendermos olhar para o Universo mais distante e realizar fotos de objectos do catálogo de Messier, ou outro, a nossa câmara necessita de estar adaptada por forma a permitir a realização de exposições de longa duração. Necessitamos igualmente de telescópios com distâncias focais de 300 a 500 mm e aberturas entre 5 e 10 cm. Será também necessário possuir um mecanismo de guiagem automática para a montagem,

que nos permitirá seguir o objecto de forma constante e precisa enquanto o fotografamos.

Um telescópio comum, muitas vezes existente na escola – raramente utilizado e normalmente esquecido, pode ganhar nova vida com a utilização de uma webcam. O telescópio pode ser facilmente adaptado para observação com recurso a uma câmara CCD acoplada a este. O tipo de telescópio mais comum é designado por Newtoniano ou de Newton. Fazemos a sua apresentação para o caso de não lhe ser familiar.



O fino tubo que constitui o corpo principal do telescópio designa-se por tubo óptico. No entanto, a sua parte mais importante é o espelho primário. O tamanho e a forma deste espelho parabólico são decisivos

para a resolução do telescópio e para a sua capacidade em ver objectos muito pouco brilhantes ou muito difusos. A próxima parte igualmente importante é o espelho secundário, que reflecte a luz do espelho primário para o focador. É no focador, normalmente colocado numa posição lateral do tubo óptico, que se coloca a ocular. O focador permite-nos controlar a nitidez da imagem e é também aqui que vamos colocar a nossa webcam. O diâmetro mais comum de uma ocular é 1,25" (quanto maior o diâmetro, maior o campo de visão). Com este diâmetro típico é muito fácil instalar a webcam; se a ocular possuir um diâmetro diferente (i.e. 2"), teremos de conhecê-lo previamente por forma a adquirir o adaptador correcto. A associação da ocular ao focador forma um sistema de lentes através das quais passa um feixe de luz, captado pelos espelhos. É devido a este feixe que podemos obter uma imagem nítida e ampliada. Por vezes utilizaremos uma lente Barlow entre o focador e a ocular, expandindo assim a distância focal do telescópio (x2, x3, x4...). Desta forma aumentamos a ampliação, com prejuízo da luminosidade captada.

Os telescópios Newtonianos são normalmente caracterizados por uma grande relação focal (a razão entre a sua distância focal e o diâmetro do espelho primário), o que os torna instrumentos perfeitos para observar objectos de pouco brilho. Devido à sua simples construção, são também o tipo de telescópios reflectores mais construídos pelos amadores. Tal como em qualquer outro telescópio reflector, o espelho secundário está situado no percurso do feixe de luz, o que provoca a perda de alguma quantidade de luz, mas que, por ser apenas uma pequena percentagem da área do

espelho primário, não deve ser motivo de preocupações. O tamanho de um telescópio deste tipo depende obviamente do diâmetro do seu espelho primário e da sua distância focal, sendo o comprimento do tubo normalmente idêntico a esta.

O campo de visão de um telescópio é bastante pequeno e, normalmente com alguma sorte, poderemos visualizar através da ocular apenas o objecto seleccionado. Mas como encontrá-lo no céu? É aqui que entra a ajuda essencial de um buscador. Um buscador é um pequeno telescópio que poupa tempo e esforço ao apontar o telescópio para o objecto pretendido. Deve ser calibrado durante o dia e mesmo socorrendo-nos deste valioso instrumento auxiliar, requer algum treino apontar todo o conjunto. Assim e antes de começarmos as observações, devemos obter um mapa do céu com a região que se pretende observar e desenvolver uma estratégia: de que objectos vamos partir e em direcção a que outros. É sempre uma boa ideia começar com objectos mais fáceis de localizar, passando depois para os mais difíceis. O problema seguinte com que nos deparamos é focar o telescópio. Se, depois de orientarmos todo o conjunto, não conseguirmos visualizar o objecto, significa que a imagem está fora de foco. A forma mais simples de ajustar o foco será tê-lo feito previamente em objectos terrestres bem visíveis (árvores no horizonte ou um edifício distante), bastando depois ajustar ligeiramente o focador para o nosso objecto.

O tubo óptico é acoplado a uma montagem, que pode ser altazimutal (dispondo de movimentos vertical e horizontal) ou equatorial (bastante melhor), com a qual podemos seguir a deriva dos objectos no céu, guiando o telescópio apenas num dos eixos. Uma normal montagem altazimutal pode ser transformada numa espécie de montagem equatorial, levantando-a até que o seu eixo vertical esteja inclinado, relativamente ao horizonte, até formar um ângulo igual à latitude da nossa posição, φ (colocando, por exemplo, uma base com um ângulo de $90^\circ - \varphi$ por baixo da montagem). Logo que o telescópio esteja fixado à montagem e devidamente alinhado, podemos guiá-lo apenas com a introdução de pequenos movimentos. Se estivermos a pensar realizar observações longas de um determinado objecto (utilizando uma webcam adaptada para o efeito) necessitaremos de um sistema automático que permita a guiagem do telescópio em coordenação com o movimento aparente do céu já que o controlo manual apenas será suficiente para observações de curta duração.

Por vezes, para obter uma melhor qualidade de observação com a webcam, será recomendado deixar o objecto derivar ao longo do campo visual.

3. O nosso observatório

A seguinte descrição fornece um exemplo de configuração possível para um telescópio Newtoniano e uma webcam Philips. Vejamos os parâmetros:

Webcam (Sensor CCD)

Tamanho	3,87 x 2,82 mm
Resolução	640 x 480 pixéis
Tamanho do pixel	5,6 μm x 5,6 μm

Telescópio

Diâmetro lente principal	76 mm
Ampliação máxima	350x
Distância focal	700 mm
Buscador	5 x 24 mm
Oculares	4mm, 12,5 mm, 20 mm
Lentes Barlow	2x, 3x
Ampliação máxima teórica das oculares	35x, 70x, 175x

4. Algumas fórmulas

Tomemos contacto com alguns dos mais importantes parâmetros que descrevem o telescópio e a webcam e com as fórmulas comuns aos dois. Esta discussão será útil para a produção de um planeamento eficiente das observações, dado um determinado tipo de equipamento.

A resolução angular de um telescópio diz-nos o quanto dois objectos podem estar próximos um do outro, por forma a que sejamos capazes de distingui-los individualmente. A resolução está relacionada com o diâmetro da lente (ou espelho), D , e o comprimento de onda da luz que estamos a observar λ :

$$\rho = 1,22 \lambda / D \text{ [rad]}$$

Para converter o valor ρ de radianos para segundos de arco devemos multiplicar o resultado pelo número de segundos que existem num radiano, nomeadamente 206 205. Embora esta fórmula sugira que a resolução será maior em função de um maior diâmetro, na prática a resolução em observações terrestres nunca supera 1 segundo de arco (sendo usualmente bem menor), devido à distorção provocada pela influência da atmosfera. Assim, um diâmetro maior não assegura uma melhor resolução de forma evidente, mas uma maior superfície colectora de luz tornará possível ver objectos mais longínquos ou menos brilhantes.

A ampliação angular, P , está estreitamente relacionada com a distância focal das lentes (ou espelho) e a ocular; quanto maior for a distância da lente (ou espelho) e menor a distância focal da ocular, maior será a ampliação conseguida:

$$P = f_{ob} / f_{ok}$$

em que: P - ampliação do telescópio; f_{ob} – a distância focal da lente (ou espelho); f_{ok} – a distância focal da ocular.

Outro parâmetro importante de um telescópio é a sua relação focal, a qual descreve o brilho de objecto continuamente visível através do telescópio. A razão focal é descrita pela razão entre o diâmetro da lente (ou espelho) e a sua distância focal:

$$A = D / f_{ob}$$

Quanto maior o valor de A , melhor a visibilidade de objectos pouco brilhantes.

Um parâmetro muito importante é o tamanho do campo de visão:

$$\vartheta = 2 \arctg (d_{det} / 2f_{ob}) \text{ [rad]}$$

em que d_{det} representa o tamanho linear do detector CCD – no caso da webcam Vesta Pro o campo de visão da câmara acoplada a uma lente fotográfica ($f=50\text{mm}$) é de $4,4 \times 3,2$ graus e o campo de visão quando associado a um telescópio ($f=200\text{mm}$) é de apenas $6,6 \times 4,8$ minutos de arco. Como podemos ver, os instrumentos com distâncias focais mais curtas devem ser utilizados para objectos com maior tamanho angular, caso contrário e por forma a obter uma boa imagem, teremos que efectuar um mosaico composto por um grande número de fotografias. No caso de objectos em que pretendemos registar a maior quantidade de detalhes possível, será importante adoptar um critério diferente – um critério que nos dê a distância focal óptima para um telescópio com determinado diâmetro, igual ao tamanho de cada pixel da matriz de um CCD, d_{pix} . Se as observações tiverem lugar no comprimento de onda λ da luz, então:

$$f_{ob} \sim (D d_{pix}) / (0,51\lambda)$$

Assim sendo, enquanto observamos Saturno ($\lambda_{max} \sim 550\text{nm}$) com um telescópio munido de uma lente (ou espelho) com 76 mm de diâmetro (como descrito acima) e uma webcam Vesta Pro, seria ideal o telescópio ter uma distância focal de 1.517mm. Como a distância focal real do telescópio é de apenas 700mm, necessitaremos de lente Barlow para a duplicar.

5. Computador e software

Obviamente, necessitaremos de algo mais além do telescópio e da webcam para podermos obter as imagens. Será necessário um computador com o software apropriado, preferencialmente um computador portátil – notebook. Por si só, o computador não necessita de ser muito sofisticado, bastando um modelo médio. No entanto é aconselhável que este possua portas de ligação USB para conectarmos a câmara (não sendo o caso será necessário adquirir um cartão de expansão que o possua). Se tivermos adaptado a câmara para realizar longas exposições, será indispensável que o computador possua uma porta paralela (de impressora). Deveremos tomar especial atenção a este detalhe uma vez que a maioria dos computadores portáteis já não possui este tipo de interface. A escolha do software disponível é muito vasta, sendo a maior parte deles freeware (de distribuição gratuita através da Internet). Regra geral necessitaremos de um programa que guie a câmara e outro que faça o processamento das imagens captadas. Será de grande ajuda um mapa do céu, tal como o Cartes du Ciel – <http://www.stargazing.net/astropc/>, o SkyMap - <http://www.skymap.com> ou o Starry Night - <http://www.starrynight.com>. Todos estes softwares podem ser descarregados a partir da Internet.

Recomenda-se a utilização do software K3CCDTools para a guiagem da câmara, disponível na Internet em <http://www.pk3.org/Astro/software.htm>. Outra possibilidade é o Astrovideo – <http://ip.pt/cooa/astrovideo.htm>, disponível como shareware (obriga à aquisição de licença após 21 dias). Para o processamento das imagens capturadas, merece-nos especial atenção o programa IRIS, disponível a partir de <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>. Podemos também utilizar um programa mais simples, embora com menos funções, como o Astrostack – <http://www.astrostack.com/>.

O próximo desafio que teremos de enfrentar será proceder à instalação da webcam e do seu software. Possuindo Windows XP, os drivers das webcam Vesta e ToUcam Pro serão instalados automaticamente, sendo necessário o recurso a Cd de instalação para versões anteriores do sistema operativo.

6. Preparação para as observações

Antes de começarmos a observar o céu é necessário definir previamente quais os objectos que pretendemos observar e qual a sua localização. É igualmente importante

escolher um local de observação que seja suficientemente escuro. Na prática, quanto mais nos afastarmos do brilho das cidades, melhor. No caso de não ser possível sair da cidade, torna-se necessário procurar um local em que as luzes citadinas não distorçam as nossas imagens. Temos de assegurar o acesso a uma fonte de alimentação de energia no local da observação, uma vez que, mesmo estando a utilizar um computador portátil, numa observação longa e com o acréscimo de uma webcam, a bateria do computador poderá não durar mais de uma hora. Outro detalhe importante é saber que objectos estarão visíveis num determinado dia, uma vez que a Terra e os outros planetas giram em torno do Sol e dos seus próprios eixos. Desta forma alguns objectos são de difícil observação sendo necessário verificar com precisão quais os que estão visíveis e quando. É aqui que os programas mencionados anteriormente podem tornar-se úteis – mapas informáticos do céu.

É melhor começar as observações aprendendo a reconhecer os diferentes hemisférios da Terra. No hemisfério norte a melhor é a estrela Polar. Como encontrá-la? A Ursa Maior é uma constelação visível no céu, a partir do nosso país, ao longo de todo o ano. A forma mais fácil é encontrar a Ursa Maior, que nos conduzirá directamente à estrela Polar. Se prolongarmos quatro vezes a distância entre as duas estrelas guia da Ursa (a pata fronteira da Grande Ursa), chegaremos à Polar. Todos os planetas e a Lua estão próximos da eclíptica e, aparentemente, movem-se ao longo desta. A Lua, o corpo mais brilhante do céu a seguir ao Sol, afasta-se da eclíptica para norte ou para sul, não mais de 5 graus. O tempo que a Lua demora a completar uma órbita em torno da Terra é igual ao tempo que demora a completar uma volta em torno do seu próprio eixo. Esta é a razão porque apenas podemos ver uma das faces da Lua a partir da Terra. Dependendo da forma como a luz do Sol incide na face visível da Lua, podemos observar o fenómeno das diferentes fases, que são de grande ajuda durante a observação do nosso satélite. A melhor fase para conduzir observações lunares é o quarto crescente, pois é nesta fase que se observa a sombra das crateras e das montanhas junto ao bordo do terminador (onde acontece a transição da luz para a escuridão). No quarto crescente olhamos para o terminador de forma quase directa e vertical, verificando-se as sombras mais longas.

Além da Terra, oito (?...) outros planetas giram em torno do Sol, sendo cinco deles observáveis à vista desarmada. O brilho dos planetas é a reflexão da luz do Sol na sua superfície ou na sua atmosfera, uma característica que os distingue das estrelas, que produzem a sua própria luz. Podemos reconhecer facilmente os planetas no céu pelo facto destes não piscarem. A sua luz é constante e calma. Se quisermos

observar planetas temos de começar por verificar quais os que estão visíveis no céu num dado mês. Estes são bastante brilhantes e estão sempre próximos da eclíptica, o que significa que os encontraremos sempre posicionados no campo de uma das constelações do zodíaco, através das quais passa a eclíptica. Os planetas podem ocupar várias posições relativamente ao Sol e à Terra. Este facto tem reflexos no brilho que o planeta apresenta. Mercúrio e Vénus, sendo planetas interiores à Terra, estão na vizinhança próxima do Sol, assim é possível observá-los apenas antes do amanhecer ou logo após o pôr-do-sol, a este ou a oeste, respectivamente. Os planetas exteriores possuem órbitas mais longas que a da Terra (Marte, Júpiter...). Se um destes planetas estiver exactamente oposto ao Sol diz-se que está em oposição. Neste caso o planeta permanecerá visível no céu ao longo de toda a noite. Quando dois ou mais planetas se 'aproximam' um do outro no céu, dizemos que existe uma conjunção, sendo possível que a Lua se junte a estes 'encontros'. Podemos dizer que, com um pouco de boa vontade, não é difícil escolher um objecto e começar a observar. Mantém-se a questão: como fazê-lo?

Deveremos começar a nossa observação por posicionar correctamente a montagem do telescópio, por forma a que um dos seus eixos (designado por eixo de ascensão recta) aponte à estrela Polar. Algumas montagens vêm equipadas com uma luneta própria para este fim. Esta luneta polar é colocada de forma paralela ao eixo da ascensão recta e a estrela Polar tem de posicionar-se no centro do campo de visão da luneta. Para as outras montagens que não dispõem desta luneta, o alinhamento assenta na nossa intuição e perícia, por forma a que a estrela Polar fique posicionada na extensão do eixo de ascensão recta. Este alinhamento preciso da montagem é importante porque quanto maior for a sua precisão menor será a necessidade de introduzirmos pequenas correcções para compensar o movimento aparente do céu. Infelizmente temos de aceitar que nem sempre a montagem estará perfeitamente alinhada, a não ser que estejamos a utilizar um telescópio instalado no interior de uma cúpula em que todo o conjunto está inamovível. Assim, será igualmente necessário introduzir pequenas correcções no outro eixo (eixo de declinação), mas quanto melhor for o alinhamento da montagem, menos correcções serão necessárias.

Se não possuímos um telescópio mas apenas a webcam acoplada a uma lente, num tripé fotográfico, não se executa este procedimento de alinhamento. No entanto é necessário verificar a sua estabilidade e o seu posicionamento junto do computador, para que possamos operar todo o conjunto.

Antes de começarmos a fazer observação fotográfica recomenda-se que observemos os nossos objectos alvo com um telescópio ou com binóculos. Isto tornará mais fácil localizar o objecto através do telescópio equipado com a webcam. No caso de dispormos de binóculos será aconselhável utilizá-los uma vez que, como possuem um grande campo de visão e captam bastante luz, será mais fácil encontrar objectos nebulares. Sabendo previamente a aparência destes objectos e o seu enquadramento no campo das estrelas circundantes, será muito mais fácil encontrá-los com o telescópio. Neste passo poderemos usar um buscador, um acessório indispensável em qualquer telescópio de grande dimensão. O buscador tem uma pequena ampliação e um relativamente grande campo de visão, tornando assim fácil apontá-lo na direcção do objecto que pretendemos observar. O buscador está usualmente instalado de forma paralela ao tubo óptico, dispõe de três ou quatro parafusos de alinhamento, o que nos permite corrigir o paralelismo entre ambos, de forma a que o mesmo objecto fique visível quer no centro do buscador, quer no centro do campo de visão do telescópio. O buscador deve ser calibrado durante o dia, utilizando objectos de grande dimensão (um prédio distante ou árvores no horizonte). Ao apontarmos o telescópio para um objecto devemos imobilizá-lo, apertando todas as roscas de aperto, para evitar qualquer movimento ou desequilíbrio accidental do telescópio. Agora restam-nos os pequenos movimentos. O seu objectivo é alterar a posição do telescópio com grande precisão e, um desses movimentos (no eixo de ascensão recta), é utilizado para seguir o movimento aparente do céu com o telescópio.. Obviamente que isto se refere apenas a telescópios sem controlo automático. Quando tivermos o nosso telescópio devidamente apontado (e após alguma observação visual) temos de acoplar a webcam através do respectivo adaptador. Podemos fazê-lo utilizando um adaptador em que um lado é enroscado na webcam, sendo a outra ponta um tubo com a mesma dimensão da ocular (1,25"), o qual será colocado no focador em vez da ocular. No caso de alguns telescópios mais antigos, poderá ser necessário desapertar o focador e, desta forma, ter acesso a uma rosca M42x1 – igual à da lente fotográfica. Neste caso tomaremos os mesmos procedimentos que efectuámos com as lentes fotográficas – usamos um adaptador que se liga à rosca do telescópio de um lado e à webcam do outro.

A última fase dos preparativos é ligar a webcam ao computador, sendo que se desejarmos utilizar a função de longa exposição, deveremos conectar o cabo USB e o cabo adicional à porta paralela. Para observações de curta duração como o Sol, a Lua ou os planetas, bastará conectar o cabo USB.

Antes de obtermos fotografias do céu temos de alcançar o melhor foco possível, ajustando a distância entre a webcam e o espelho do telescópio, de tal forma que o sensor CCD fique exactamente posicionado no ponto focal do espelho. Para obter foco basta ligar o computador e iniciar o software de captura de imagens a partir da webcam.

7. Captar imagens

Captar as imagens pode ser feito utilizando o software previamente mencionado (K3CCDTools) que funciona bem em conjunto com as webcam Philips adaptadas. Possuindo o programa inúmeros detalhes de operação, será melhor aprender na base da tentativa e erro, alterando os parâmetros e verificando como estas mudanças influenciam as nossas imagens. Discutiremos aqui algumas opções e detalhes básicos utilizando a versão 1.1.7..541 (convém ir actualizando a versão através do download disponível na Internet). Esta versão do programa é gratuita mas o autor requer que descarreguemos uma nova chave a cada três ou quatro semanas. Se ao iniciar o programa virmos a seguinte caixa de diálogo:



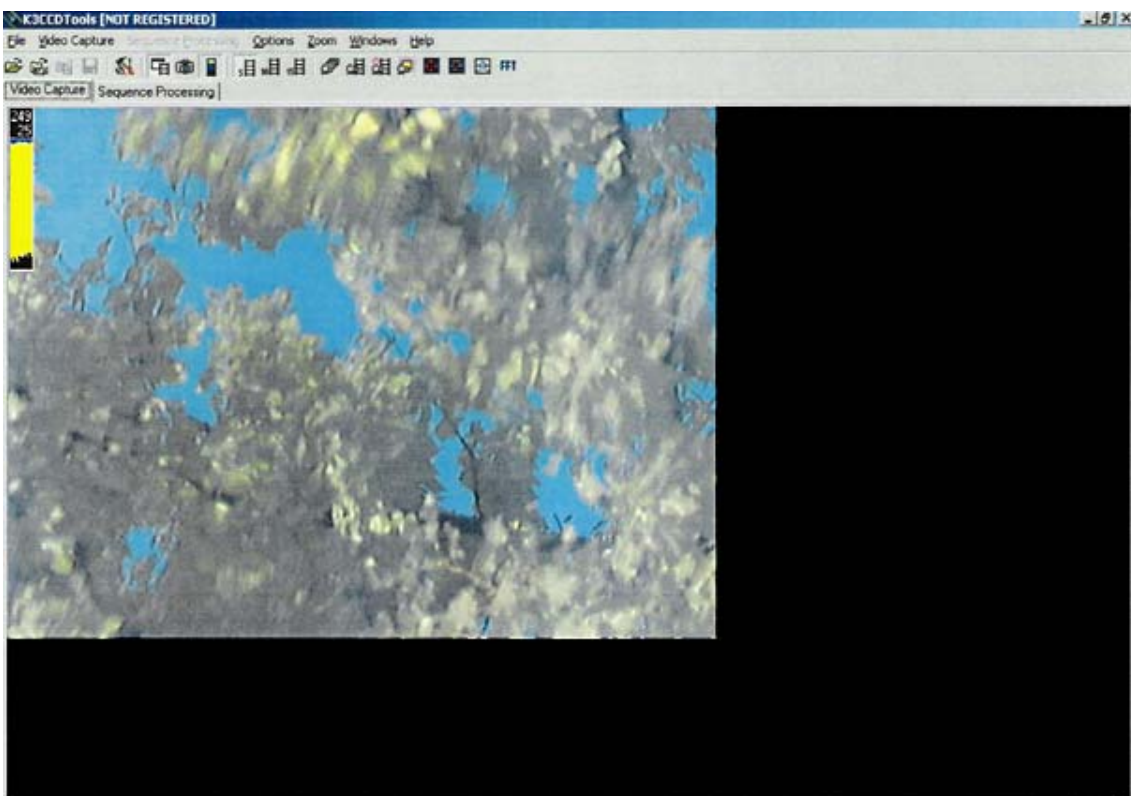
significa que temos de descarregar uma nova chave a partir de:

<http://www.pk3.org/K#CCDTools/freekey.htm>. Para o fazer podemos seleccionar os números que surgem na página dentro de uma caixa branca e copiá-los através da combinação de teclas Ctrl+C. Depois deveremos colar a selecção no programa clicando

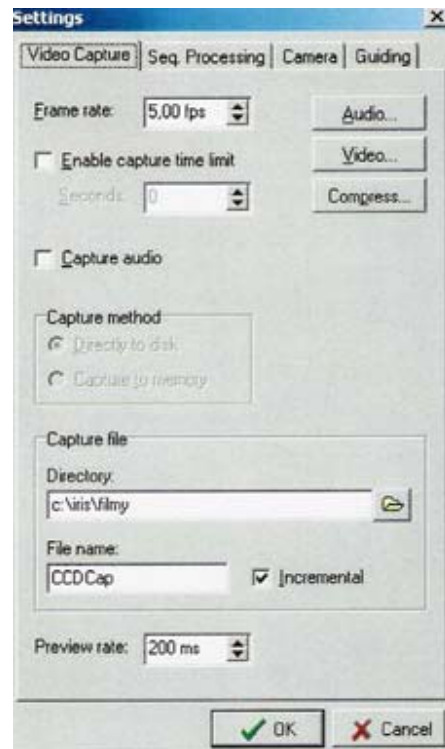
no botão **'Enter Key'** da caixa de diálogo acima, o que nos transportará para esta nova caixa de diálogo:



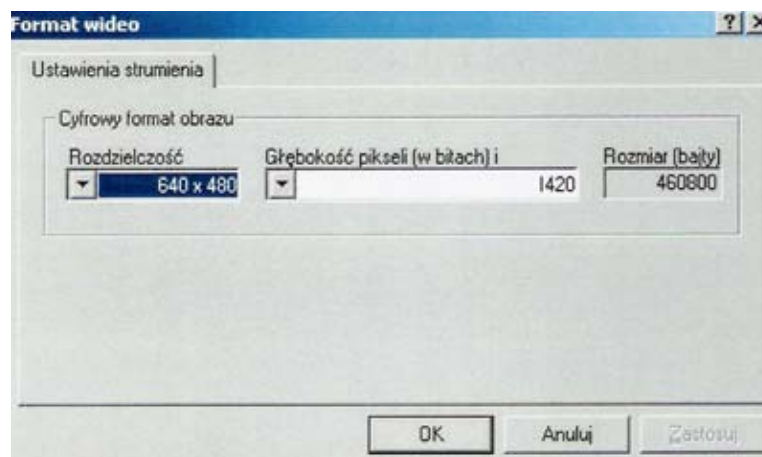
Ao premir **'Paste Key from Clipboard'** e dar o **'Ok'** podemos usar o programa por mais algumas semanas. Quando terminarmos o registo teremos acesso à janela principal do programa (não se esqueça de ligar a webcam ao computador antes de iniciar o programa):



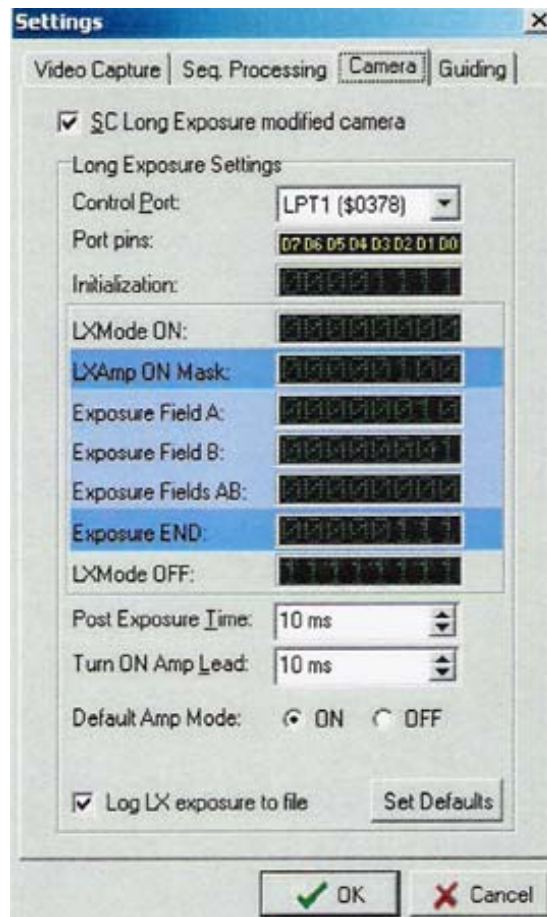
Antes de podermos começar as observações devemos estabelecer as opções principais do programa seleccionando a função **'Settings'** no menu **'Options'**. Esta acção conduz-nos à caixa de diálogo **'Settings'**:




devemos estabelecer a frequência de imagens '**Frame rate**' para 5.00 fps, podendo também mudar '**Directory**', o local onde as sucessivas imagens irão ser guardadas e mudar o nome dos ficheiros a guardar em '**File name**'. Um botão muito importante é o de '**Vídeo**', que dá acesso à seguinte caixa de diálogo:

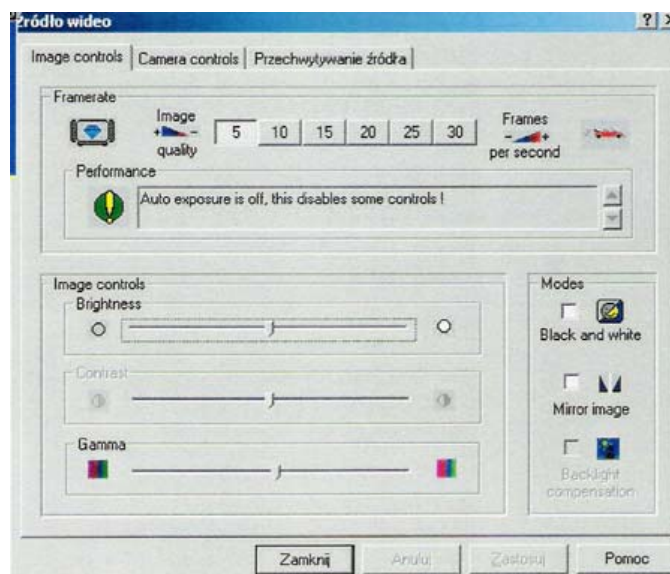


Aqui podemos estabelecer a resolução das imagens a capturar, sendo a resolução recomendada de 640x480 píxeis. Os restantes parâmetros do menu '**Settings**' ('**Seq. Processing**', '**Camera**' e '**Guiding**') não apresentam qualquer interesse para nós nesta fase porque serão suficientes as configurações default. Se estivermos a usar uma webcam adaptada para longa exposição, devemos assegurar-nos que no separador '**Camera**'

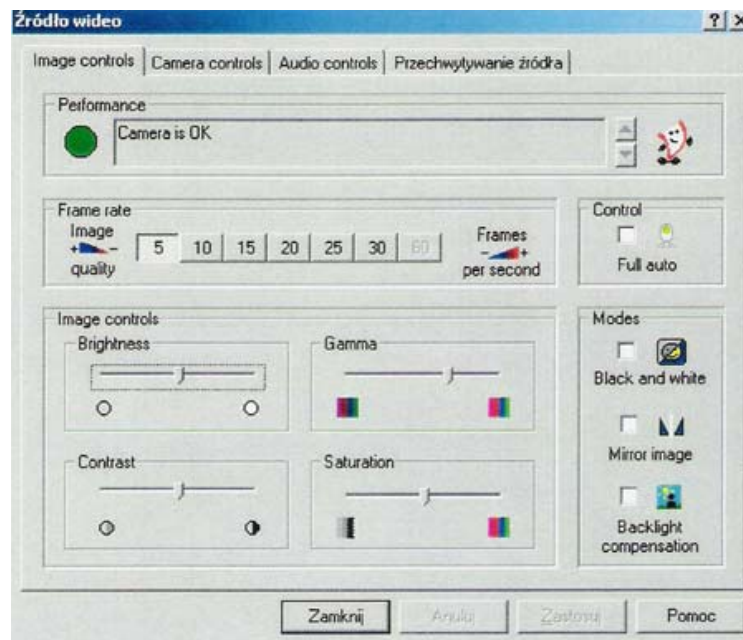


está seleccionada a opção 'SC Long Exposure modified camera'.

Agora necessitamos de estabelecer os parâmetros de trabalho da webcam. Para o fazer temos de encontrar a opção 'Video Source' no menu 'Video Capture', ou premindo o botão . Ao clicarmos este botão surgirá uma caixa de diálogo cujo aspecto dependerá da webcam que estivermos a utilizar. Para as câmaras Vesta da Philips terá este aspecto:

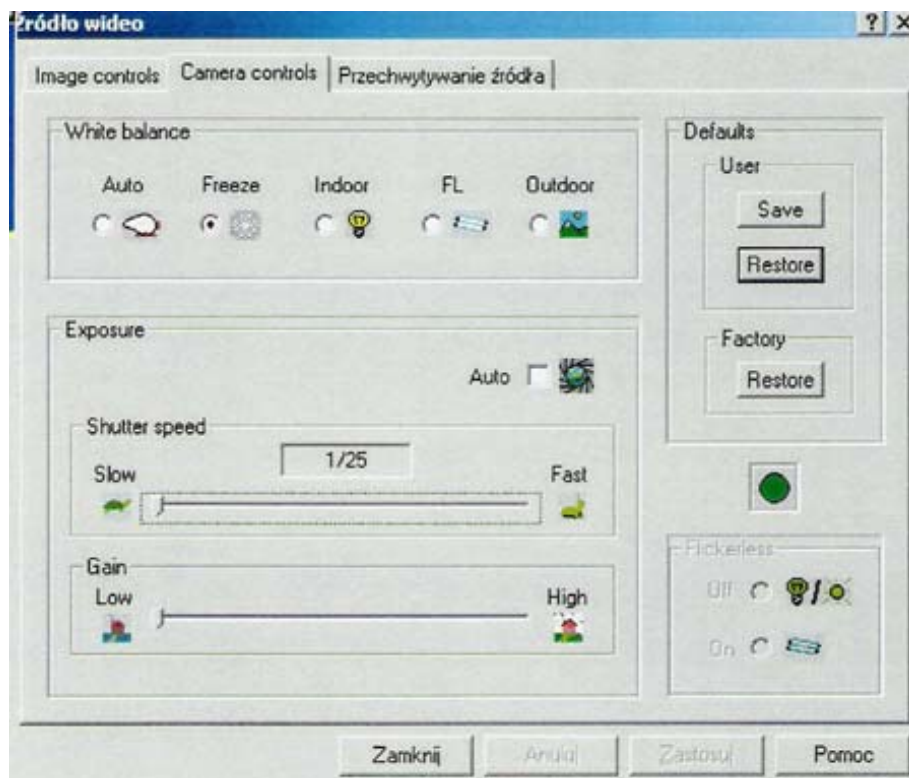


sendo este o aspecto para as câmaras Philips ToUcam:

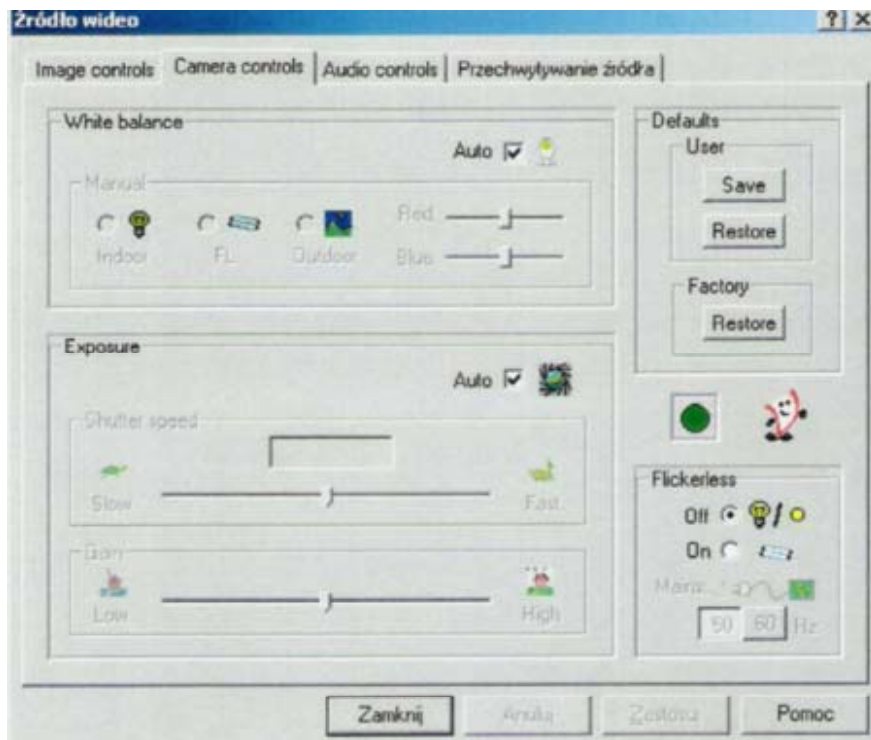


É igualmente importante salvar o número de frames capturados por segundo ('**Frame rate**') para 5 e desmarcar todas as caixas brancas. Os selectores longitudinais '**Brightness**', '**Contrast**', '**Gamma**' e '**Saturation**' podem permanecer inalterados. Logo que tenhamos feito isto, temos de passar para a pasta '**Camera controls**', cujo aspecto é o seguinte:

- Para a Philips Vesta:



- Para a Philips ToUcam:




Estas caixas de diálogo são de extrema importância porque é aqui que ajustaremos os parâmetros de trabalho da webcam para o objecto que pretendemos fotografar. Para começar, temos de desligar ao parâmetros default desactivando as caixas '**Auto**' nas áreas '**Exposure**' e '**White Balance**' (ToUcam). Temos de escolher um dos padrões para '**White Balance**', embora nenhum deles seja o melhor para astrofotografia. Parece que as cores serão menos afectadas se escolhermos o botão **FL**, sendo uma boa ideia experimentar as outras opções para comparação. Seleccionamos também a opção '**Off**' na caixa '**Flickerless**'.

Restam os dois selectores mais importantes: '**Shutter speed**' e '**Gain**'. O primeiro é usado quando não realizamos exposições longas, como para fotografar a Lua. Mover o selector ao longo da barra altera o tempo durante o qual a webcam recebe luz, por outras palavras, aumentamos ou diminuimos a quantidade de luz registada na imagem. Quanto mais rápida ('**faster**') for a captação de luz, mais escura será a imagem. Ao movermos o selector para o extremo direito não veremos qualquer imagem, mas apenas um frame negro. Quando fazemos imagens de exposição longa com uma webcam adaptada, a posição deste selector não é importante, sendo no entanto aconselhável movê-la para a ponta esquerda.

O outro selector ('**Gain**') estabelece a amplificação do sistema electrónico que transforma a luz em sinais eléctricos. Quanto maior a amplificação (selector para a direita), maior a sensibilidade da webcam e mais clara a imagem, mas também maior o

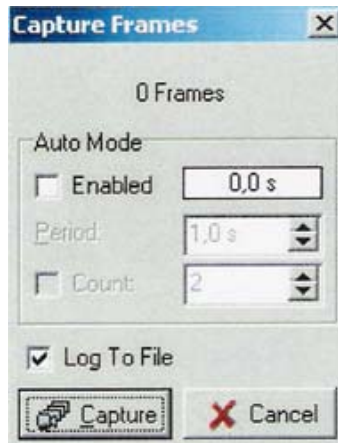
sinal de ruído. A posição óptima deste selector depende do objecto que queremos fotografar. Obter imagens de objectos brilhantes (como a Lua, as estrelas ou enxames globulares), permite-nos trabalhar com amplificações não muito fortes (com o selector posicionado entre 0 e $\frac{1}{2}$) reduzindo assim o nível de ruído e mantendo ao mesmo tempo a luminosidade da imagem num nível suficiente. Se, no entanto, estivermos a fotografar objectos muito ténues (galáxias ou nebulosas) então seleccionar uma baixa amplificação pode resultar em não obter nenhum registo. Neste caso temos que aumentar a amplificação, tendo em mente que será necessário realizar muitos mais frames para compensar o aumento de ruído.

Quando tivermos estabelecido os parâmetros desejados, podemos fechar a caixa de diálogo e voltar à janela principal do K3CCDTools. Agora necessitamos de obter foco. Se não conseguirmos ver a imagem da webcam no ecrã, pressione o botão de preview . Se depois de o pressionar continuar a não ver a imagem, tente acender uma luz em frente do telescópio ou da lente – talvez não se veja a imagem por esta estar demasiado escura. É bastante difícil obter foco com imagens do céu porque as imagens são muito escuras e se o foco estiver longe do ponto correcto (e quase sempre está à primeira vez), não conseguiremos ver nenhum corpo celeste (além da Lua). Esta é uma razão comum de insucesso nas primeiras vezes que se tenta fotografar o céu com uma webcam. Deveremos adoptar a regra de tentar estabelecer o foco a partir de uma luz brilhante afastada de nós (no mínimo 100 metros mas quanto mais longe melhor). Embora procuremos um lugar de observação longe das luzes citadinas, um candeeiro afastado de nós mostrar-se-á como uma ajuda para acertarmos o foco. Enquanto fazemos isto não utilizamos longas exposições, usando a barra '**Shutter speed**' para acertar a luminosidade correcta das imagens. Lembre-se que a imagem não pode ficar muito clara – saturada – porque a configuração será inadequada. Apenas quando a imagem do candeeiro estiver realmente definida poderemos mover a câmara para um objecto brilhante do céu, a Lua, um planeta, ou uma estrela brilhante e acertar o foco para a sua posição final. É importante escolher um objecto brilhante para este propósito porque assim não necessitaremos de usar exposições longas, conseguindo ver as alterações feitas na focagem de forma imediata. Bastará que, depois de mexermos no controlo do foco, esperemos um momento para os equipamentos deixarem de vibrar e a imagem estabilizar.

Quando a imagem estiver definida, podemos começar a adquirir imagens. Existem quatro formas através das quais podemos obtê-las:


1. Capturar Frames individuais

Quando clicar em  aparece uma caixa de diálogo



em que será registada uma imagem individual de cada vez que clicar em 'Capture'. Quando seleccionar 'Close' será gravado no disco um filme composto pelos frames capturados. Podemos também permitir a captura em modo automático seleccionando a caixa de verificação 'Enabled', estabelecendo o intervalo de tempo em que os frames devem ser capturados ('Period').

2. Capturar uma sequência de vídeo (realizar um filme à velocidade máxima)

Ao clicar em , o programa começará a registar um filme à velocidade (i.e. 5 frames/s) que estabelecemos anteriormente na opção 'Image Controls' da janela 'Video Source'. Para interromper a gravação é necessário efectuar duplo clique no rato.

3. Temporizador de captura de sequência vídeo (grava uma sequência de vídeo num intervalo de tempo predefinido)


Se clicar  aparece a seguinte janela:

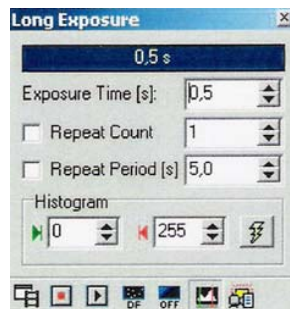





onde pode estabelecer a duração de um filme ('Duration'), o que deverá ser o intervalo entre filmes subsequentes ('Period') e a quantidade de filmes que devem ser registados ('Repeat Count', seleccionando a caixa de verificação). Se

não seleccionar '**Repeat Count**' os filmes serão gravados à velocidade predefinida na opção '**Image Controls**' da janela '**Video Source**'.

4. Exposição Longa

Quando se clica em , aparece uma janela onde poderemos controlar o trabalho da webcam enquanto se realizam as exposições de longa duração:



Aqui podemos também estabelecer o tempo de exposição. Começando com 0,5s e passos adicionais de 0,5s, ou podemos indicar que queremos realizar uma determinada quantidade de imagens, conforme definido em '**Repeat Count**', ou ainda obter as imagens separadas do intervalo de tempo definido na caixa '**Repeat Period**' (caso contrário as imagens serão adquiridas sucessivamente). O botão '**Preview**'  mostra a previsão dos frames capturados enquanto o botão '**Record**'  inicia a gravação do filme e os frames individuais podem ser capturados através de um clique no botão '**Single Exposure**' .

Usaremos esta janela de uma forma frequente quando quisermos fotografar estrelas e objectos nebulares. Teremos de nos lembrar da necessidade de ligar o cabo adicional da webcam à porta paralela do computador e, na antiga Phillips Vesta, mover o interruptor situado no corpo da câmara para o lado direito.

Finalmente vem a tarefa mais importante: descobrir o objecto e situá-lo no centro do campo de visão da webcam. Se a câmara estiver acoplada ao telescópio, podemos usar um buscador. Se estivermos a usar a webcam com uma lente apoiada num tripé fotográfico, infelizmente não teremos um buscador à nossa disposição e será necessário apontar a webcam para a vizinhança do objecto que procuramos, olhar ao longo da lente e tentar orientar todo o conjunto na direcção do eixo do objecto. Será uma boa ideia praticar este método durante o dia ou ao entardecer apontando às luzes da rua. Para termos a certeza que o objecto já se encontra no campo de visão da webcam, podemos comparar a imagem obtida com um mapa do céu. Se o objecto a fotografar for nebuloso será aconselhável estabelecer uma maior amplificação do sinal (o selector '**Gain**') enquanto estivermos a apontar o telescópio, graças à qual iremos

ver objectos mais ténues numa única exposição. Quando a lente estiver apontada, voltamos a diminuir a amplificação para reduzir o ruído.

Quando fazemos o registo de imagens, acabamos sempre por guardar um grande número de frames, quer estejamos a fazer exposições curtas ou longas. Esta é uma regra fundamental quando se trabalha com uma webcam porque a dição de vários frames reduz significativamente o ruído da imagem final, além de permitir obter imagens de objectos tão ténues que seriam quase invisíveis num frame único.

Antes ou depois de gravar um filme do objecto pretendido, torna-se necessário realizar o **'dark frame'** (registar a imagem vista pela câmara sem que seja sujeita à luz, cobrindo a boca do telescópio). Esta imagem tem de ser gravada utilizando exactamente as mesmas opções adoptadas para as outras imagens normais. Devem ser feitos vários **'dark frames'** e, subtrair a média destes da imagem original, permitirá eliminar algum do ruído causado pelo aquecimento dos componentes electrónicos da câmara, uma vez que esta não possui sistema de arrefecimento. Numa imagem sem esta correcção, o ruído será visível na forma de pixéis quentes – pontos luminosos que não são estrelas.

Depois de salvarmos as imagens e os **'dark frames'** é ainda necessário algum trabalho – adicionar as exposições individuais, obter o dark médio, subtraí-lo às imagens e muitas outras operações que contribuem para retirar o máximo de informação possível dos dados que obtivemos. Felizmente podemos fazer todo este processamento confortavelmente sentados à secretária.

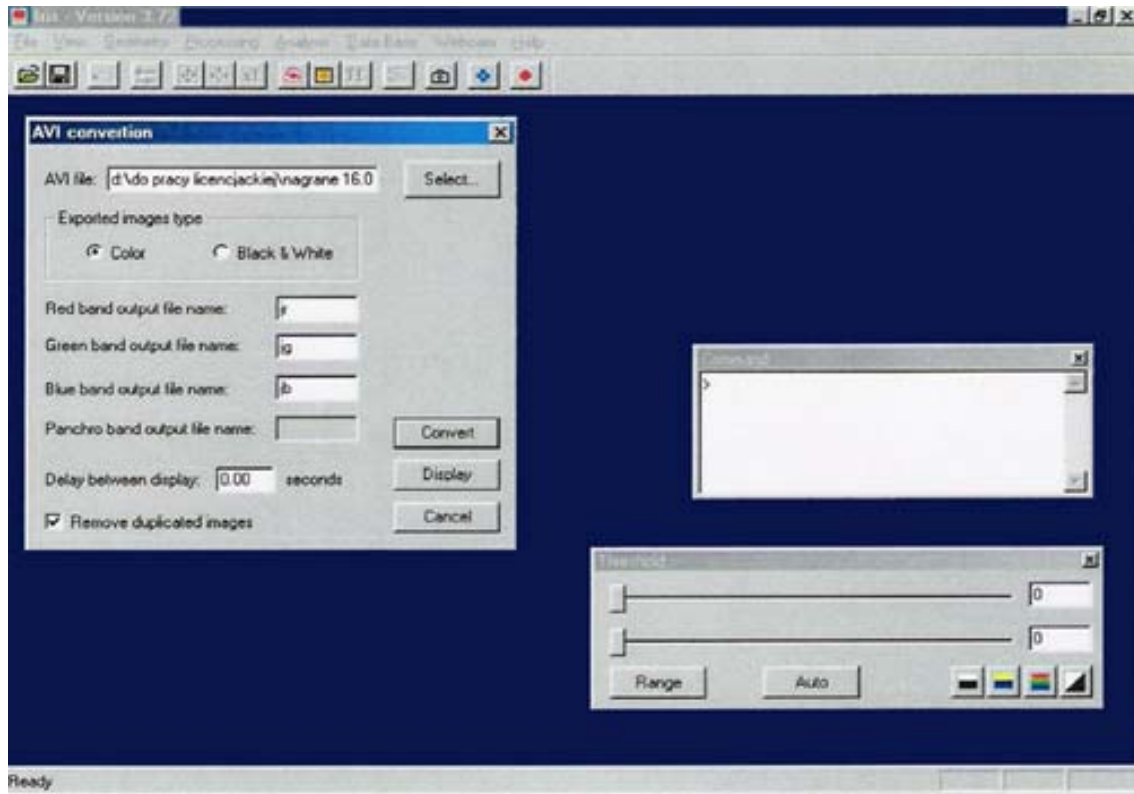
8. Iris – processamento de imagem

Depois de se obter uma boa série de imagens é necessário processá-las digitalmente. Graças a este procedimento, o resultado final poderá ser incomparavelmente melhor que o original. Existem muitos programas que reduzem o ruído, somam frames e corrigem a cor. Para processar as imagens obtidas usaremos o programa Iris. A janela principal do programa apresenta-se da seguinte forma:



Podemos salvar os ficheiros como frames individuais, ou como seqüências completas de vídeo no formato *.avi. Para aprender mais sobre como e porquê o processamento pode melhorar a qualidade das nossas imagens recomendamos um excelente artigo de Grzegorz Wrochna "CCD image enhancement techniques for high noise devices" (http://ccd.astronet.pl/en/papers/ccd_tech.pdf).

A primeira coisa a fazer é converter o ficheiro *.avi. Insere-se o caminho para a directoria de trabalho no menu **'File'**, na secção **'Settings'** e escolhe-se **'File type = FIT'**, caso não esteja já seleccionado. Para converter o ficheiro é necessário escolher a conversão 'avi' no menu **'File'** e fornecer o nome do ficheiro *.avi a converter: nome.avi; ainda na mesma caixa de diálogo escolhe-se o tipo de imagens exportadas como Cor (**'Colour'**) ou Preto e Branco (**'Black and White'**). No primeiro caso tem de fornecer nomes genéricos para os ficheiros de cada uma das bandas de cor, vermelho (red), verde (green) e azul (blue), no caso de imagens de Júpiter, poderia perfeitamente ser jupr, jupg e jupb. Para imagens a preto e branco torna-se necessário: providenciar a banda pancromática para o ficheiro final (por exemplo i); definir o atraso entre visualização=0.00 segundos e por último, a opção **'remove duplicate images'** deve estar activada. Agora clique em **'Convert'**. Surgirá uma nova janela onde, após a conversão, nos será dado o número de frames em boas condições, por exemplo, 99. Na directoria de trabalho existirão então 99 ficheiros designados por: i1.fit, i2.fit...i99.fit.



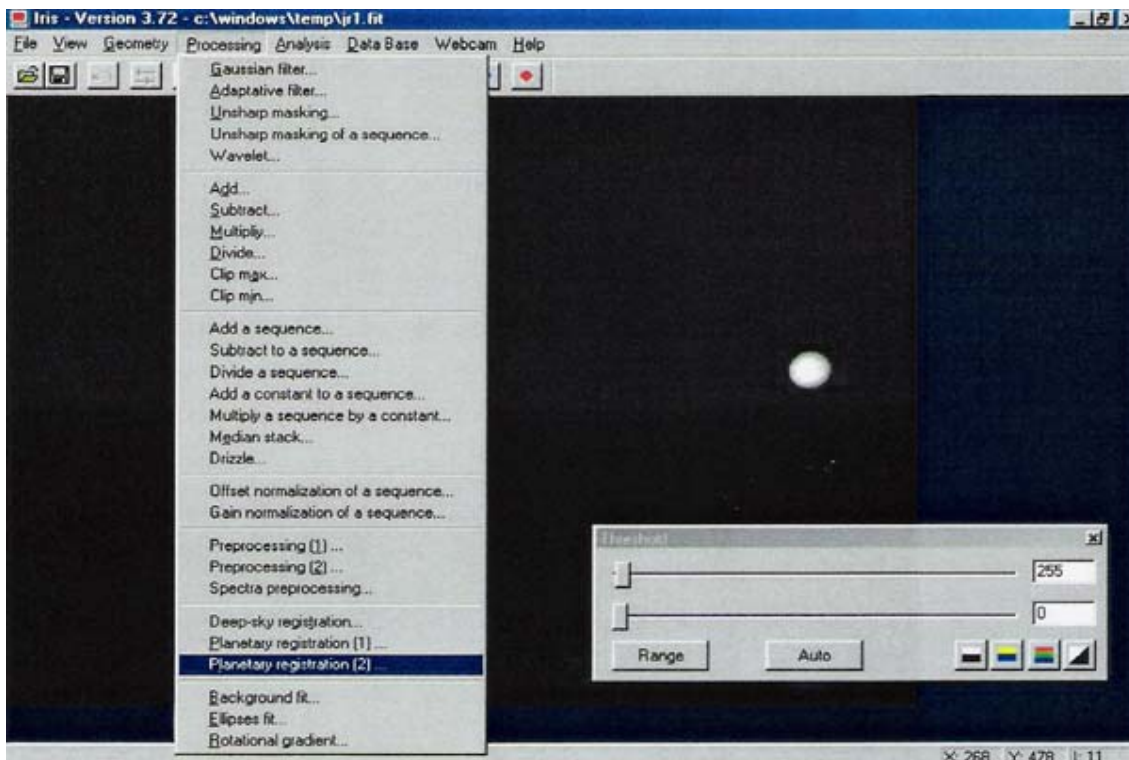
8.1 Preparando o dark frame

Registe uma sequência de cerca de 100 frames com o telescópio tapado e atribua-lhe o nome dark.avi. Converta-o para o formato FIT (como descrito). Na janela de comando escreva: `smedian 2 i 99; save dark`. O comando `smedian 2` adiciona até 99 ficheiros, calculando a sua média. A média ignora os números extremos, eliminando assim diversos efeitos parasitas. O comando `save` guarda o resultado na directoria de trabalho no formato FIT, neste caso como dark.fit.

8.2 Pré processamento

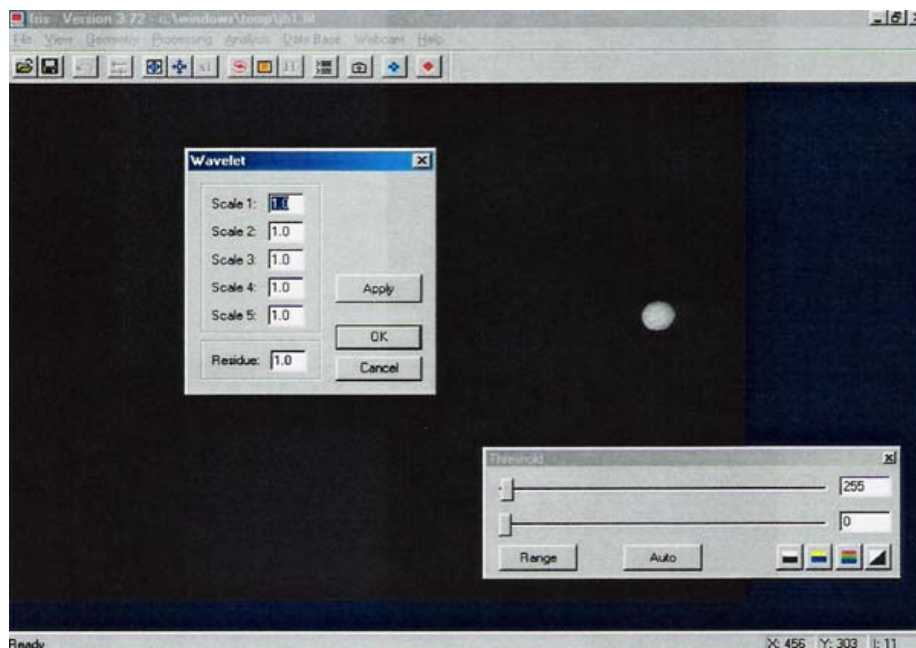
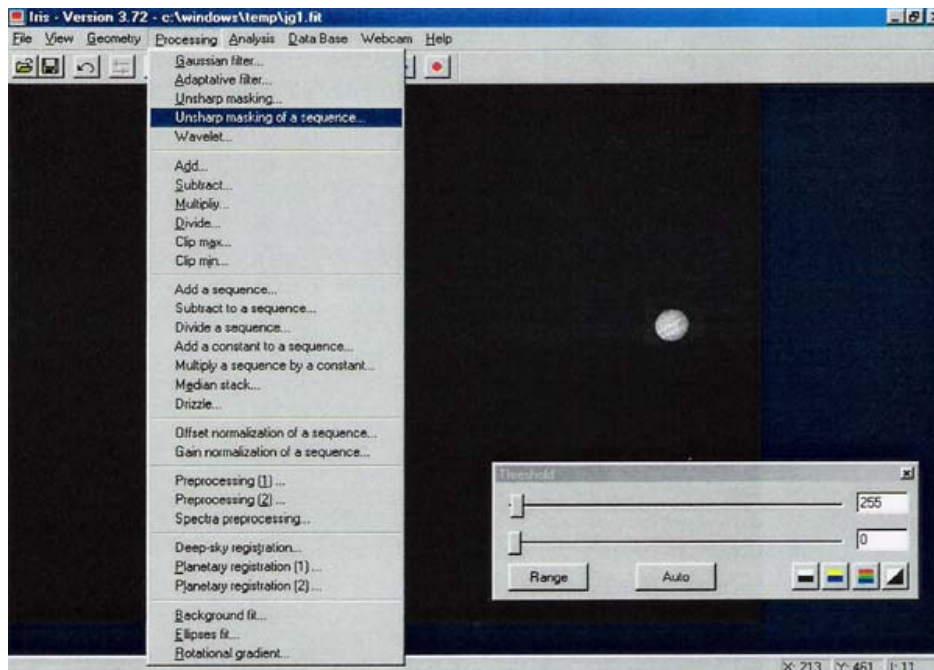
Salve uma sequência de, por exemplo, 100 frames contendo um objecto interessante como o ficheiro stars.avi. Converta-o para o formato FIT (como mencionado acima). Na janela de comando escreva: `sub2 and dark s 0 99`. O comando `sub2` subtrairá o ficheiro dark.fit a todos os frames de imagem e guardará o ficheiro resultante como `s*.fit`. No final, o último frame será deixado no ecrã – `s99.fit`. Adicione-lhe o primeiro frame `s1.fit` com o comando `add s1`. Se tivermos fotografado com uma lente estática (ou não tivermos alinhado devidamente os eixos da montagem), as imagens das estrelas no primeiro e último frames não se sobreporão. Escolha uma estrela brilhante e desenhe um rectângulo que contenha ambas as imagens. Digite `register s r 99`. O comando `register` move o frame `s*`, por forma a que a imagem da estrela fique no mesmo local que em todos os resultantes `r*` frames. Adicionamos todos os frames resultantes: `add_norm r 99` e salvamos o resultado no disco como stars.fit: `save stars`. É igualmente necessário cortar as pontas das imagens não uniformemente expostas devido ao facto dos frames terem sido movidos antes da adição: `window 5 10 590 470 save stars2`. Os números são as coordenadas `x1, y1, x2, y2` do canto inferior esquerdo e do canto superior direito.

8.3 Processamento gráfico



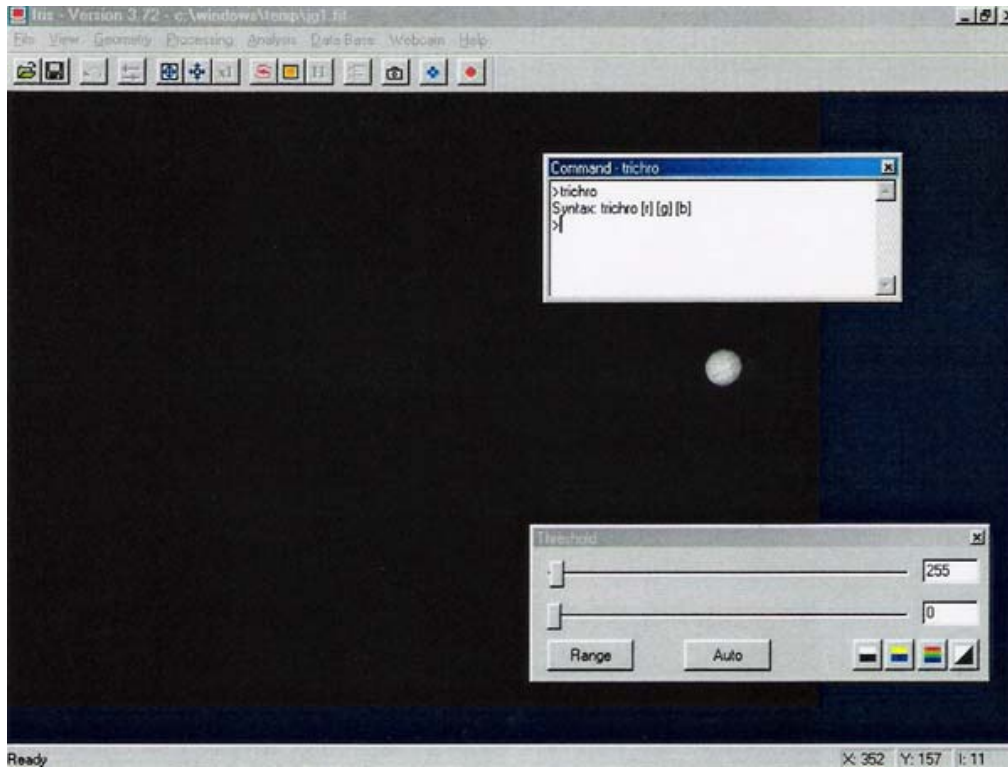
Use os cursores da janela **'Threshold'** para definir o limiar inferior por forma a cortar a maior parte do ruído e o limiar superior para obter o contraste desejado. Pode tentar os filtros nos menus **'View'** e **'Processing'**. Guarde o resultado como um ficheiro bitmap stars.bmp: savebmp stars.

Se não estiver satisfeito com o resultado, pode utilizar a função **'unsharp masking of a sequence'**, a qual aumentará a qualidade da imagem.



Se quiser aumentar a qualidade da imagem, pode também utilizar filtros constantes da barra de ferramentas. Recomenda-se a utilização de alguns (e.g. Gaussian Filter), fazendo comparação de resultados. Wavelet é uma função muito útil que extrai da imagem a informação acerca dos detalhes de uma escala predefinida na própria imagem.

Quando tiverem sido utilizadas todas as possibilidades para melhorar a qualidade da imagem, podemos juntar os canais individuais após a adição de todos os frames em cada canal. Para juntá-los digite: trichro [red] [green] [blue].



9. Exemplos de resultados

Júpiter



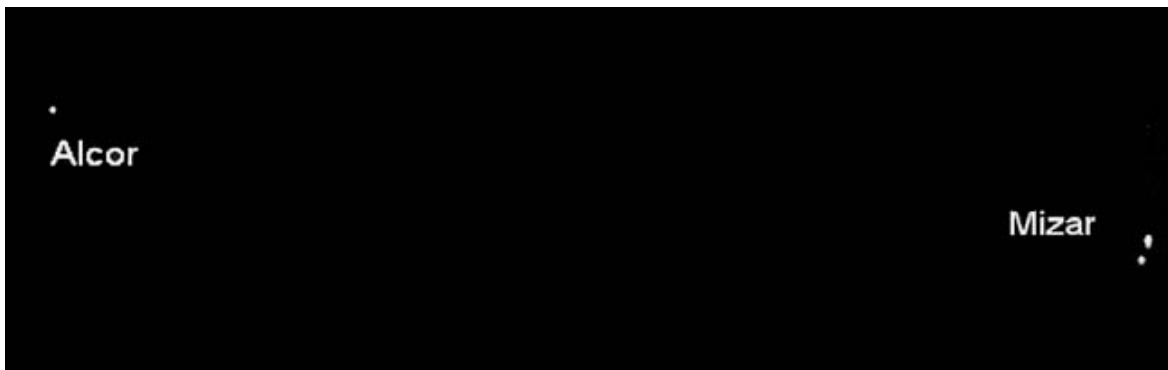
Imagem de Júpiter obtida em 16.04.2003 cerca das
21h00

Saturno



Imagem de Saturno obtida no mesmo dia cerca das
21h30

Alcor e Mizar



As estrelas Alcor e Mizar fotografadas cerca das 22h00

Cabeleira de Berenice (Coma Berenices)



A qualidade das imagens pode ainda ser melhorada com o recurso à utilização de programas gráficos. Dois programas úteis são o PaintShop Pro, disponível na Internet em <http://www.jasc.com> e o Gimp, a partir de <http://www.gimp.com>.

A imagem apresentada de Júpiter, preparada com base no mesmo filme que as imagens das páginas anteriores, mostra o quanto pode ser feito com uma imagem. Os resultados finais dependem apenas de nós e do nosso sentido artístico.

Aqueles que já se iniciaram na aventura de utilizar a webcam para fotografar os atractivos objectos celestes, não necessitam de parar após a aquisição de uma dúzia de imagens impressionantes. Os investigadores mais avançados podem começar a seguir o percurso de planetóides. Os que quiserem tomar parte de um verdadeiro

projecto de pesquisa científica são convidados a auto desafiarem-se a utilizar programas de monitorização de estrelas variáveis. As observações de curvas de luz, mesmo de estrelas bem conhecidas, são muito úteis para os astrónomos profissionais. Não podemos igualmente excluir a possibilidade de descobrir uma brilhante estrela em final de vida (uma nova) ou o halo circundante de uma fulguração gama. Existe um impressionante número de fascinantes fenómenos ao alcance de uma webcam.

10. Empresas de Astronomia na Internet

:: Astrofotoportugal

<http://www.astrofotoportugal.com/>

:: BrighStar

<http://www.bstar-science.com/>

:: Galáctica Espaço M51

<http://www.gem51.com/>

:: Loja da Ciência - Museu de Ciência

<http://www.museu-de-ciencia.ul.pt/mc/loj>

:: Perseu Unipessoal

<http://www.perseu.pt/>

N.T. – Por razões práticas, suprimiram-se aqui as referências do documento original a lojas Polacas, considerando-se de maior interesse a referência às lojas portuguesas.

11. Software útil

:: K3CCD Tools

<http://www.pk3.org/Astro/software.htm>

:: AstroVideo

<http://www.ip.pt/coaa/astrovideo.htm>

:: Iris

<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

:: AstroSnap

<http://astrosnap.free.fr>

:: Cartes du Ciel

<http://www.stargazing.net/astropc/>

:: Starry Night

<http://www.starrynight.com/>

:: Sky Map

<http://www.skymap.com>

12. Bibliografia

N.T. – Suprimiram-se as referências bibliográficas por respeitarem todas a endereços de sites polacos. Para o interessado, aconselha-se a consulta do documento original disponível nos recursos do Eu-Hou.

APÊNDICE: IRIS (v3.81) – comandos seleccionados

N.T. – A versão actual (Janeiro 2006) deste software é a versão 5.20. Aconselham-se todos os utilizadores a descarregarem os ficheiros de ajuda e lista de comandos disponibilizados no endereço indicado no ponto 10. Alguns dos comandos da versão actual podem mostrar-se ligeiramente diferentes dos aqui apresentados.

Termos e expressões

- imagem actual = a imagem apresentada no ecrã
- T_ - Comandos tricolor que trabalham em simultâneo em grupos de três de ficheiros: R.fit, G.fit, B.fit, contendo os componentes vermelho, verde e azul.
- Nomes específicos (e.g. saturn.fit) devem ser substituídos pelos nomes em itálico (e.g. *file*.fit)

Ler a partir do disco e salvar

- **LOAD [file]** – carrega e mostra a imagem do ficheiro indicado - file.fit
- **SAVE [file]** – salva a imagem actual num ficheiro - file.fit
- **SAVEBMP [file]** – alva a imagem actual com o formato bmp – file.bmp
- **T_COPY [in_R] [in_G] [in_B] [out_R] [out_G] [out_B] [N]** – copia o número de vezes [N] os ficheiros in_R{i}.fit para out_R{i}.fit, etc.

Visualizar

- **STAT** – informação estatística acerca da imagem actual
- **VISU [t2] [t1]** – mostra a imagem actual, estabelecendo os níveis treshhold em t1 e t2
- **TRICHRO [R] [G] [B]** – mostra uma imagem a cor nos componentes R.fit, G.fit B.fit
- **BLINK [file1] [file2] [ms]** – mostra sequencialmente os ficheiros file1.fit e file2.fit a cada ms, milissegundos.
- **BLINK [file1] [file2] [file3] [ms]** – tal como o antecedente, ma com três ficheiros
- **BLINKOFF** – desactiva a função Blink

Adicionar imagens

- **ADD [file]** – adiciona o ficheiro file.fit à imagem actual
- **ADD_NORM [file] [N]** – adiciona o número N de ficheiros file{i}.fit e ordena-os, eliminando a saturação excessiva
- **SMEDIAN2 [file] [N]** – executa a média de N ficheiros file{i}.fit
- **COMPOSIT [file] [sigma] [iter] [satur] [N]** – adiciona o número N de ficheiros file{i}.fit, descartando os valores diferentes por desvios sigma standard; iter= número de interações, satur= 1 elimina a saturação
- **T_ADD [R] [G] [B] [N], T_SMEDIAN [R] [G] [B] [N], T_COMPOSIT [R] [G] [B] [sigma] [iter] [satur] [N]** – versões tricolor do ponto anterior

Subtracção e Multiplicação

- **MULT [c]** – multiplica a imagem actual pelo número real c
- **MULT2 [file] [N]** – multiplica N ficheiros file{i}.fit pelo número real c
- **T_MULT [c_R] [c_G] [c_B] [N]** – para i=1...N, r{i}.fit=r{i}.fit* cr,etc
- **SUB [file] [c]** – subtrai file.fit da imagem actual e adiciona o número real c

- **SUB2 [in] [file] [out] [c] [N]** – para $i=1\dots N$ $\text{out}\{i\}.\text{fit}=\text{in}\{i\}.\text{fit} - \text{file}.\text{fit}+c$
- **T_SUB [R] [G] [B] [N]** – para $i=1\dots N$ $r\{i\}.\text{fit}=r\{i\}.\text{fit} - R.\text{fit}$, etc

Adicionar camadas

- **REGISTER [in] [out] [N]** – move as imagens $\text{in}\{i\}.\text{fit}$ de acordo com a estrela dentro do rectângulo desenhado com o rato; o resultado é dado em $\text{out}\{i\}.\text{fit}$
- **PREREGISTER [in] [out] [N]** – uma versão mais forte de **REGISTER**
- **RREGISTER [in] [out] [N]** – move e roda as imagens de acordo com as duas estrelas escolhidas no menu Analysis / Select objects
- **COREGISTER2 [in] [out] [N]** – move, roda e escala as imagens
- **COREGISTER [in1] [in2]** – move, roda e escala $\text{in2}.\text{fit}$ para adicionar a $\text{in1}.\text{fit}$
- **PREGISTER [in] [out] [box] [N]** – uma versão planetária de **REGISTER**, trabalha num quadrado com o lado de $\text{box}=128, 256$ ou 512 ; escolhe-se o centro desenhando um pequeno rectângulo com o rato
- **PREGISTER2 [in] [out] [box] [N]** – como o anterior, mas adapta a imagem $i + 1$ a i em vez da primeira
- **CREGISTER [in] [out] [threshold] [N]** – move e ajusta um círculo ao contorno com o valor de **threshold**. Escolha-o no meu View / Slice e desenhe um segmento contendo o diâmetro
- **FILE_TRANS [in] [out] [threshold] [N]** – move de acordo com o ficheiro SHIFT.LST, criado pelo comando prévio (pode ser modificado manualmente)
- **T_REGISTER [N], T_PREREGISTER [N] T_PREGISTER [N] T_CREGISTER [threshold] [N]** – versão tricolor do ponto anterior, trabalha nos ficheiros $r\{i\}.\text{fit}$, etc

Escolher imagens

- **BESTOF [file] [N]** – cria uma lista SELECT.LST e numera as imagens a partir da mais definida
- **SELECT [in] [out]** – rescreve os ficheiros $\text{in}\{i\}.\text{fit}$ em $\text{out}\{i\}.\text{fit}$ pela ordem de SELECT.LST
- **T_SELECT** – versão tricolor de SELECT, trabalha nos ficheiros $r\{i\}.\text{fit}$, etc

Cortar fragmentos

- **WIN** – corta um rectângulo com os cantos indicados com o rato
- **WINDOW [X1] [X2] [Y1] [Y2]** – corta um fragmento da imagem actual
- **WINDOW2 [in] [out] [X1] [X2] [Y1] [Y2]** – corta fragmentos das imagens $\text{in}\{i\}.\text{fit}$
- **WINDOW3 [box]** – corta um quadrado com o lado da $\text{box}=128, 256$ ou 512 , escolhe-se o centro desenhando um pequeno rectângulo com o rato
- **WINDOW4 [in] [out] [X1] [X2] [Y1] [Y2]** – como acima para uma série de imagens $\text{in}\{i\}.\text{fit}$

Comandos complexos

- **COMPUTE_TRICHRO1 [MASTER] [R] [G] [B] [box] [M] [N]** – uma mistura de PREGISTER, BESTOF (de acordo com MASTER, sendo conveniente assumir MASTER=G), SELECT (M de N imagens) e TRICHRO.. O resultado @r.fit, @g.fit, @b.fit
- **COMPUTE_TRICHRO1 [MASTER] [R] [G] [B] [threshold] [M] [N]** – como o anterior com CREGISTER