

CÂMARAS CCD REFRIGERADAS. A ETERNA BATALHA CONTRA O RUÍDO.

Pedro Ré

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

António Peres Gomes

peres.gomes@sapo.pt

As imagens CCD obtidas com o auxílio de uma câmara CCD refrigerada apresentam sempre, em maior ou menor grau, uma quantidade apreciável de ruído. Este ruído é no essencial proveniente: (i) da electrónica da câmara CCD; (ii) do sensor CCD; (iii) do processo de leitura do sensor CCD e (iv) do processamento digital das imagens.

O ruído presente nas imagens pode ser facilmente reduzido na maioria dos casos. Quanto mais baixa for a temperatura do sensor CCD menor será a quantidade de ruído presente nas imagens. De um modo geral, o ruído de uma imagem decresce 50% por cada 6 °C de refrigeração. Este só atinge valores negligenciáveis quando a temperatura do sensor for reduzida para valores criogénicos (-173 °C = 100 K). Na maioria das câmaras CCD, o *chip* só pode ser refrigerado até cerca de 35 °C abaixo da temperatura ambiente. Isto significa que o ruído é cerca de 1/64 menor do que o obtido sem refrigeração (Figura 1 e 2).

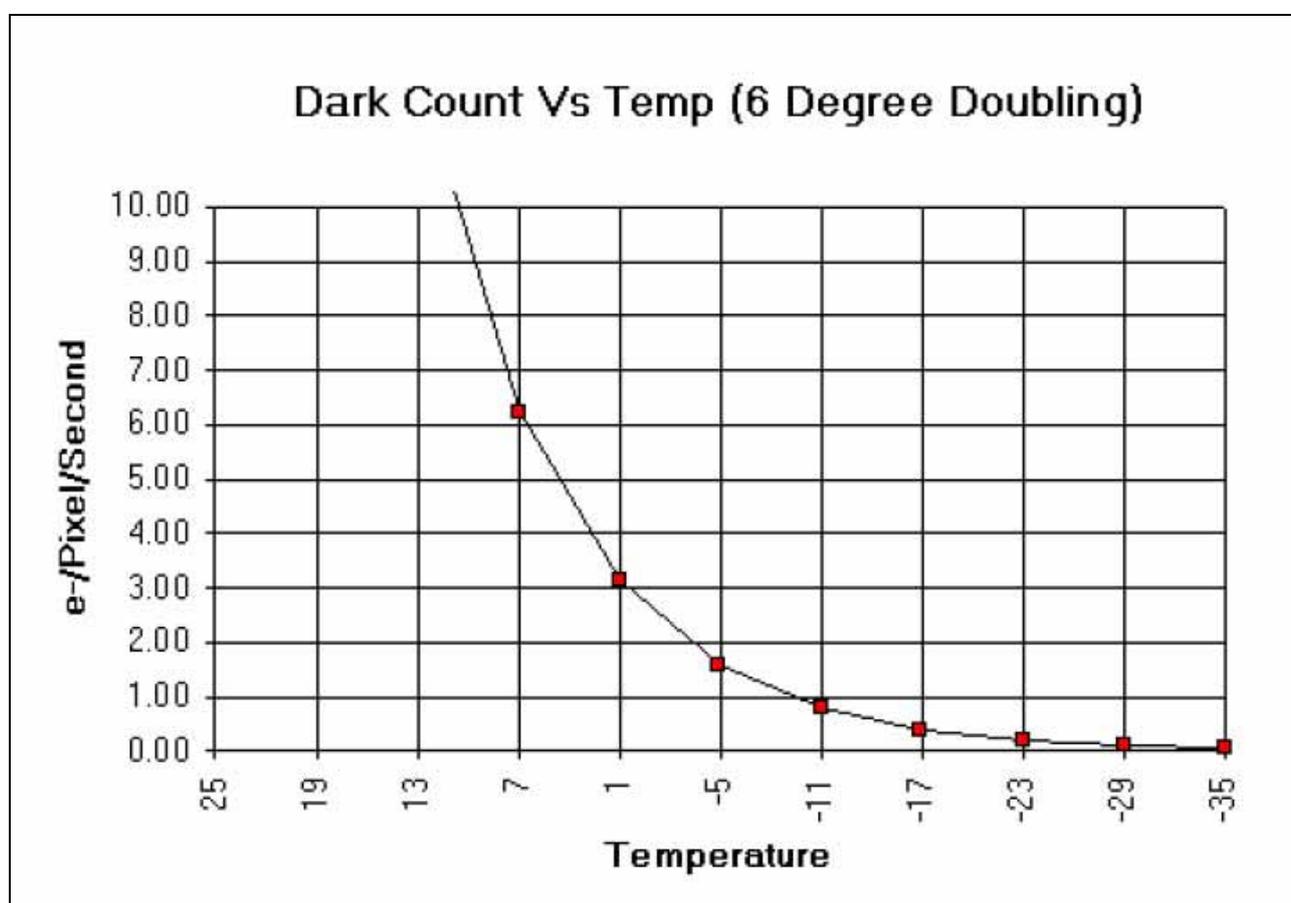


Figura 1- Diminuição do ruído de uma imagem CCD em função da temperatura do sensor. Fonte CCD University <http://www.ccd.com/ccd109.html>.

A relação sinal/ruído de uma imagem CCD pode ser definida como a razão entre o sinal e o ruído presentes na imagem. Habitualmente esta relação é difícil de determinar com rigor. As integrações longas apresentam sempre uma relação sinal/ruído melhor, uma vez que de um modo geral, o sinal aumenta mais rapidamente que o ruído (Figura 3). A combinação de imagens é um outro processo de melhorar a relação sinal/ruído. Isto significa que se podem obter imagens com um tempo de integração reduzido (1 a 5 min) que são posteriormente combinadas utilizando *software* adequado. Os melhores resultados são, no entanto, obtidos quando se combinam imagens com um tempo de integração mais longo do que o referido. Isto deve-se ao facto das imagens com estas características apresentarem uma relação sinal/ruído superior. A temperatura do sensor CCD é igualmente importante. Quanto mais baixa for a temperatura melhor será a relação sinal/ruído.

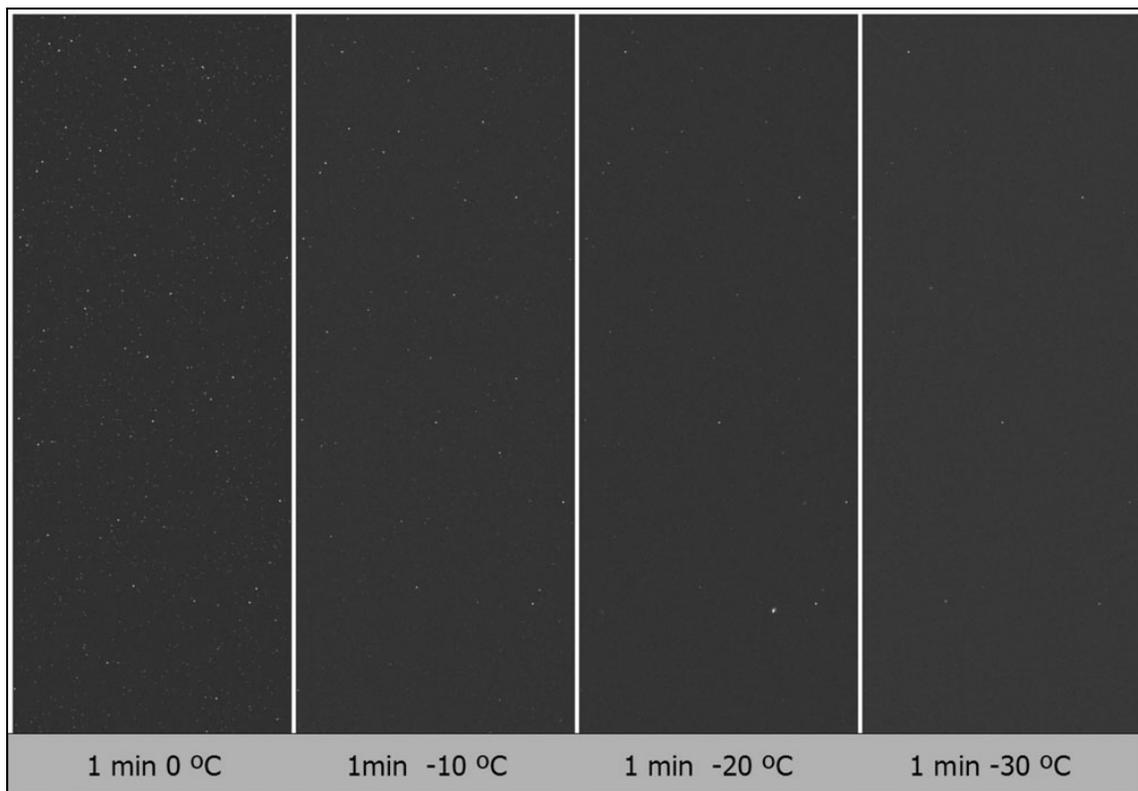


Figura 2- Mapas de corrente negra ou *dark current* obtidos a diferentes temperatura do CCD. O tempo de integração foi em todos os casos de 1 min. Câmara CCD SBIG ST-8XE. Luís Ramalho (2006).

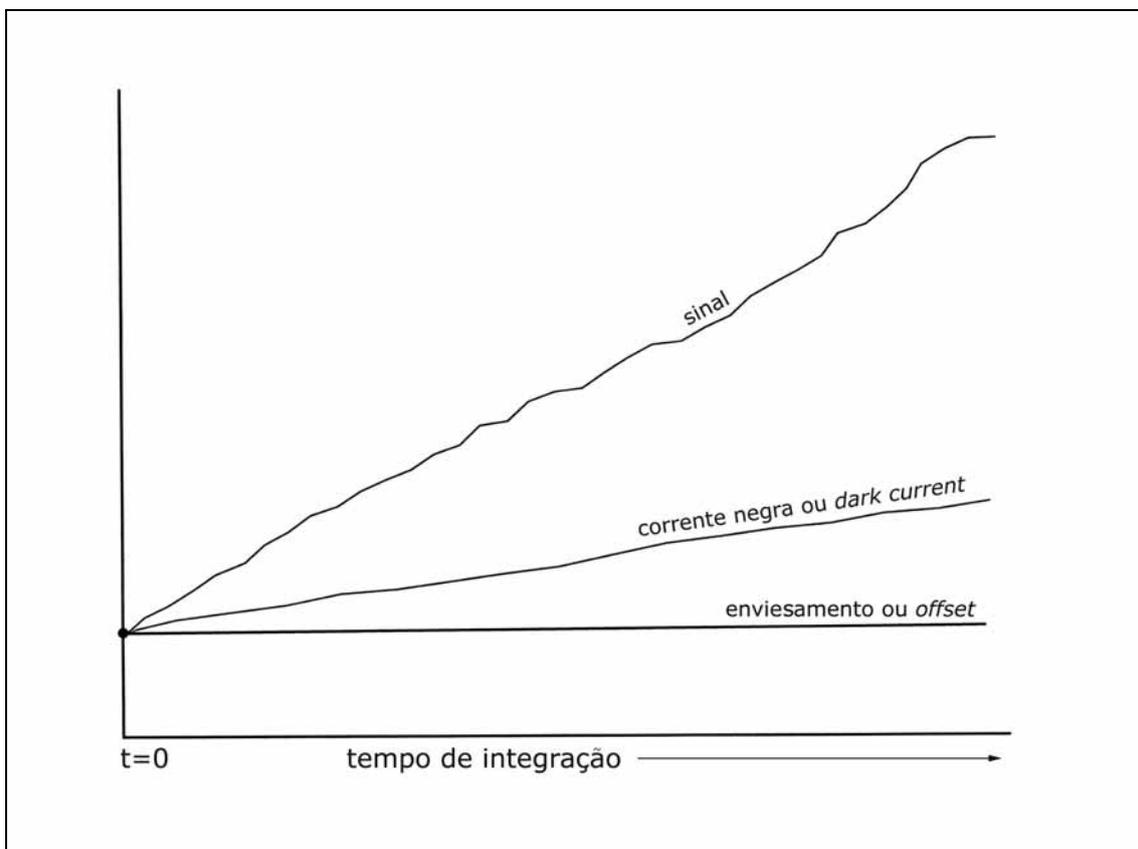


Figura 3- Relação entre o tempo de integração e a informação presente nas imagens CCD. As integrações longas apresentam sempre uma relação sinal/ruído mais elevada, uma vez que de um modo geral o sinal aumenta mais rapidamente que o ruído. Adaptado de Berry e Burnell (2000). *The handbook of astronomical image processing*. Willmann-Bell, Inc.

Por todos estes motivos é essencial refrigerar os sensores das câmaras CCD de um modo adequado para que o ruído presente nas imagens seja o mais baixo possível. Uma câmara CCD refrigerada é habitualmente constituída por um determinado conjunto de componentes que são essenciais ao seu funcionamento. Estes elementos são ilustrados na Figura 4.

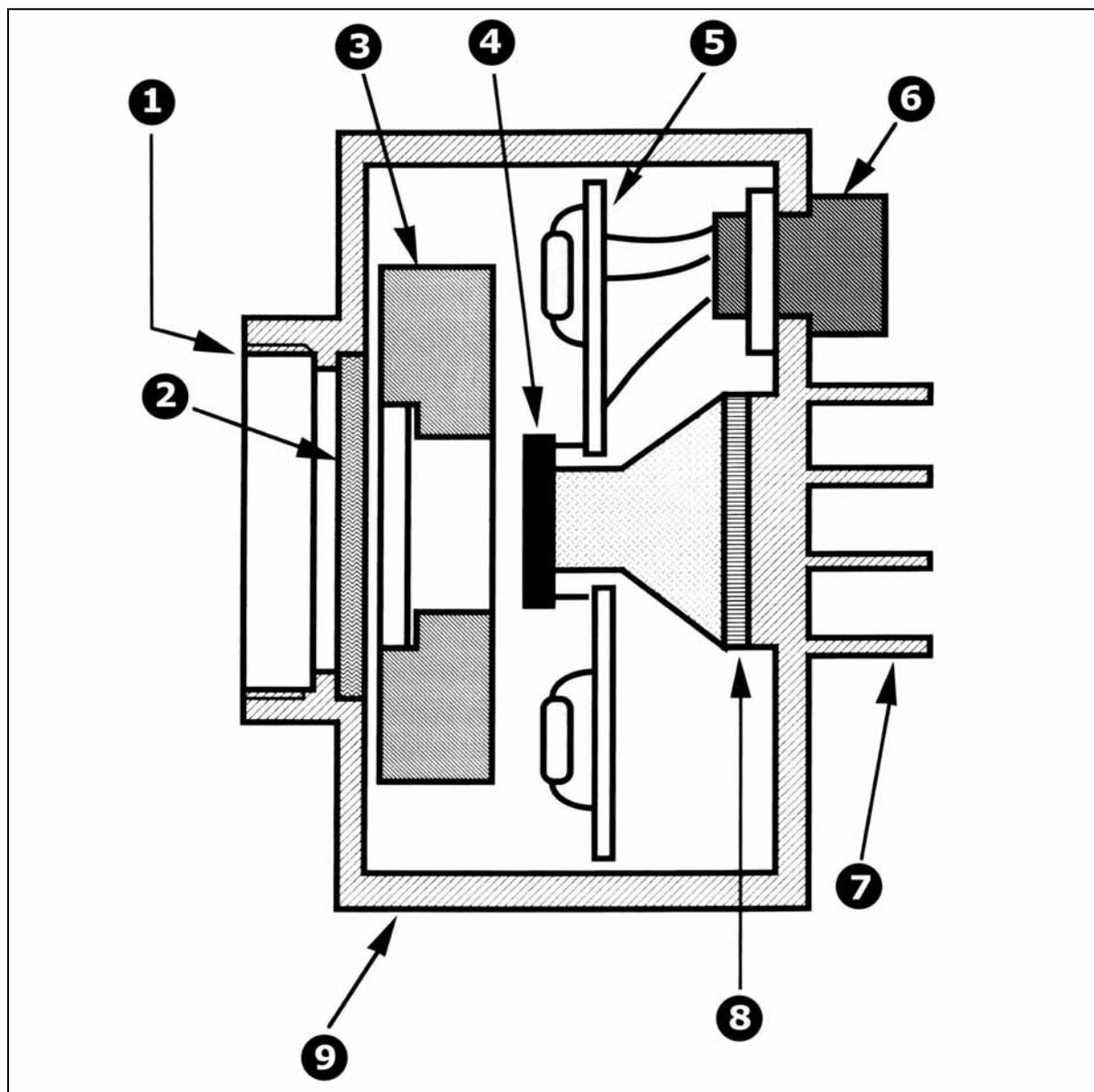


Figura 4- Constituição de uma câmara CCD refrigerada: 1- Adaptador standard (rosca M42), 2- janela óptica, 3- obturador mecânico, 4- sensor CCD, 5- circuito de pré-amplificação, 6- ficha de ligação estanque, 7- sistema de arrefecimento, 8- Peltier, 9- caixa estanque.

A maioria das câmaras CCD existentes no mercado (2006) permitem refrigerar o sensor até cerca de 35 °C abaixo da temperatura ambiente. Isto significa que os sensores CCD raramente são refrigeradas até temperaturas inferiores a - 40°C. Esta refrigeração é quase sempre assegurada por um sistema de 1 ou mais (2 ou 3) Peltiers.

Existe no entanto um processo muito simples que nos permite diminuir a temperatura do sensor da câmara CCD de um modo muito mais efectivo, recorrendo a um circuito de água refrigerada. Este sistema deve ser usado sobretudo quando as temperaturas ambientes são elevadas (primavera e verão). É sobretudo nestes períodos que se torna difícil refrigerar de um modo adequado as câmaras CCD se recorrermos somente ao efeito termoeléctrico dos Peltiers.

Algumas câmaras existentes do mercado (e.g. SBIG <http://www.sbig.com>) são equipadas com um sistema que permite fazer circular água previamente refrigerada numa câmara próxima do sensor CCD (Figura 5). Se recorrermos a este método podemos refrigerar de um modo muito mais eficiente a nossa câmara CCD com enormes vantagens na nossa eterna batalha contra o ruído. Torna-se assim possível refrigerar o detector electrónico até cerca de 45 °C abaixo da temperatura ambiente. Refrigerar o CCD a -20 °C durante uma noite quente de verão é deste modo uma tarefa muito fácil recorrendo a este processo.

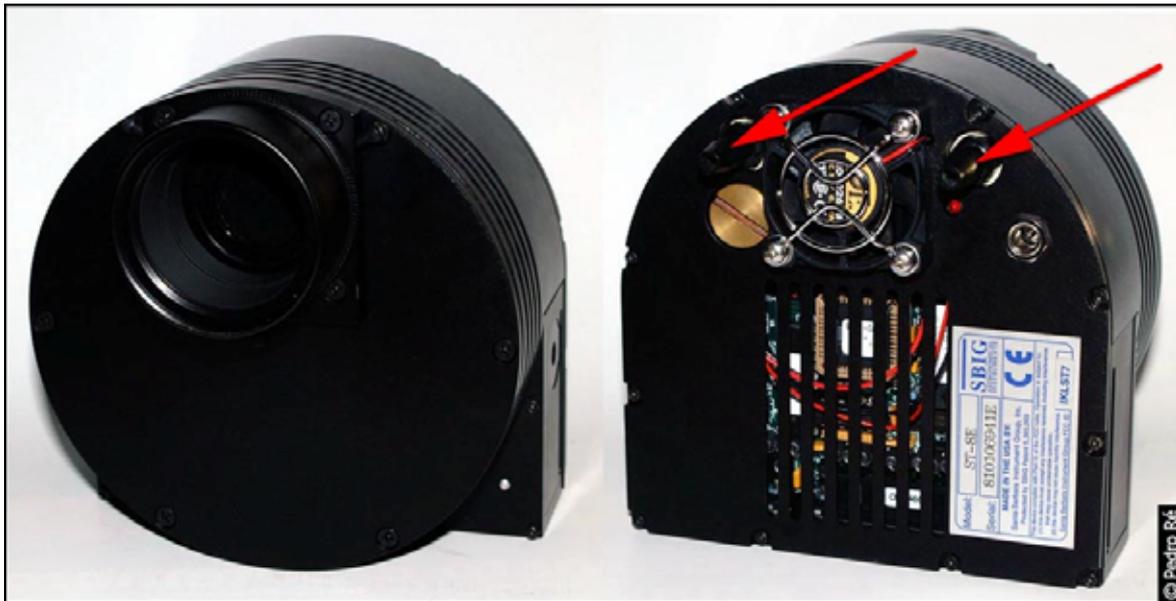


Figura 5- Câmara SBIG ST-8E. O sistema de circulação de água é indicado na imagem da direita. Pedro Ré (2003).

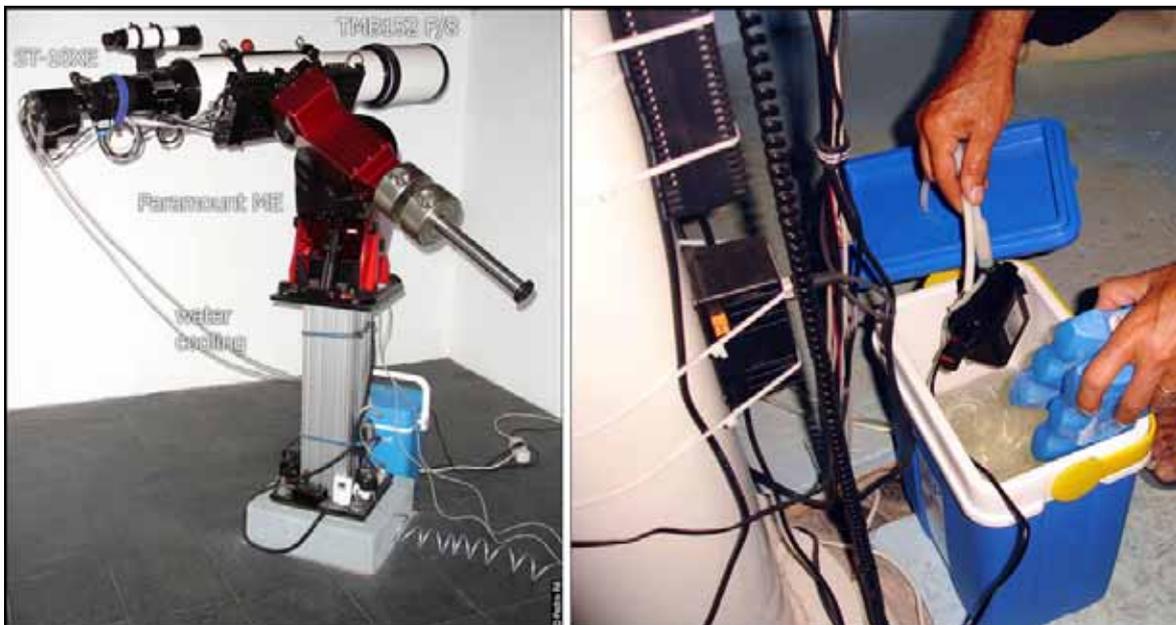


Figura 6- Sistema de refrigeração a água. Mala térmica transportável, termo-acumuladores, bomba submersível de aquário, câmara SBIG ST-10XE. Pedro Ré (2006).

Construir um sistema de refrigeração a água é uma tarefa extremamente simples. Na Figura 6 é ilustrado um destes sistemas. Consiste essencialmente numa mala térmica (com uma capacidade média 10 a 25 l) e uma bomba submersível para aquários além de alguns termo-acumuladores (5 a 10). A referida bomba deverá ter uma capacidade suficiente para poder elevar a água contida no recipiente até uma altura de pelo menos 1 a 1,5 m acima do solo (através dos tubos de plástico transparente com um diâmetro adequado – ca. 6 mm). A água de circulação idealmente deverá ter uma temperatura que ronde os 4 a 10 °C¹. Para tanto basta usar termo-acumuladores em número suficiente para que a temperatura não varie acima destes valores. A capacidade da mala térmica é um factor importante. Quanto maior for a sua capacidade mais efectiva é a refrigeração. No caso de se recorrer ao uso de uma câmara de pequena capacidade poderá ser necessário substituir os termo-acumuladores a meio de uma sessão de obtenção de imagens CCD. A utilização destes sistemas de refrigeração é uma enorme mais valia na nossa luta contra o ruído. Quando mais baixa for a temperatura do CCD menor será o ruído.

¹ Temperaturas muito baixas da água de refrigeração podem ser prejudiciais uma vez que promovem a formação de condensação no exterior da câmara e na janela óptica: Nota - A eficiência do sistema de refrigeração da câmara (*Peltiers*) mantém-se inalterada; a circulação de água refrigerada possibilita a manutenção de temperaturas do CCD que rondam os -20/-25 °C quando a temperatura ambiente atinge os 20 a 30 °C.