

# DAVID GILL (1834-1914) E O *CAPE PHOTOGRAPHIC DURCHMUSTERUNG* (CPD)

PEDRO RÉ

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

David Gill (Figura 1) nasceu em Aberdeen em 12 de Junho de 1834. Estudou na *Bellevue Academy* até aos 14 anos, tendo ingressado logo de seguida na *Dollar Academy*, um dos colégios internos mais antigos da Escócia (fundado em 1818). Estudou durante um período de dois anos na Universidade de Aberdeen (*Marischall College*) onde foi aluno e discípulo do matemático e físico teórico James Clerk Maxwell (1831-1879). Após ter terminado os estudos universitários, Gill ocupa-se durante algum tempo do negócio de família que consistia numa pequena fábrica de construção de relógios.

Em 1863 utiliza um pequeno telescópio portátil de passagens meridianas do observatório do *King's College* e adquire um reflector de 12" que pertencia ao mesmo observatório. Com o auxílio deste telescópio reflector, observa estrelas duplas e nebulosas, efectua algumas fotografias da Lua e tenta determinar paralaxes estelares. Em 1872 é contratado por James Ludovic Lindsay (1847-1913) para trabalhar no seu observatório privado, na altura equipado com os melhores instrumentos da época e situado em Aberdeenshire (Dun Echt). Realiza durante este período, diversas expedições científicas: (i) observação do eclipse total do Sol em Cadiz (1870); (ii) expedição às ilhas Maurícias para a observação do trânsito de Vénus (1874) e (iii) expedição de seis meses à ilha de Ascensão para a observação de Marte e de asteroides (1877).



Figura 1- David Gill (1834-1914).

Em 1879, Gill integra a equipa do observatório da Cidade do Cabo (África do Sul) onde permanece até atingir a reforma em 1907. Este observatório, fundado em 1820 pelo Reino Unido (*Royal Observatory, Cape of Good Hope*), era no essencial, uma instalação equivalente ao observatório de Greenwich (Reino Unido), localizada no hemisfério Sul (Figura 2).

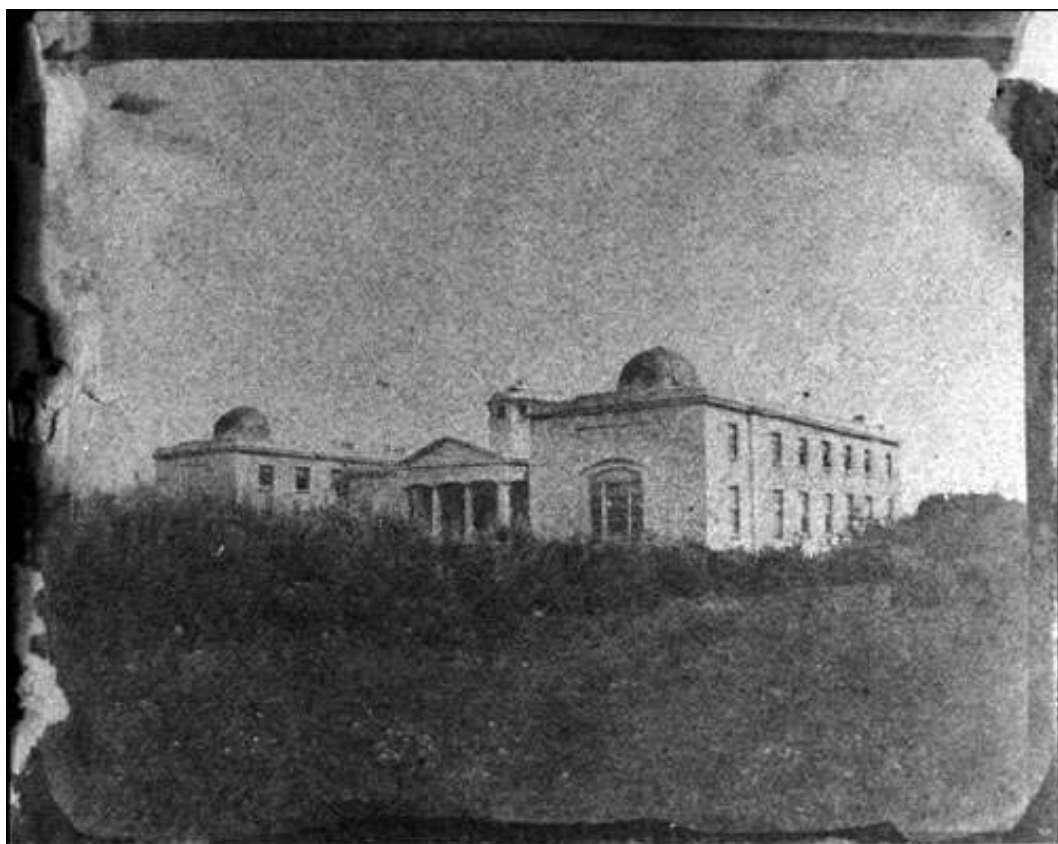


Figura 2- Observatório Real do Cabo, África do Sul (data desconhecida).

Quando Gill chega ao observatório do Cabo, depara-se com uma Instituição mal equipada e mal organizada. Os únicos instrumentos astronómicos existentes eram um círculo meridiano não reversível, um refractor de 7" de abertura e um fotoheliógrafo. O principal trabalho do observatório consistia na utilização do círculo meridiano para a determinação da hora.

Sob a direcção de David Gill, o observatório adquire diversos instrumentos novos, nomeadamente: (i) um heliómetro de 4"; (ii) um refractor de 6"; (iii) um fotoheliógrafo de 7" (Figura 3); (iv) um astrógrafo (Figura 4); (v) um telescópio zenital; (vi) um círculo meridiano reversível e (vii) um refractor de 24" (Victoria Telescope).

O fotoheliógrafo de 7" foi utilizado por Gill na determinação de sete paralaxes estelares que consistiram nas primeiras determinações rigorosas de distâncias efectuadas no hemisfério Sul. Efectuou igualmente uma determinação do paralaxe do asteroide Iris, o que conduziu à determinação da unidade astronómica com uma grande precisão ( $8.802 \pm 0.005''$ ), uma das mais elevadas até ao uso recente do radar.

Uma das principais contribuições de Gill tem lugar em 1882, quando realiza uma fotografia do grande cometa de 1882 (Figura 5). Gill, com a ajuda de um fotógrafo local, utiliza chapas secas (gelatino-brometo de prata) e regista um número muito elevado de estrelas no campo coberto pelo cometa. Surge assim pela primeira vez a ideia de realizar um extenso Atlas fotográfico do hemisfério Sul que designou de *Cape Photographic Durchmusterung* (CPD) e que surgiu no seguimento do Atlas *Bonner Durchmusterung* (BD) que se estendia unicamente até uma declinação de  $-18^\circ$  no Hemisfério Norte. A realização deste Atlas tornou-se possível com colaboração do Astrónomo Holandês Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922). Todas as chapas fotográficas foram estudadas e medidas na Holanda. A máquina usada para a medição das chapas foi igualmente concebida por Gill e Kapteyn. O *Cape Photographic Durchmusterung* (CPD) listava a posição e magnitudes de 454 875 estrelas do hemisfério Sul e foi publicado em 3 extensos volumes entre os anos de 1896 e 1900.

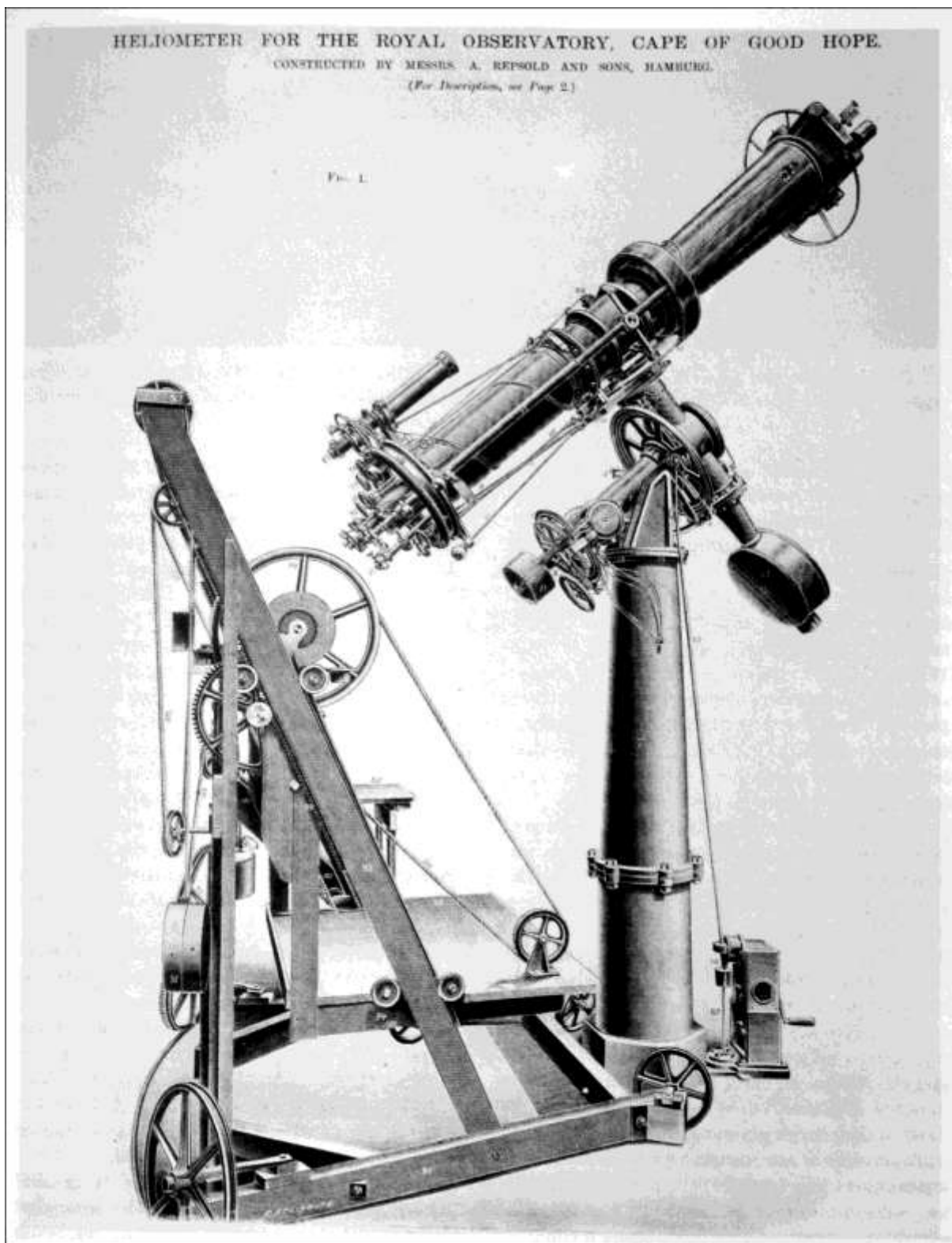


Figura 3- Fotoheliómetro de 7" (1887), Observatório do Cabo (África do Sul).

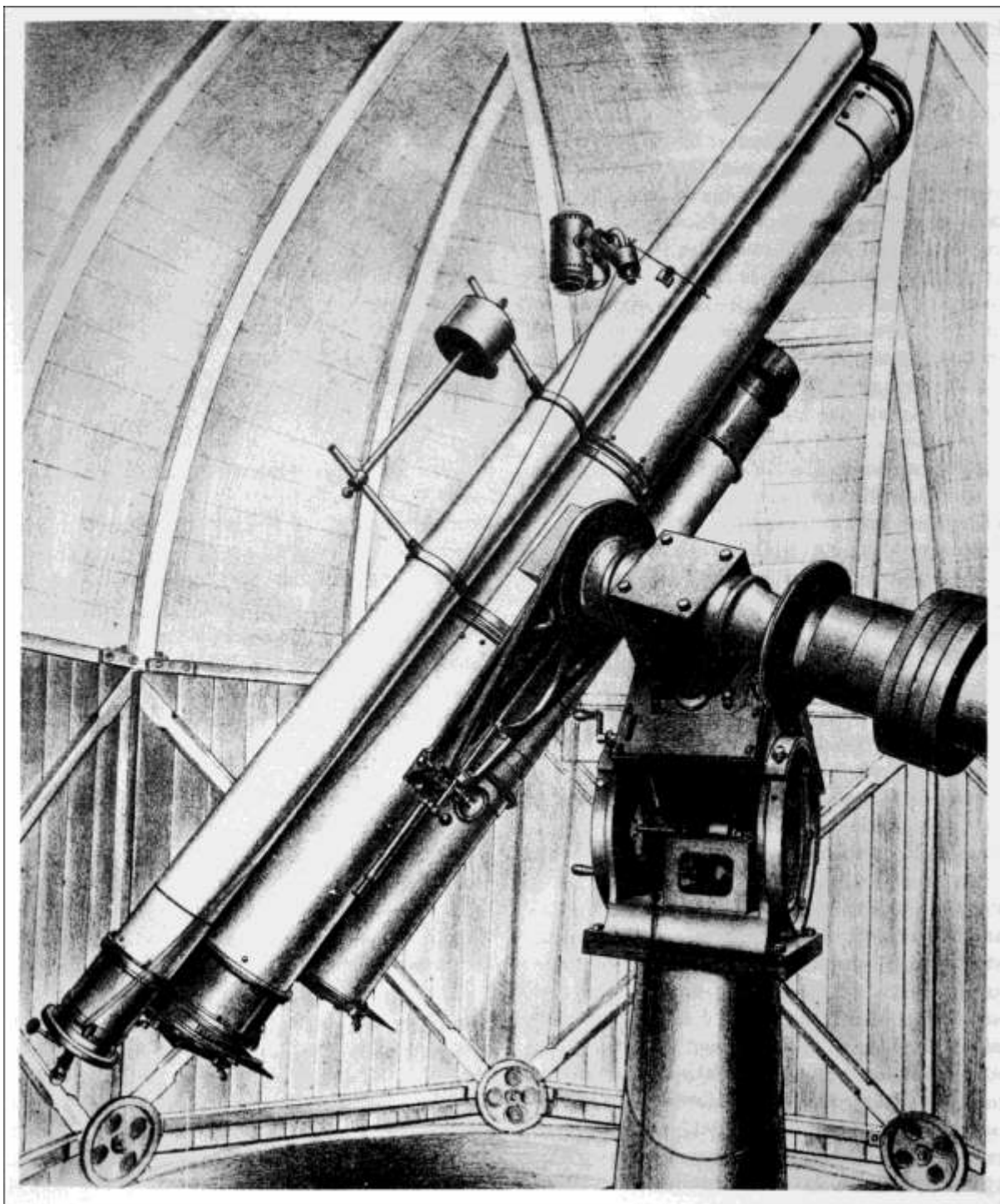


Figura 4- Astrógrafo utilizado por David Gill para a realização do *Cape Photographic Durchmusterung* (1886). A objectiva de 9" foi construída por Grubb sendo corrigida para fotografia. A objectiva de 6" (Dallmeyer) tinha uma distância focal inferior e era destinada à realização de fotografias com uma magnitude limite superior. A luneta de guiagem de 5" (Dollond) foi retirada de um círculo meridiano.



Figura 5- Fotografia do grande cometa de 1882 realizada por Gill no Observatório Real do Cabo em 7 de Novembro de 1882, com uma exposição 100 min. A fotografia revela uma cauda com  $18^\circ$  e estrelas até uma magnitude limite de 10. Foi precisamente esta imagem que estimulou a realização de catálogos fotográficos.

As primeiras astrofotografias realizadas por Gill no Observatório do Cabo chamaram a atenção dos irmãos Henry do observatório de Paris, que iniciaram em 1885 uma série de observações fotográficas coroadas de enorme sucesso. Em 1887, o director do observatório de Paris, Amédée Mouchez (1821-1892), organiza em Paris a primeira reunião internacional (*International Astrophotographic Congress*) do Projecto "*Carte du Ciel*" com a participação de cerca de 60 astrónomos provenientes de 19 países. O projecto inicial envolveu 18 observatórios repartidos pelos dois hemisférios. A cada observatório era atribuída um parcela equivalente do céu que seria fotografada com o auxílio de um refractor fotográfico *standard* (330 mm de abertura  $f/10,4$ ) e chapas de 160 mm x 160 mm, que cobriam uma área de  $2^\circ \times 2^\circ$  (prefazendo um total de 22 000 chapas fotográficas).

O Projecto, desenvolvido durante um período superior a 60 anos, não foi terminado com sucesso. David Gill participou na primeira reunião do Projecto e foi um fervoroso defensor do catálogo fotográfico. A compra do refractor *standard* para o observatório do Cabo foi aprovada e Gill pode deste modo continuar a realização do seu catálogo fotográfico (*Durshmusterung*). Apesar das chapas fotográficas relativas ao projecto "*Carte du Ciel*" terem sido todas realizadas pelo Observatório do Cabo, Gill não publicou os seus resultados.





Figura 6- Algumas publicações relativas ao projecto "Carte du Ciel".

## Bibliografia

- Batten, A.H. (1988). *Resolute and undertaking characters: The lives of Wilhelm and Otto Struve*. D. Reidel Publishing Company.
- Gingerich, O. (ed) (1984). *The general History of Astronomy. Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950*. Cambridge University Press.
- King, H.C. (1955). *The history of the telescope*. Diver Publications Inc.

# EDWARD CHARLES PICKERING (1846-1919) E A NOVA ASTRONOMIA

Pedro Ré

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

Edward Charles Pickering (Figura 1) nasceu em Boston no dia 19 de Julho de 1846. Completou os estudos universitários com 19 anos (Lawrence Scientific School, Harvard University) e dois anos depois é nomeado Professor de Física e de Matemática (Massachusetts Institute of Technology). Em 1869, com apenas 23 anos de idade, funda o primeiro laboratório de Física nos Estados Unidos da América. Durante cerca de 10 anos, Pickering publica mais de quarenta trabalhos (alguns em co-autoria com diversos alunos) e um manual pioneiro intitulado "Physical Manipulations". Este manual foi considerado na altura como um marco muito importante no ensino universitário da Física.



Figura 1- Edward Charles Pickering (ca. 1918) (esquerda), observatório de Harvard (ca. 1900) (centro) e refractor de 15" (direita).

Em 1869 e 1870, Pickering participa em duas expedições organizadas respectivamente pelo "Nautical Almanac" e "U.S. Coast Survey" para a observação de eclipses totais do Sol. Em 1877 assume a direcção do observatório de Harvard (cargo que ocupou ininterruptamente durante 42 anos) (Figura 1). A nomeação de um Físico como director do observatório motivou críticas por parte de alguns astrónomos. Pickering cedo compreendeu que as actividades do observatório deveriam centrar-se na "nova astronomia". Descreve de um modo sucinto as suas prioridades em três princípios e algumas linhas de acção:

"First, that it is primarily an institution for research. While a certain amount of teaching has been done, care has always been taken that it should not interfere with the main work of the institution. A second principle maintained has been the special advancement of the physical side of astronomy. While precise measurements of position have not been neglected, the policy has been rather to undertake such studies if the physical properties of the stars as would not be likely to be made at other observatories, and thirdly, the undertaking of large pieces of routine work, and the employment of numbers of inexpensive assistants whose work is in a great measure mechanical, such as copying and routine computing. This involves repetition of the work many hundreds, or even thousands, of times and renders it necessary that the observers and computers shall continue for years upon work of the same character".

Efectua uma revisão crítica do trabalho desenvolvido por outras Instituições e as suas primeiras prioridades foram centradas no campo da fotometria de estrelas:

"Photometry offers a field almost wholly unexplored with large telescopes".

O observatório de Harvard em 1877 possuía dois instrumentos de elevada qualidade: um refractor de 15" (38 cm) (Figura 1) e um círculo meridiano de 8" (20 cm). Pickering desenvolve um extenso programa de observações fotométricas visuais. Inventou um novo tipo de instrumento ("meridian photometer") que aplica ao refractor de 15". Clark & Sons, constroem sob a sua orientação, diversos fotómetros (Pickering atribui letras do alfabeto a estes fotómetros de acordo com a ordem com que foram construídos).

Mede pela primeira vez a magnitude dos satélites de Marte (descobertos por Asaph Hall em 1877) bem como a magnitude da maioria das estrelas brilhantes visíveis do observatório de Harvard.

Entre os anos de 1879 e 1882, Pickering, auxiliado por Arthur Seale e Oliver C. Wendell, utiliza um fotómetro de 1,6" de abertura (fotómetro "P") e em 1884 publica o seu primeiro estudo ("Harvard Photometry") onde descreve o brilho de 4260 estrelas (até uma magnitude de 6). Entre os anos de 1882 e 1902, recorre à utilização de um fotómetro distinto (4") na realização de mais de um milhão de estimativas fotométricas. Determina a magnitude de 60000 estrelas (magnitude limite de 9) e mais tarde recorrendo a um fotómetro de 12" estima o brilho de estrelas até uma magnitude de 12. Em 1906 as estimativas de magnitude no observatório de Harvard ascendiam a mais de 1,5 milhões, grande parte efectuadas por Pickering.

Pickering refere-se a este trabalho de rotina do seguinte modo:

"Although the work is the most acute and absolutely monotonous, I find it fascinating, and always watch the next morning for the progress made in the completion of the work".

Algumas determinações fotométricas foram efectuadas várias vezes tendo sido atribuídas magnitudes distintas às mesmas estrelas. Pickering preparou um catálogo com 45000 estrelas (até a uma magnitude 6,5) que foi publicado em dois volumes nos Anais do Observatório de Harvard ("Revised Harvard Photometry"). Este trabalho constituiu uma referência essencial até à introdução recente da fotometria fotoelétrica.

A partir de 1883, Pickering realiza, com o auxílio do seu irmão William Henry Pickering (1858-1938), as primeiras experiências no domínio da fotografia astronómica. Em 1888 faz uma primeira tentativa com o intuito de estimar magnitudes estelares recorrendo a métodos fotográficos. Utilizou uma objectiva acromática (doblete acromático) com 8" (20 cm) de abertura (Vöigtlander) corrigido pela firma Clark & Sons (telescópio Bache). Com o auxílio deste astrógrafo, determina as magnitudes fotográficas de mais de 1000 estrelas na região do Pólo celeste Norte, 420 na região das Pleiades e mais de 1100 estrelas próximo do equador celeste. A maioria destas medições fotométricas foram efectuadas por Williamina Fleming (1857-1911).

Um outro projecto iniciado em 1883 foi o "Photographic Map of the Entire Sky". Pickering pretendia registar fotograficamente as estrelas visíveis do observatório de Harvard (Hemisfério Norte) e na estação de Arequipa (Hemisfério Sul). Numa publicação do observatório (Circular nº 71) de 1903, descreve o trabalho desenvolvido:

"The collection of photographs at the Harvard College Observatory contains, in addition to the plates taken with the larger instruments, numerous photographs taken with two small anastigmatic lenses, each having an aperture of one inch, and a focal length of about thirteen inches. A region of more than thirty degrees square is covered by a single eight by ten inch plate. With exposures of one hour, stars as faint as the twelfth magnitude are, in some cases, obtained. Owing to the scale of the plates, identification of the individual stars would become difficult if, by using longer exposures, the number of stars were increased. One of these lenses is mounted at Cambridge, and it is used principally for the northern stars. The other is similarly used for the southern stars at Arequipa. At each station two sets of photographs have been taken, the first having centers in declinations 0°, 30°, 60°, and 90°, and the second in declinations 15°, 45°, and 75°, the centers of the second set coinciding as nearly as possible with the corners of the first. An attempt has been made to cover all parts of the sky, not too near the Sun, at least twice each month, once each set. These photographs have proved unexpectedly useful here for determining the past as well as the present changes in light of variable stars, new stars, and similar objects".

Este projecto é anterior à iniciativa "Carte du Ciel". Pickering não concordou com a decisão tomada na primeira reunião organizada por Amédée Mouchez (1821-1892) em Paris em que foi adoptado com standard o refractor fotográfico idealizado pelos irmãos Henry (330 mm de abertura  $f/10,4$ ). Em 1903 publica um Atlas que reunia 55 fotografias que cobria todo o céu <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> O projecto "Carte du Ciel" nunca foi terminado com sucesso apesar de se ter desenvolvido ao longo de mais de 60 anos.



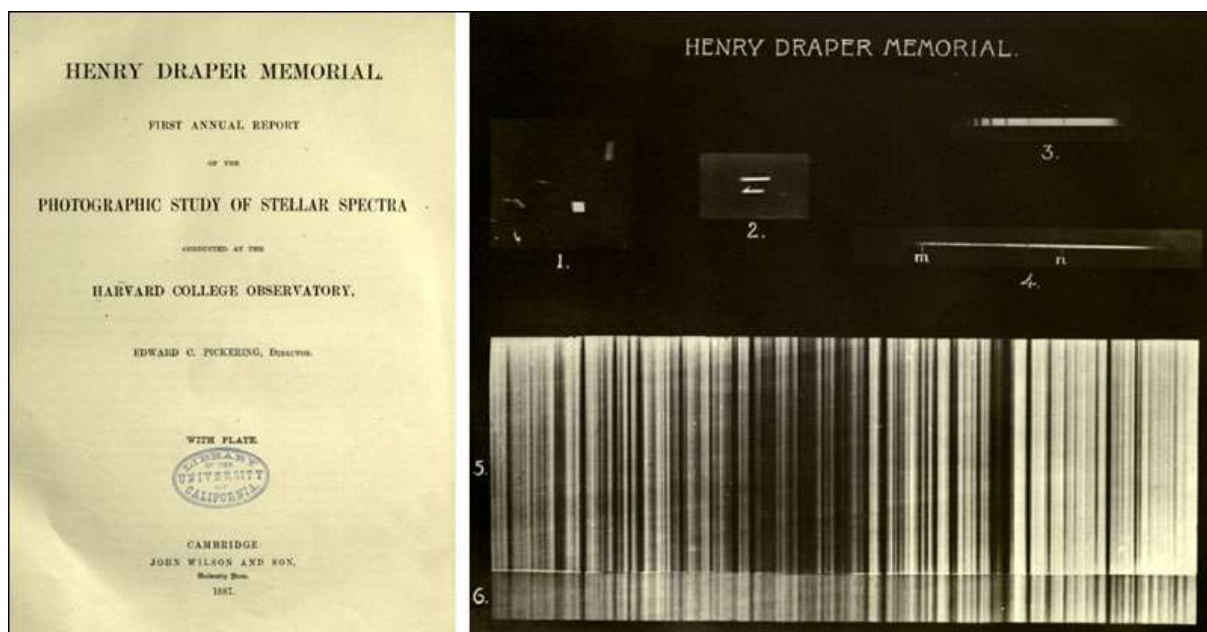


Figura 2- Henry Draper Memorial: Photographic Study of Stellar Spectra; Harvard College Observatory; First Annual Report (1887).

Pickering dedicou-se igualmente à espectroscopia. Entre os anos de 1878 e 1881 efectuou estudos espectroscópicos de nebulosas planetárias, estrelas vermelhas e estrelas com um espectro peculiar.

Consegue obter uma importante doação para financiar o registo fotográfico de espectros estelares. A viúva de Henry Draper (um dos primeiros astrónomos a fotografar espectros estelares) financia o projecto que é designado "Draper Memorial". A primeira publicação deste projecto deu origem ao "Draper catalogue of stellar spectra" que surge em 1890. Este catálogo contém 28000 espectros obtidos a partir de mais de 10000 estrelas fotografadas com o telescópio de Bache.

No primeiro relatório anual do "Henry Draper Memorial", Pickering descreve os instrumentos e os métodos utilizados:

"Dr. Henry Draper, in 1872, was the first to photograph the lines of a stellar spectrum. His investigations, pursued for many years with great skill and ingenuity, was most unfortunately interrupted in 1882 by his death. The recent advances in dry-plate photography have vastly increased our powers of dealing with this subject. Early in 1886, accordingly, Mrs. Draper made a liberal provision for carrying on this investigation at the Harvard College Observatory, as a memorial to her husband. The results attained are described below, and show that an opportunity is open for a very important and extensive investigation in this branch of astronomical physics (...) The instruments employed are a 8-inch Vöigtlander photographic lens reground by Alvan Clark and Sons, and Dr. Draper 11-inch photographic lens, for which Mrs. Draper has provided a new mounting and observatory. The 15-inch refractor belonging to the Harvard College Observatory has also been employed in various experiments with a slit spectroscopy, and is again being used. Mrs. Draper has decided to send to Cambridge a 28-inch reflector and its mounting, and a 15-inch mirror, which is one of the most perfect reflectors constructed by Dr. Draper, and with which his photograph of the Moon has been taken. The first two instruments mentioned above have been kept at work during the first part of every clear night for several months (...) The spectra have been produced by placing in front of the telescope a large prism thus returning to the method originally employed by Fraunhofer in the first study of stellar spectra. Four 15° prisms have been constructed, the three largest having clear apertures of nearly eleven inches, and a fourth being somewhat smaller. The entire weight of these prisms exceeds a hundred pounds, and they fill a brass cubical box a foot in each side. The spectrum of a star formed by this apparatus is extremely narrow when the telescope is driven by clockwork in the usual way. A motion is accordingly given to the telescope slightly differing from that of the earth by means of a secondary clock controlling it electrically. The spectrum is thus spread into a band, having a width proportional to the time of exposure and to the rate of the controlling clock (...)" (Figuras 2 e 3).



Figura 3- Henry Draper Memorial: Photographic Study of Stellar Spectra; Harvard College Observatory; Second Annual Report (1888).

O catálogo completo ("Henry Draper Catalogue - HDC") é publicado mais tarde por Annie Jump Cannon (1863-1941) e Pickering entre os anos de 1918 e 1924. Neste catálogo são descritas as classificações espectrais de 225300 estrelas. O HDC foi completado pelo "Henry Draper Extension" publicado entre 1925 e 1936 que incluía a classificação espectral de 48850 estrelas e finalmente pelo "Henry Draper Extension Charts" publicado entre 1937 e 1949 com a classificação de mais 86933 estrelas.

O Henry Draper Catalogue introduz a classificação actual de espectros estelares, baseada no sistema inicialmente proposto por Secchi, subdividida num maior número de classes (agrupadas com as letras A a N): a classificação de Harvard. Annie Jump Cannon é a primeira a usar o sistema actual de classificação (O, B, A, F, G, K, M).

O estabelecimento de uma estação do observatório de Harvard no hemisfério Sul em Arequipa (Peru) desempenhou um papel fundamental em muitos destes estudos. A realização de numerosas fotografias astronómicas nesta estação, estudadas por Henrietta Leavitt (1868-1921) (Figura 4) resultaram na descoberta e na determinação dos períodos de numerosas estrelas variáveis nas duas núvens de Magalhães. Em 1908, H. Leavitt publica uma lista de 1777 variáveis (Cefeidas) e em 1912 descobre a relação entre o período destas variáveis e a sua magnitude absoluta, tornando deste modo pela primeira vez acessível a determinação da distância de objectos celestes.

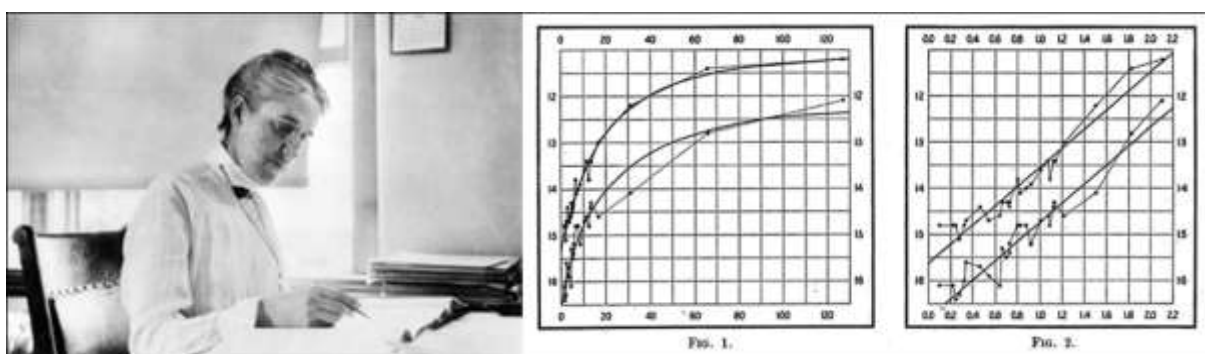


Figura 4- Henrietta Leavitt (1868-1921) (esquerda) e gráficos publicados em 1912 descrevendo a relação entre o período de 25 cefeidas e a sua magnitude absoluta.

Edward Charles Pickering foi um pioneiro da "nova astronomia" e um dos pioneiros da astrofotografia e da espectrografi. Numa publicação intitulada "The Future of Astronomy" (Popular Science Monthly, August 1909) Pickering sintetiza de um modo exemplar os novos desafios da astrofísica no início do século 20.

"It is claimed by astronomers that their science is not only the oldest, but that it is the most highly developed of the sciences. Indeed it should be so, since no other science has ever received such support from royalty, from the state and from the private individual. However this may be, there is no doubt that in recent years astronomers have had granted to them greater opportunities for carrying on large pieces of work than have been entrusted to men in any other department of pure science. One might expect that the practical results of a science like physics would appeal to the man who has made a vast fortune through some of its applications. The telephone, the electric transmission of power, wireless telegraphy and the submarine cable are instances of immense financial returns derived from the most abstruse principles of physics. Yet there are scarcely any physical laboratories devoted to research, or endowed with independent funds for this object, except those supported by the government. The endowment of astronomical observatories devoted to research, and not including that given for teaching, is estimated to amount to half a million dollars annually. Several of the larger observatories have an annual income of fifty thousand dollars (...) The practical value of astronomy in the past is easily established. Without it, international commerce on a large scale would have been impossible. Without the aid of astronomy, accurate boundaries of large tracts of land could not have been defined and standard time would have been impossible. The work of the early astronomers was eminently practical, and appealed at once to everyone. This work has now been finished. We can compute the positions of the stars for years, almost for centuries, with all the accuracy needed for navigation, for determining time or for approximate boundaries of countries. The investigations now in progress at the greatest observatories have little, if any, value in dollars and cents. They appeal, however, to the far higher sense, the desire of the intellectual human being to determine the laws of nature, the construction of the material universe, and the properties of the heavenly bodies of which those known to exist far outnumber those that can be seen. Three great advances have been made in astronomy. First, the invention of the telescope, with which we commonly associate the name of Galileo, from the wonderful results he obtained with it. At that time there was practically no science in America, and for more than two centuries we failed to add materially to this invention. Half a century ago the genius of the members of one family, Alvan Clark and his two sons, placed America in the front rank not only in the construction, but in the possession, of the largest and most perfect telescopes ever made. It is not easy to secure the world's record in any subject. The Clarks constructed successively, the 18-inch lens for Chicago, the 26-inch for Washington, the 30-inch for Pulkowa, the 36-inch for Lick and the 40-inch for Yerkes. Each in turn was the largest yet made, and each time the Clarks were called upon to surpass the world's record, which they themselves had already established. Have we at length reached the limit in size? If we include reflectors, no, since we have mirrors of 60 inches aperture at Mt. Wilson and Cambridge, and a still larger one of 100 inches has been undertaken. It is more than doubtful, however, whether a further increase in size is a great advantage. Much more depends on other conditions, especially those of climate, the kind of work to be done and, more than all, the man behind the gun. The case is not unlike that of a battleship. Would a ship a thousand feet long always sink one of five hundred feet? It seems as if we had nearly reached the limit of size of telescopes, and as if we must hope for the next improvement in some other direction. The second great advance in astronomy originated in America, and was in an entirely different direction, the application of photography to the study of the stars. The first photographic image of a star was obtained in 1850, by George P. Bond, with the assistance of Mr. J.A. Whipple, at the Harvard College Observatory. A daguerreotype plate was placed at the focus of the 15-inch equatorial, at that time one of the two largest refracting telescopes in the world. An image of  $\alpha$  Lyræ was thus obtained, and for this Mr. Bond received a gold medal at the first international exhibition, that at the Crystal Palace, in London, in 1851. In 1857, Mr. Bond, then Professor Bond, director of the Harvard Observatory, again took up the matter with collodion wet plates, and in three masterly papers showed the advantages of photography in many ways. The lack of sensitiveness of the wet plate was perhaps the only reason why its use progressed but slowly. Quarter of a century later, with the introduction of the dry plate and the gelatine film, a new start was made. These photographic plates were very sensitive, were easily handled, and indefinitely long exposures could be made with them. As a result, photography has superseded visual observations, in many departments of astronomy, and is now carrying them far beyond the limits that would have been deemed possible a few years ago. The third great advance in astronomy is in photographing the spectra of the stars. The first photograph showing the lines in a stellar spectrum was obtained by Dr. Henry Draper, of New York, in 1872. Sir William Huggins in 1863 had obtained an image of the spectrum of Sirius, on a photographic plate, but no lines were visible in it. In 1876 he again took up the subject, and, by an early publication, preceded Dr. Draper. When we consider the attention the photography of stellar spectra is receiving at the present time, in nearly all the great observatories in the world, it may well be regarded as the third great advance in astronomy".

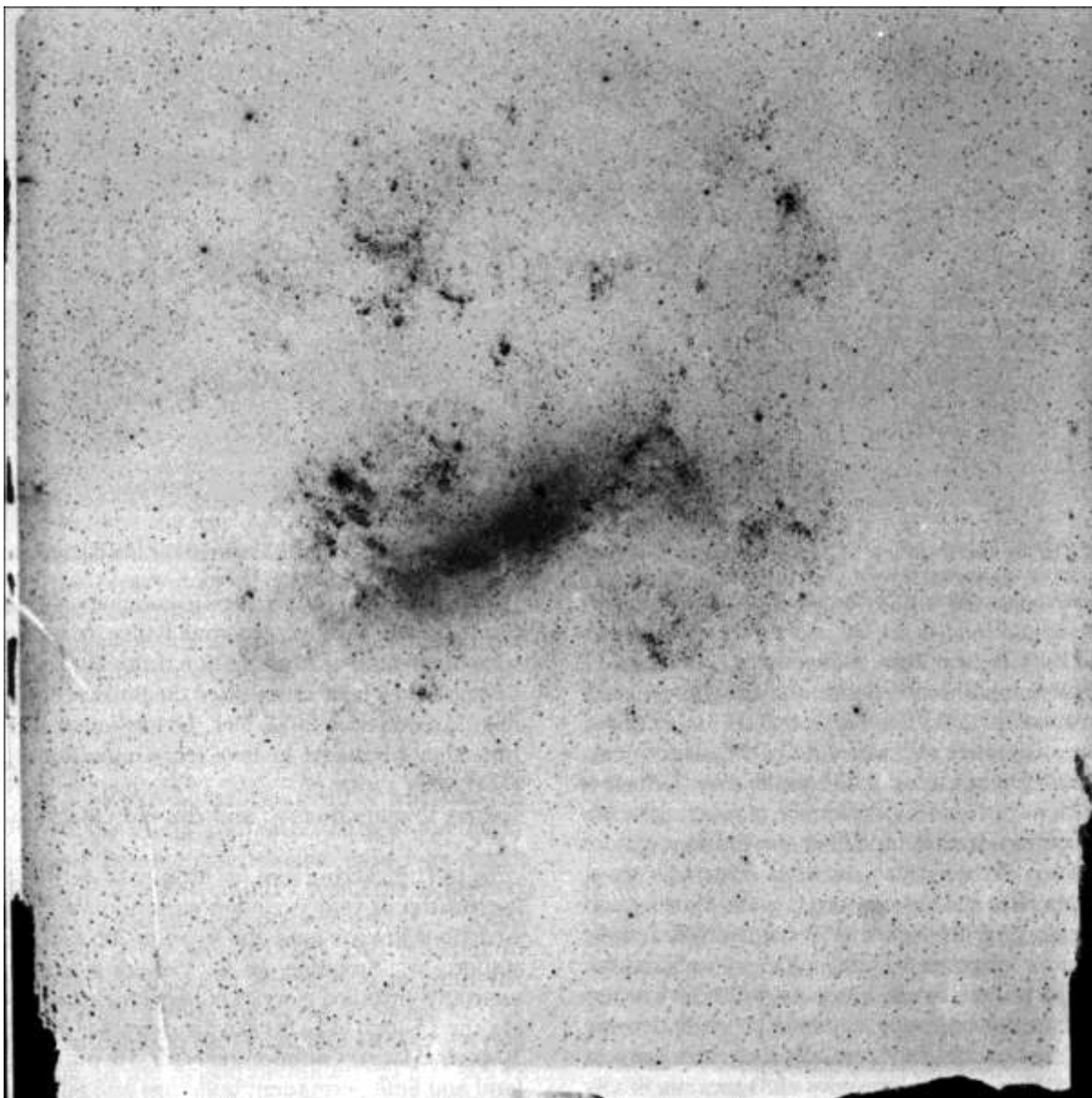


Figura 5- Fotografia da Grande Nuvem de Magalhães obtida em Novembro de 1897 com o auxílio do telescópio de Bache na estação de Arequipa do observatório de Harvard. Tempo de exposição: aproximadamente 7 horas.

#### Bibliografia

- Leavitt, H.S. (1908). 1777 variables in the Magellan Clouds. *Annals of Harvard College Observatory*, vol. 60: 87-108.
- Leavitt, H.S., E.C. Pickering (1912). Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellan Cloud. *Harvard College Observatory Circular*, vol. 173: 1-3
- Plotkin, H. (1990). Edward Charles Pickering. *Journal for the History of Astronomy*, 21 (1): 47-58.
- Tenn, J.S. (1990). Edward C. Pickering: The seventh Bruce medalist. *Mercury* (November/December): 26-30.

# FRANK ELMORE ROSS (1874-1960) E O *ATLAS OF THE NORTHERN MILKY WAY*

Pedro Ré

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

Frank Elmore Ross nasceu em São Francisco em 2 de Abril de 1874. Estudou na Universidade da Califórnia onde obteve o grau de *Bachelor of Science* em 1896. Após terminar os seus estudos ensinou matemática e física durante o período de um ano na Academia Militar de *Mount Tamalpais* tendo regressado à Universidade da Califórnia como estudante graduado (no primeiro ano com uma bolsa de estudos em Berkeley e durante o segundo com uma ligação ao observatório de Lick). Antes de terminar a sua tese de doutoramento na mesma Universidade (1901), foi Professor de matemática na Universidade do Nevada. Após os estudos graduados, Ross realizou um extenso trabalho sobre as perturbações orbitais de alguns asteróides, trabalhou como colaborador do *Nautical Almanac* e durante dois anos foi investigador da *Carnegie Institution* (Washington). Trabalhou igualmente sob a orientação de Simon Newcomb (1835-1909) em problemas relacionados com órbitas lunares e planetárias. Efectuou o cálculo preciso da órbita do Phoebe, nono satélite de Saturno. Estes resultados foram publicados nos Anais do observatório de Harvard em 1905 e constituem a primeira publicação de Ross como primeiro autor.

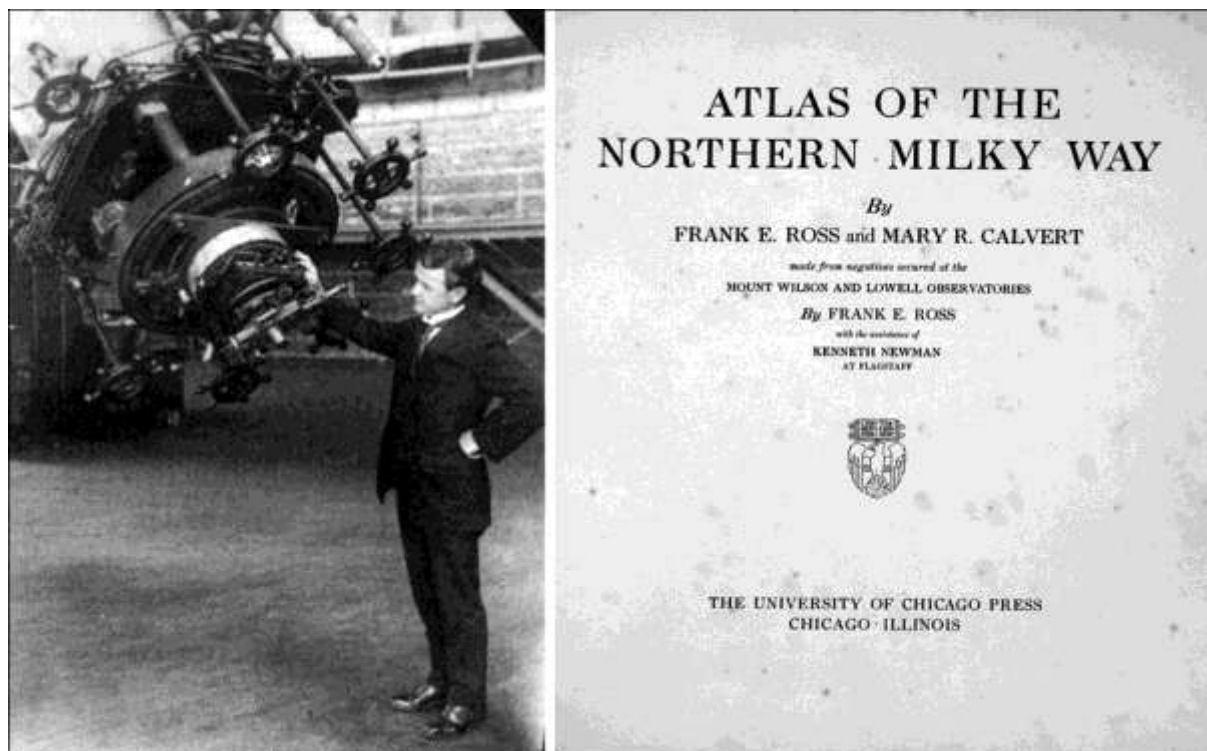


Figura 1- Frank E. Ross (1925) junto ao telescópio refractor de 40" do observatório de Yerkes (esquerda). *Atlas of the Northern Milky Way (Part I)*, exemplar existente na biblioteca do Observatório Astronómico de Lisboa (direita).

Em 1905 assume a direcção do *International Latitude Observatory*, cargo que ocupa durante um período de dez anos. Completa o cálculo das órbitas de dois satélites de Júpiter e publica os resultados em duas revistas da especialidade (*Lick observatory* e *Astronomische Nachrichten*). Realiza igualmente estudos muito precisos de determinação da latitude recorrendo ao uso de telescópios zenitais através de técnicas fotográficas e estuda os movimentos do pólo terrestre.

Em 1915, muda-se para Rocherter, onde durante um período de nove anos trabalha para a *Eastman Kodak Company*. Publica numerosos artigos sobre as características das emulsões fotográficas, sobretudo relacionados com as distorções das imagens com consequências importantes nas reduções astrométricas. Durante a Primeira



Guerra Mundial, Ross desenvolve uma objectiva com quatro elementos que foi utilizada inicialmente em fotografia aérea e mais tarde em fotografia astronómica. A descrição desta objectiva, conhecida mais tarde como lente de Ross, foi após o final da Guerra publicada, com a permissão da *Kodak*. Em 1925, a *Eastman Kodak Company* publica uma monografia que sintetiza o trabalho de Ross: *The Physics of the Developed Photographic Image*, que foi uma referência essencial durante algumas décadas.

Ross desenhou igualmente algumas objectivas (dobletes acromáticos) com relações focais de  $f/7$  e um campo plano com um diâmetro de cerca de  $20^\circ$ . Estes instrumentos fotográficos foram usados em diversos observatórios com excelentes resultados.

Em 1924, Ross integra a equipa do observatório de Yerkes, ocupando o lugar deixado vago por Edward Emerson Barnard (1857-1923). Durante um período de vários anos realiza numerosas fotografias de grande campo, auxiliado pela sobrinha de Barnard, Mary Ross Calvert (1874-1974) que estava familiarizada com a enorme colecção de fotografias de grande campo realizadas por Barnard. Estas imagens foram publicadas em 1927 (5 anos após o desaparecimento de Barnard) no monumental *Atlas of Selected Regions of the Milky Way*. As imagens que constituem este Atlas foram realizadas com o telescópio astrofotográfico de Bruce composto por duas câmaras distintas: (i) *Brashear* 250 mm  $f/5$ ; (ii) *Vöigtlander* 16 mm  $f/5$  e uma luneta guia de 125 mm de abertura. O astrógrafo principal utilizava chapas fotográficas de 30 x 30 cm com uma escala de  $13,5 \times 13,5^\circ$ .

Ross decide repetir as astrofotografias de grande campo realizadas por Barnard após um período de vinte anos, com a intenção de estudar as alterações de posição e magnitude de estrelas. Recorrendo à utilização de um *Blink Comparator*, descobre inúmeras estrelas variáveis bem como estrelas com um elevado movimento próprio. Estas descobertas foram publicadas regularmente na revista *Astronomical Journal*. Em 1931 a lista ascendia a 379 estrelas variáveis e 869 estrelas com movimento próprio considerável.

Durante a oposição de Marte ocorrida em 1926, realiza numerosas fotografias com o telescópio de 60" do observatório do Monte Wilson bem como com o refractor de 36" do observatório de Lick. Em 1927 visita de novo o observatório do Monte Wilson para fotografar o planeta Vénus. As suas fotografias de Vénus na região do ultravioleta registaram pela primeira vez diversas marcas bem definidas na atmosfera deste planeta.

Em 1927 desenvolve uma câmara astrofotográfica com uma objectiva de 3" e mais tarde em 1930 descreve uma câmara de 5" com as mesmas características. Com o auxílio destas objectivas foi possível resgistar imagens de grande campo num chapa fotográfica de 14 x 14" (40 x 40 cm). Com o intuito de corrigir uma ligeira curvatura do campo, Ross pressionou as chapas, nas suas extremidades, com o auxílio de quatro parafusos. Ross usou estas objectivas no observatório de Monte Wilson e no observatório de Lowell. Pode deste modo realizar uma extensa cobertura de grande campo da região Norte da Via Láctea. Surge assim o *Atlas of the Northern Milky Way* publicado em dois volumes em co-autoria com Maria R. Calvert (1934 e 1936) e com a assistência de Kenneth Newman. Este Atlas constituiu durante algum tempo um documento essencial para o estudo da estrutura da nossa Galáxia (Figura 1 a 5).

TABLE I DATA ON PLATES										TABLE II CO-ORDINATES OF CORNERS OF PLATES (1835)									
No.	COORDINATES OF CENTRE (1835)		GALACTIC COORDINATES (1835)		EXP- SIT- CENTRE	OBJECT USED	DATE	EXP. TIME	PLATE	No.	LOWER RIGHT		LOWER LEFT		UPPER RIGHT		UPPER LEFT		
	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$							$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	
1	16°56'	-54°12'	318°	+3°		Flagstaff	1931 May 20	25"	Imp. Ecl.	1	16°56"	-44°50'	17°53"	-44°53'	16°11"	-22°58'	17°43"	-23°50'	
2	16 10	-28 5	316	+14		"	" May 18	3	"	2	15 37	-57 9	17 3	-58 2	15 40	-17 6	16 54	-17 7	
3	17 4	-27 9	324	+5		"	" May 24	2.5	"	3	16 10	-57 7	17 57	-57 8	16 10	-16 7	17 48	-16 9	
4	17 50	-28 6	330	-5		"	" May 25	3	"	4	17 4	-58 7	18 51	-58 7	17 14	-17 4	18 45	-17 7	
5	16 24	-21 0	304	+17		Mt. Wilson	1933 June 23-24	5	E. 50	5	15 34	-50 8	17 15	-51 3	15 42	-9 7	17 9	-10 1	
6	17 54	-15 5	339	+7		"	" June 21	4	"	6	16 47	-25 6	18 20	-25 8	16 52	-4 2	18 18	-4 8	
7	18 12	-15 3	344	-1	134	"	1931 July 15	4	Imp. Ecl.	7	17 20	-25 3	18 57	-25 8	17 38	-4 2	18 53	-4 8	
8	18 47	-15 3	367	-9		"	" July 18	4	E. 59	8	18 1	-25 8	19 38	-25 9	18 4	-4 5	19 50	-5 0	
9	17 54	-0 3	332	+14	169	"	1931 June 19	4	Imp. Ecl.	9	16 31	-19 8	18 36	-11 2	16 53	+10 5	18 17	+10 2	
10	18 29	+0 4	349	+2	110	"	" July 15	4	"	10	17 40	-19 1	19 14	-19 5	17 48	+11 1	19 14	+10 8	
11	19 53	-0 8	6	-13	111	"	" July 16	4	"	11	18 50	-19 5	20 10	-13 0	18 52	+10 6	20 18	+10 2	
12	18 12	+19 7	9	+13	80	"	" June 19	4	"	12	17 28	+3 0	18 34	+2 7	17 25	+24 5	18 59	+25 5	
13	19 9	+15 0	17	+1	87	"	" July 17	4	"	13	18 25	+4 3	19 51	+4 0	18 25	+25 5	19 56	+25 0	
14	20 5	+15 0	23	-10	88	"	" Aug. 9	4	"	14	19 24	+4 8	20 40	+4 6	19 21	+25 2	20 51	+24 9	
15	19 0	+26 0	28	+0	63	"	" June 15	3.2	"	15	18 15	+17 9	19 44	+17 5	18 7	+29 0	19 55	+28 5	
16	18 16	+29 0	35	-2	64	"	" July 19	3.8	"	16	19 12	+19 0	20 42	+18 5	19 5	+49 8	20 55	+39 5	
17	20 17	+59 5	45	+1		Flagstaff	1930 Oct. 13	3	"	17	19 39	+28 4	21 5	+28 8	19 16	+49 2	21 21	+48 8	
18	21 36	+59 5	63	-2		"	" Oct. 14	3	"	18	20 41	+39 5	22 59	+39 0	20 14	+59 5	22 52	+59 0	
19	22 12	+55 9	71	0		"	" Oct. 18	3	"	19	21 18	+45 0	23 8	+44 8	20 59	+64 7	23 51	+64 2	
20	22 33	+28 9	84	-3		"	" Oct. 17	3	"	20	22 20	+40 7	0 52	+40 6	22 7	+60 8	1 43	+60 4	

Figura 2- Tabelas I e II (*Atlas of the Northern Milky Way – Part I*).

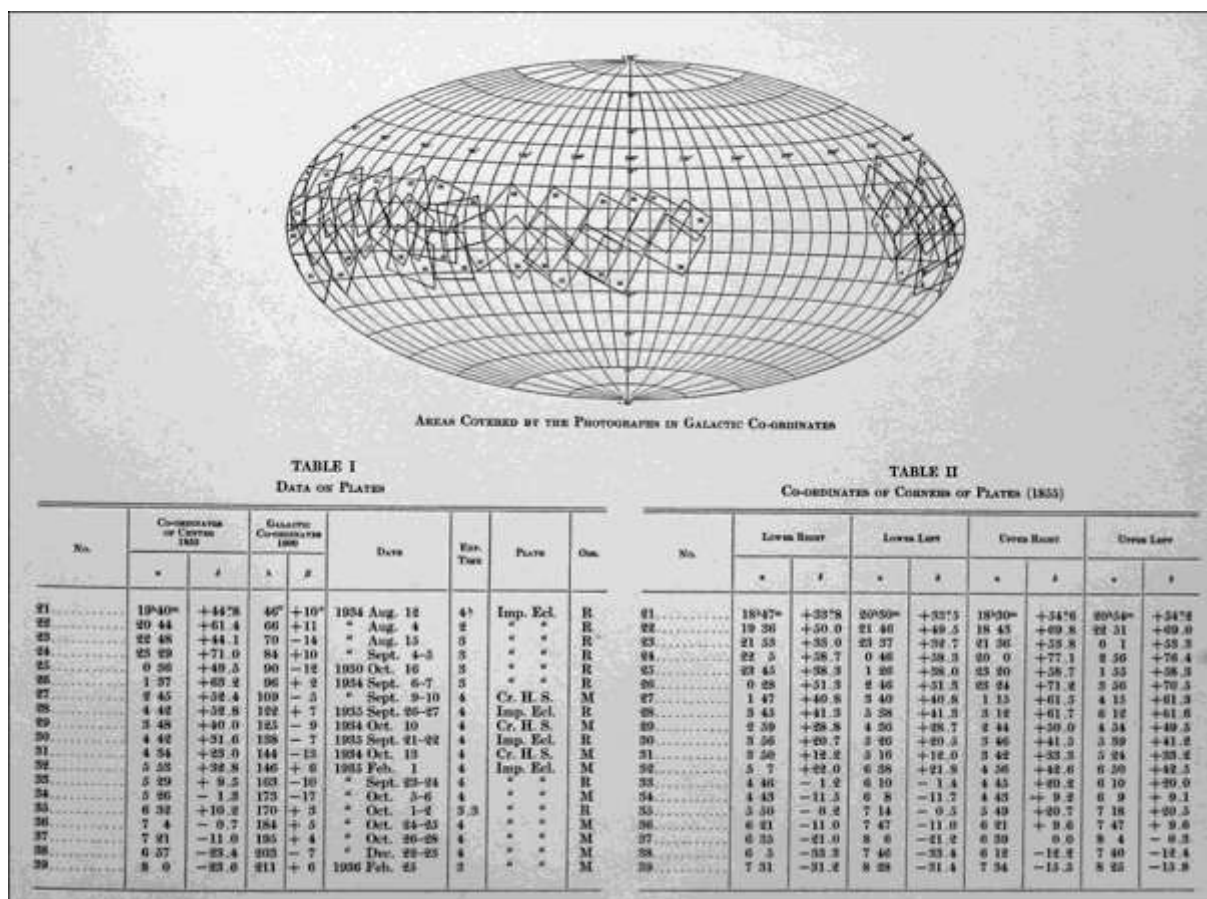


Figura 3- Áreas cobertas (*Atlas of the Northern Milky Way*) e Tabelas I e II (*Atlas of the Northern Milky Way – Part II*).

No primeiro volume do Atlas, é descrito o equipamento e as técnicas utilizadas:

*The negatives from which these prints have been made were secured with a lens of 5 inches aperture and 35 inches focal length, designed by F.E. Ross, constructed by J.W. Fecker, and now property of the Mount Wilson Observatory. At Flagstaff the camera was attached to the mounting of the 13-inch reflector, at Mount Wilson to the 10-inch Cooke mounting. (...) Numerous check plates were taken by Mr. Newman at Flagstaff with a 2.5-inch Zenar lens of 14 inches focus, which have been helpful in verifying doubtful objects. The prints were made by contact printing from a second negatives. Both first positives and second negatives were similarly made by contact printing on Eastman Process plates, a method which eliminates distortion of projection copying. It is planned to publish the Atlas in two parts. The first covers, in twenty plates, the Milky Way and its environs, from Sagittarius to Cepheus. The second part, containing an equal number of plate, which is hoped will be published soon, will extend from Cygnus to Argo, and will be arranged for inclusion in the present folder. (...) In nearly all cases the limiting magnitude, in the region near the center of the field, is, on the original negative, 17.0. The loss in the paper prints is 0.5 magnitude. There is considerable loss at the corners of the field, due to the vignetting action of the lens.*



Figura 4- Plate 2, *Atlas of the Northern Milky Way - Part I*.

Em 1939, Ross reforma-se mas continua a trabalhar para o observatório de Monte Wilson como consultor de óptica. Neste período e até ao seu desaparecimento, desenvolve numerosas objectivas fotográficas e correctores de campo que foram utilizados em câmaras de Schmidt, em particular no telescópio de Schmidt de 40" do observatório de Monte Palomar. Desenha ainda alguns componentes ópticos que viriam a equipar o telescópio de 5 m do mesmo observatório (Figura 6).



Figura 5- Plate 17, *Atlas of the Northern Milky Way- Part I.*

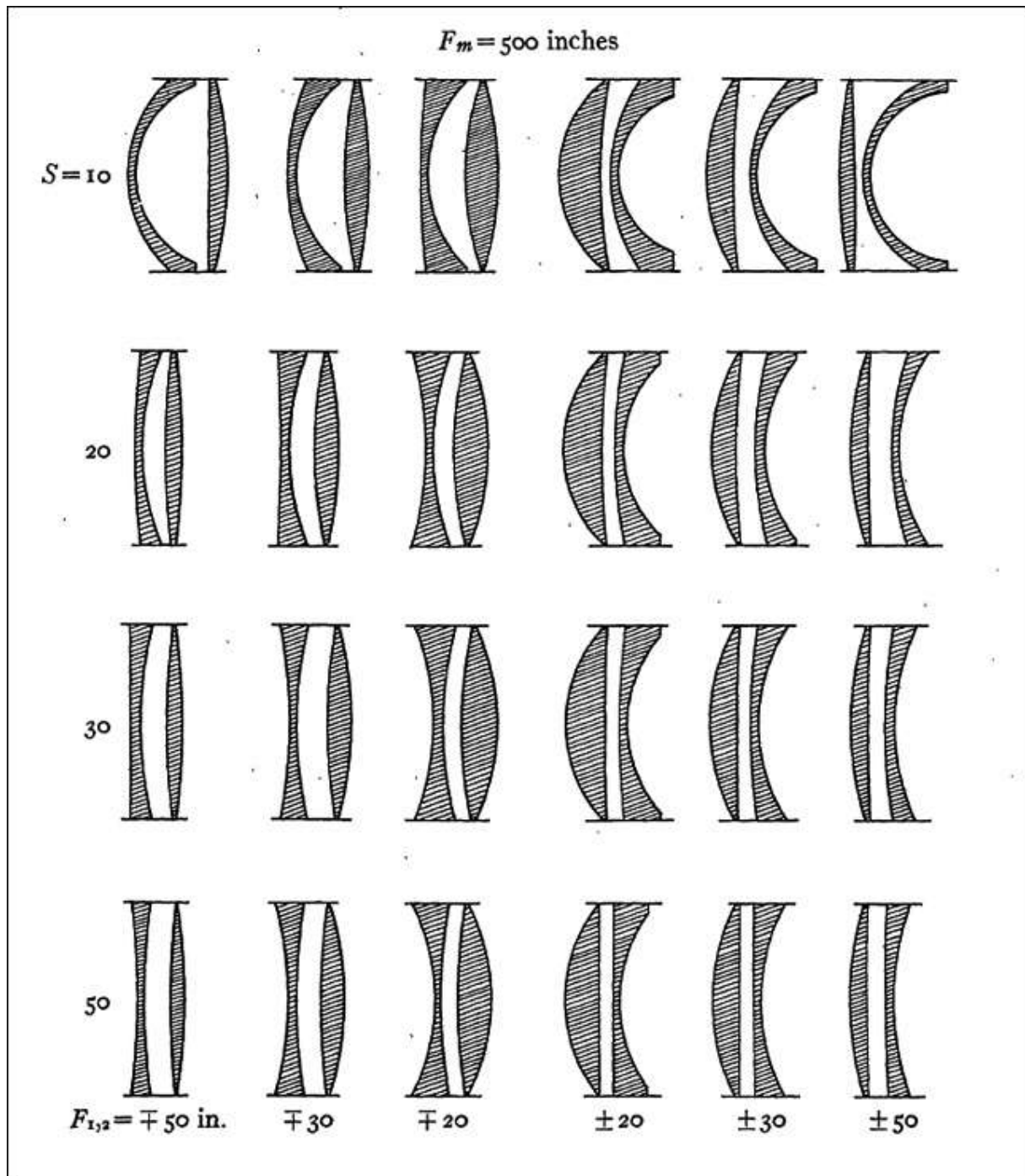


Figura 6- Correctores de coma desenhados por F.E. Ross (1935).

#### Sources

- Ross, F.E., M.R. Calvert, K. Newman (1934-1936). *Atlas of the northern Milky Way (Part I and Part II)*. The University of Chicago Press.
- Ross, F.E. (1935). Correcting Lenses for Refractors. *Astrophysical Journal*, vol. 76: 184-201.
- Ostrerbrock, D.E. (1997). *Yerkes Observatory 1892-1950. The birth, near death, and resurrection of a scientific research Institution*. The University of Chicago Press.



# LIVROS ANTIGOS DE ASTRONOMIA EXISTENTES NO ACERVO DA BIBLIOTECA DO COLÉGIO MILITAR

GUILHERME DE ALMEIDA  
[g.almeida@vizzavi.pt](mailto:g.almeida@vizzavi.pt)

Criado em 1803, o Colégio Militar (CM) comemorou recentemente 206 anos de actividade. Ao longo de todos estes anos, mercê de alguns espíritos mais esclarecidos, a sua Biblioteca acumulou obras de grande valor, embora a existência de muitas delas seja desconhecida dos estudiosos desta temática e de outro público interessado. O CM localiza-se no Largo da Luz, em Lisboa.

O actual acervo da Biblioteca do CM é constituído por livros entrados em diferentes épocas e sabe-se que os primeiros volumes chegaram por iniciativa de Cândido José Xavier, um dos mais antigos directores. Mais tarde, por volta de 1834, o acervo da Biblioteca cresceu substancialmente com a chegada de muitas outras obras, algumas bastante antigas, resultantes da extinção de ordens religiosas e do posterior encaminhamento de muitos desses livros para o Colégio. A estes acrescentaram-se as obras oferecidas por bibliotecários, por ex-alunos e também as de instituições culturais. No que se refere especificamente aos livros de Astronomia, a obra mais antiga (com data impressa) que consegui encontrar remonta a 1755, ano que curiosamente coincide com o do terramoto que assolou a cidade de Lisboa e arredores.

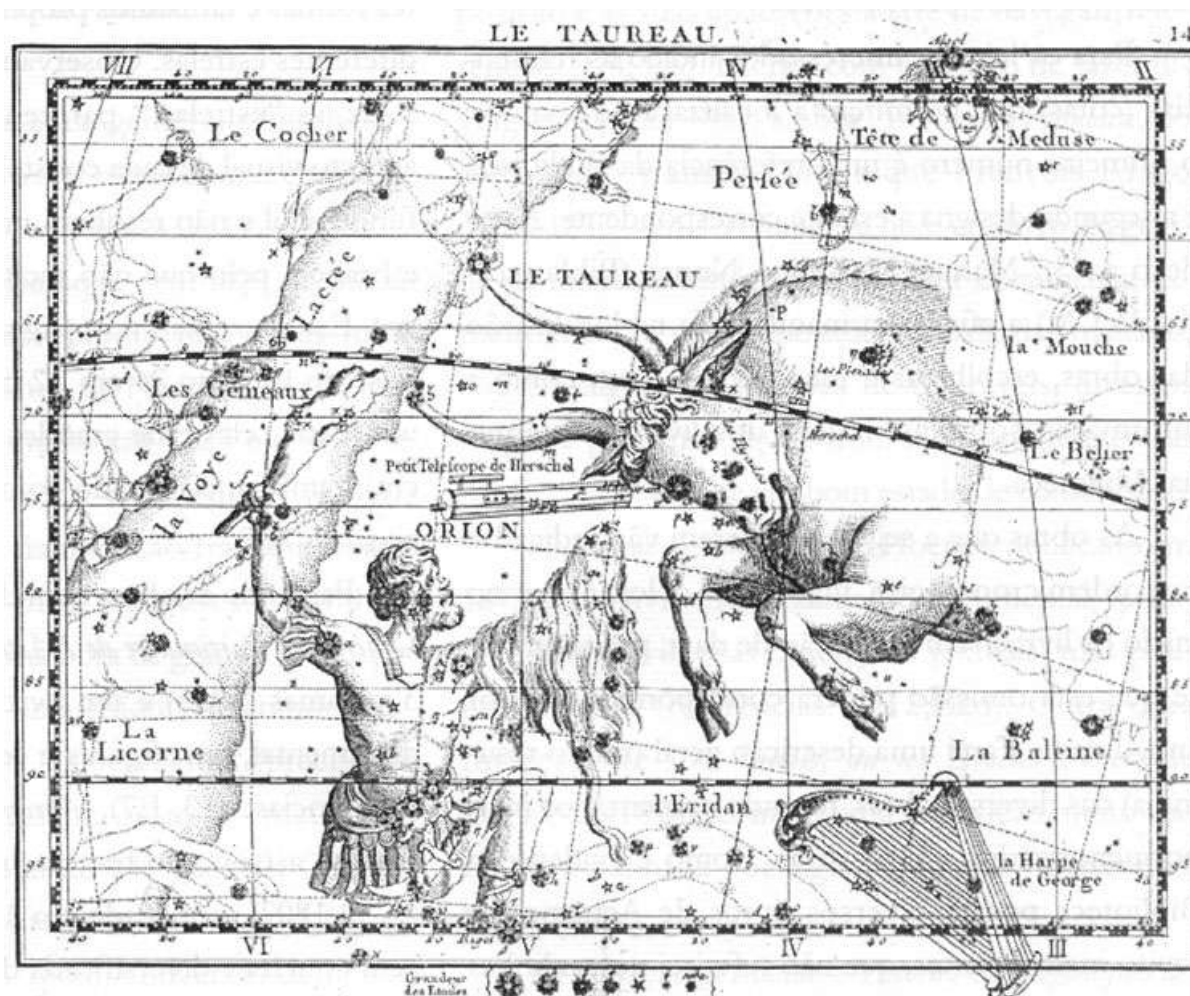


Figura do Atlas Céleste de Flamsteed

O leitor interessado em livros antigos de Astronomia tem na Biblioteca do Colégio Militar uma quantidade e variedade consideráveis de obras sobre esta temática. Devido à passagem de muitas décadas, ou até de alguns

séculos, grande parte da informação contida nestes livros é *datada*: estava correcta à data da impressão mas os progressos da ciência revelaram novos resultados, outras interpretações e diferentes maneiras de ver. Isso não lhes tira mérito, pois quem folheia essas páginas com prazer não está certamente à procura das últimas novidades astronómicas, mas delicia-se com as estampas características da época, encanta-se com a beleza da exposição dos assuntos (alguns ainda actuais) e até com o toque especial daquele papel envelhecido. Algumas obras estão em estado precário. O Colégio Militar faria bem em disponibilizar ou requerer as verbas e os apoios técnicos para que lhes sejam prestados os merecidos cuidados de restauro por mãos profissionais.

Para os leitores interessados indico as referências (cotas) que permitem a localização das obras pelos funcionários bibliotecários: o primeiro número é uma referência da Biblioteca e a segundo designa a estante correspondente onde o livro se encontra (a indicação "dep." significa "depósito"). Agradeço ao Sr. Manuel Marcelino Nunes (Bibliotecário do CM) a eficiência manifestada na localização das obras, escolhidas a meu pedido, bem como a informação sobre as origens dos livros existentes na Biblioteca.

As obras que a seguir se referem vão indicadas por ordem cronológica, mas decidi colocar logo no início os livros sem indicação de data, presumindo-se que esta omissão poderá corresponder a maior antiguidade. Farei uma descrição geral (muito resumida) das diversas obras, tecendo comentários mais pormenorizados a duas delas. Como é evidente, a Biblioteca possui diversos livros de Astronomia muito mais recentes, que não referirei nestas linhas por não se enquadrarem no âmbito deste artigo.

*Notions d'Astronomie*, de Eugène Catalan (sem data), é uma exposição elementar interessante, com poucas ilustrações (referências: 2275; I8/D2).

O livro *Astronomie Populaire à l'Usage des Gents du Monde et des Familles*, de F.R. Braun (sem data), contém uma exposição elementar, de leitura muito agradável e atraente; foi elaborado para servir de guia ao *Atlas du Monde Céleste* que referirei seguidamente (referências: 126; E5 dep).

A obra *Atlas du Monde Céleste* (autor e data não mencionados) ostenta apenas a indicação "Aug. Schnée Éditeur à Bruxelles", mas merece uma referência especial pela forma como está elaborada. É um livro cativante, interessantíssimo do ponto de vista estético e também pela sua originalidade, mas precisa de restauro urgente. O autor faz as representações de 30 constelações por meio de um sistema engenhoso de cartões perfurados—um por constelação—onde marca as silhuetas das figuras correspondentes. A representação das estrelas mais brilhantes obtém-se por meio de furos de diferentes formas e tamanhos proporcionais aos brilhos das diferentes estrelas. Observando estes mapas contra a luz, as "estrelas" parecem brilhar literalmente, simulando o aspecto visual de cada constelação (estas figuras têm fundo azul e não resultam nas reproduções a preto e branco, pelo que não incluí nenhuma neste artigo). Este livro não tem páginas de texto e apresenta-se no formato 24 cm×32 cm, com 30 estampas e um mapa celeste de grandes dimensões (48 cm×57 cm), também elaborado com perfurações (referências: 126; E5).

Passando às obras com data impressa, a *Histoire Générale et Particulière de l'Astronomie*, de Estève, em 3 volumes (1755) é um livro com muito interesse documental, sem figuras e com informação datada (referências: 313; E7).

*Abregé d'Astronomie*, obra do famoso astrónomo francês Joseph Jérôme Lalande (1732-1807), publicada em 1774, faz uma abordagem concisa e diversificada da Astronomia da época, de uma forma resumida mas eficaz. A sua exposição é agradável e abrangente; o capítulo sobre alinhamentos de estrelas merece uma chamada de atenção especial (referências: 539; E6).

Merece especial destaque o *Atlas Céleste de Flamsteed* (do famoso astrónomo real inglês John Flamsteed, contemporâneo de Newton); o original foi publicado postumamente em 1725 e o volume disponível na Biblioteca é a 3.<sup>a</sup> edição (1776), corrigida e aumentada, da tradução francesa levada a cabo pelos astrónomos franceses Lalande e Méchain. Trata-se de uma obra de grande valor, que deverá ser considerada uma relíquia de grande interesse estético, histórico e documental (precisa de restauro urgente). Apresenta-se no formato 16,5 cm×23 cm, com um total de 170 páginas. Contém 29 gravuras magníficas, tabelas com as posições de 762 estrelas (equinócio 1800), conversão de unidades de arco em unidades de tempo, indicações para a localização das constelações no céu e até alguns problemas resolvidos. As ilustrações são excelentes, não é de mais repeti-lo, e folhear este livro encantador é um prazer impossível de descrever por meio de palavras (referências: 7556; F4d).

*Leçons Élémentaires d'Astronomie Générale et Physique*, do astrónomo francês Nicolas Louis Lacaille (1713-1762), publicado em 1812. Informação textual clara e concisa (referências: 260; E7).

Ainda da primeira metade do século dezanove, a Biblioteca possui a obra *A Treatise on Astronomy*, de Sir John, Herschel, publicada em 1835. Aborda aspectos fundamentais da Astronomia, pela mão de um astrónomo de grande renome, filho de outro astrónomo não menos famoso: William Herschel (informação datada). Trata-se de um livro de grande valor documental, ainda em bom estado de conservação (referências: 2794; F7d).

Elaborada por um autor português, *Astronomia Spherica e Nautica*, de Matheus V. do Couto (1839) é uma obra interessante, versando a Astronomia de posição e as suas aplicações à arte de navegar (referências: 974; E6).

Escrita com o intuito de fazer divulgação, já em 1857, a obra *Astronomie Populaire*, do astrónomo francês Dominique François Arago (1756-1853), em 4 volumes, é hoje um livro de grande de interesse histórico, com valor documental extraordinário, e uma exposição cuidada das matérias; contém algumas estampas desdobráveis, diversos mapas e pequenas figuras com interesse (referências 35; E7). Encontra-se em bom estado de conservação.

*Histoire de l'Astronomie*, de Hoeper, publicado em 1873, é um livro essencialmente documental, recheado de maravilhosas descrições textuais, mas pouco ilustrado (referências: 2212; E2d).

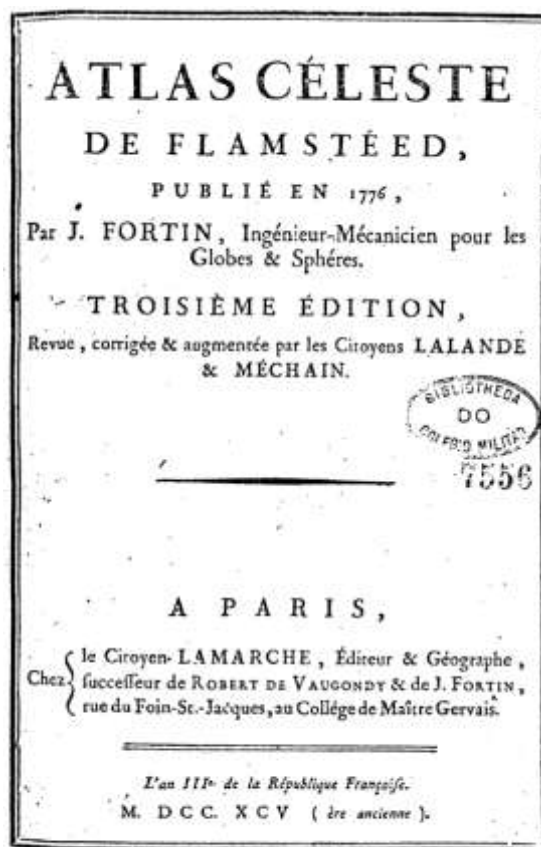
Outra obra interessante *Les Soleils, ou les Étoiles Fixes*, de Delaunay (1878), contém uma exposição muito clara, acompanhada por algumas figuras (referências: 2289; F8d).

*De l'Origine du Monde—Théories Cosmogoniques des Anciens et des Modernes*, de H Faye, é outra obra que vale a pena consultar, embora a informação nele contida seja de validade estritamente histórica. Esta edição é de 1885 e contém aspectos representativos do pensamento do século XIX (referências: 4923; dep).

*Initiation Astronomique*, de Camille Flammarion (1908), contém noções fundamentais em linguagem clara, cativante e acessível, ao nível da iniciação como o título sugere, pelo punho de um astrónomo e divulgador de primeira água. Possui algumas ilustrações de pequena dimensão, bem características da época e encontra-se em ótimo estado de conservação. É uma obra datada mas importante, porque nos revela mais uma vez que a intenção de divulgar os conhecimentos científicos já existia no princípio do século (referências: 687; 1 D8). A Biblioteca possui uma tradução portuguesa deste livro: *Iniciação Astronómica* (1910), vertida para a língua portuguesa por Manoel Ribeiro (referências: 6209; D7).

Ainda no plano da divulgação científica, *Comment Étudier les Astres* (1908), de Lucien Rudaux, descreve as observações astronómicas de amador, numa linguagem viva e atraente, que trespassa e quase faz esquecer os mais de cem anos decorridos desde a sua edição (é óbvio que os instrumentos descritos e alguns procedimentos são antigos). Descreve as técnicas de observação astronómica de uma forma atraente, ilustrada com figuras muito interessantes (referências: 6092; D6).

*Mars et ses Canaux, ses Conditions de Vie* (1909), de Percival Lowell, é outro livro-reliquia, em estado de conservação razoável. Trata-se de uma descrição documental e monumental (informação datada) das observações e registos de Marte, por uma figura ímpar na história da Astronomia. Note-se que o autor foi um dos observadores que pensaram ver canais na superfície do planeta Marte (referências: 6778; G3d).



Frontispício do  
*Atlas Céleste de Flamsteed*



De outro autor português, P. da Silva, *Astrolábios Existentes em Portugal* (1917) é uma compilação interessante e com boas ilustrações (referências: 7481; Pasta 5).

Este artigo dá uma ideia da riqueza da Biblioteca do CM e permitirá que os leitores interessados acessem por si mesmos a este tesouro inestimável. As pessoas menos atraídas pelas subtilezas da antiga Astronomia encontrarão gravuras de grande beleza, que certamente verão com agrado. A consulta é possível aos estudiosos, mediante marcação e autorização prévias. Espero que quem venha consultar estas obras o faça com tanto prazer como o que estas relíquias me proporcionaram.



Figura da obra *Comment Étudier les Astres*

# EVOLUÇÕES NUMÉRICAS A PERDER DE VISTA

GUILHERME DE ALMEIDA  
[g.almeida@vizzavi.pt](mailto:g.almeida@vizzavi.pt)

## Uma questão de hábito e senso comum

Estamos habituados, desde muito novos, a fazer previsões ou estimativas baseadas em progressões *aritméticas*, nas quais cada novo termo se obtém somando uma quantidade fixa, positiva ou negativa, ao termo anterior. Por exemplo 1, 3, 5, 7, ... No nosso dia-a-dia quase nunca pensamos nas progressões *geométricas*, nas quais cada novo termo se obtém multiplicando o termo anterior por uma quantidade fixa, maior ou menor do que a unidade. Por exemplo 1, 2, 4, 8, ... Quando somos confrontados com factos ligados a progressões geométricas, ou desafiados a fazer estimativas nesse contexto, as nossas previsões, em geral obtidas com base no senso comum e no hábito enraizado, *falham estrondosamente*. Também falhamos redondamente na comparação de *outras* situações para as quais também não estamos treinados. Este artigo destina-se a mostrar alguns desses casos limite.

## Crescimento inesperado da espessura de uma folha de papel

Admita-se que tínhamos uma fita de papel muito comprida, com a espessura  $e = 0,1$  mm. Dobrando a fita ao meio, pela *primeira* vez, teremos o dobro da espessura (0,2 mm), ou seja  $e \times 2^1$ ; dobrando outra vez a fita, após a *segunda* dobragem a espessura do papel atingirá 4 vezes a espessura inicial, ou seja,  $e \times 2^2$ ; à *terceira* dobragem chegaremos à espessura  $e \times 2^3$ . É fácil concluir que ao fim de  $n$  dobragens, a espessura atingida será  $e \times 2^n$ . Parece que estamos sempre nas pequenas espessuras. Por mais vezes que se dobre o papel, a espessura será sempre insignificante, *pensamos* nós.

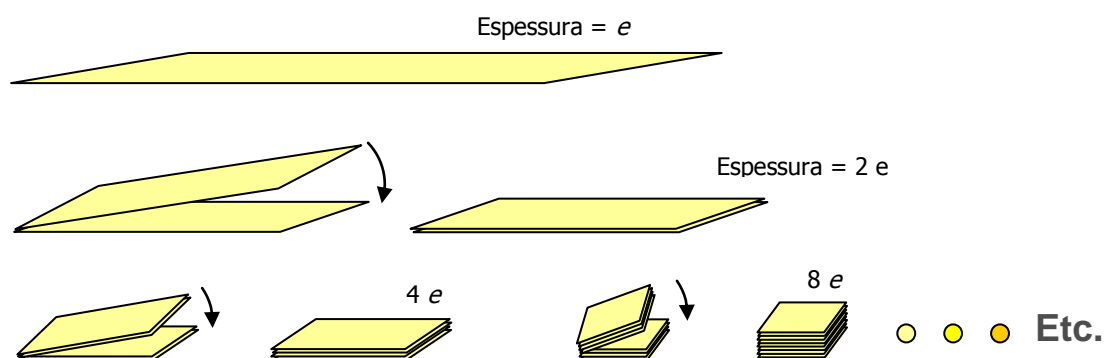


Figura 1. - Sequência idealizada das dobragens do papel. Guilherme de Almeida (2009).

É claro que todos sabemos que ao fim de algumas dobragens será preciso uma força enorme para dobrar o papel, e seria necessário ter à partida uma tira enorme para o poder dobrar sucessivamente. Vamos desprezar esses factos e pensar no modo como cresce a espessura de papel, à medida que este vai sendo sucessivamente dobrado, pois o nosso interesse fundamental é ver como é que a espessura vai aumentando.

Podemos colocar uma primeira pergunta: quantas vezes seria preciso dobrar o papel para obter uma espessura igual à distância média da Terra à Lua (384 400 km)? Parece que teríamos de o fazer milhares de vezes, ou provavelmente milhões de vezes (o senso comum diz-nos isso), mas... ao fim de 42 dobragens a espessura do papel dobrado já excede essa distância. Vejamos como:

A distância da Terra à Lua, em média, é  $d_{\text{Lua}} = 384\,400 \text{ km} = 3,844 \times 10^8 \text{ m}$ . A espessura da folha de papel (uma só camada) mede  $0,1 \text{ mm} = 0,1 \times 10^{-3} \text{ m}$ .



Ao fim de  $n$  dobragens a espessura global de papel atingirá finalmente  $3,844 \times 10^8$  m. Mas, afinal quantas vezes termos de dobrar? Teremos de o dobrar  $n$  vezes, de tal modo que  $e \times 2^n = d_{\text{Lua}}$ , ou seja,

$$0,1 \times 10^{-3} \times 2^n = 3,844 \times 10^8 \text{ m, o que significa que } 2^n = 3,844 \times 10^8 / 0,1 \times 10^{-3}.$$

Resta saber qual é o número  $n$  que torna possível a anterior condição. Aplicando logaritmos de base 10 (que se aprendem actualmente no 12.º ano) a esta última expressão, teremos:

$$2^n = 3,844 \times 10^8 / 0,1 \times 10^{-3} \Leftrightarrow n \log 2 = \log (3,844 \times 10^{12}) \Leftrightarrow n = 41,806.$$

Mas como  $n_1$  tem de ser um número inteiro (não há meias dobragens), a espessura de papel ultrapassa a distância da Terra à Lua à 42.ª dobragem. Este resultado é uma surpresa enorme. Qualquer jovem, ou menos jovem, pode verificar facilmente este resultado utilizando uma vulgar máquina de calcular com funções científicas básicas, usando a tecla  $x^y$ . Comprovaremos facilmente que  $2^{42}$  ultrapassa  $3,844 \times 10^{12}$ . É claro que a solução (valor de  $n$ ) pode variar ligeiramente consoante a espessura do papel considerado no cálculo.

### Ainda mais longe

À 51.ª dobragem (contada desde o início), já a espessura de papel excede uma unidade astronómica (distância média da Terra ao Sol), que vale aproximadamente 150 milhões de km ( $1,5 \times 10^{11}$  m). O cálculo a fazer é semelhante ao que fizemos anteriormente para a distância da Terra à Lua, utilizando agora a distância da Terra ao ( $d_{\text{Sol}}$ ).

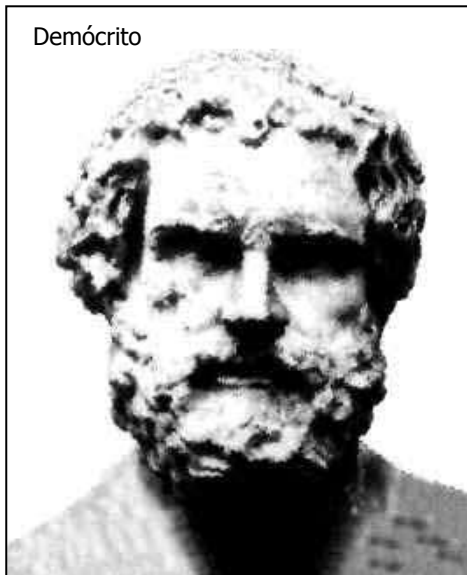
À 67.ª dobragem (contada desde o início), a espessura do papel excede um ano-luz ( $1 \text{ ano luz} = 9,461 \times 10^{15}$  m).

À 83.ª dobragem (contada desde o início), a espessura do papel excede o diâmetro tradicionalmente considerado da nossa galáxia! (100 000 anos-luz). Quem diria?

### Caminhando para o “infinitamente pequeno”

Também podemos andar no sentido inverso, em busca de dimensões sucessivamente menores. Conta-se que Demócrito, filósofo grego que viveu em Abdera (cidade grega na costa da Trácia) entre 460 a.C. e 370 a.C., foi uma das primeiras pessoas a pensar que a matéria não podia ser infinitamente dividida. Teve uma primeira ideia de átomo, considerando-o como a mais pequena porção de matéria que ainda mantinha as propriedades da substância original, se esta fosse uma substância simples (diríamos agora). Considerou o átomo indivisível (do grego “ $a$ ” = negação e “ $tomo$ ” = divisível, ou seja, átomo=indivisível). Dizia Demócrito que se alguém cortasse uma maçã ao meio, com uma faca afiada, dividindo depois uma das metades ao meio, depois dividindo um dos quartos ao meio, e assim sucessivamente, teríamos de *parar* a certa altura, pois só restaria um átomo, já não divisível (para Demócrito). Não colocaremos a questão de saber da dificuldade técnica de cortar fragmentos minúsculos (ou até da real possibilidade de o fazer com uma faca, por mais afiada que esta seja), pois não é esse o nosso objectivo. Quantas vezes poderemos cortar a maçã até se chegar a um só átomo? Também *parece* que precisaremos de a cortar milhares de vezes, ou mesmo milhões, de vezes, para o conseguir. Será assim?

Demócrito



Para simplificar, admita-se que a nossa maçã tem a forma de um cubo com 8 cm de aresta, tendo por isso um volume de  $8^3 \text{ cm}^3 = 512 \text{ cm}^3$ . Um átomo, que vamos considerar de hidrogénio, por ser o menor de todos, tem um “diâmetro” de cerca de 100 picómetros (100 pm), ou seja,  $100 \times 10^{-12} \text{ m} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} = 1 \times 10^{-8} \text{ cm}$ . Supondo esse átomo também cúbico, para simplificar, o seu volume seria  $(1 \times 10^{-8})^3 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$ .

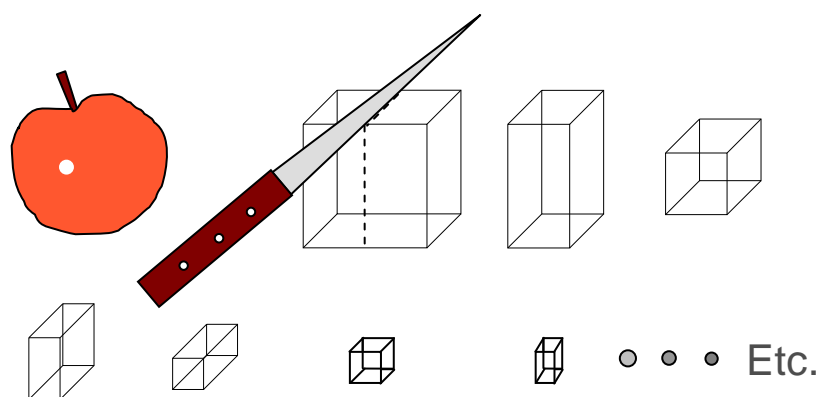


Figura 2 - Sequência idealizada de cortes de uma maçã, aproximada à forma cúbica. Guilherme de Almeida (2009).

Após o *primeiro* corte, o volume será  $512/2^1 \text{ cm}^3$ . Ao *segundo* corte teremos  $512/2^2 \text{ cm}^3$ . E ao fim de  $m$  cortes o volume residual ficará em  $1 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$ , que é o volume de um só átomo.

Portanto,  $(1 \times 10^{-8})^3 = 512/2^m \Leftrightarrow 2^m = 512/10^{-24}$ , ou ainda  $2^m = 5,12 \times 10^{26}$ . Recorrendo ao método já citado (logaritmos de base 10), obteremos:

$m \log 2 = \log (5,12 \times 10^{26})$ , ou seja,  $m=88,73$ . Isto significa que ao fim de 89 cortes teremos chegado ao átomo (mais uma vez,  $m$  tem de ser um número inteiro). Parece inacreditável que tenhamos de cortar tão poucas vezes.

### Uma outra surpresa

Vamos ver agora um outro facto surpreendente e inesperado. Admita-se que alguém conseguia enrolar um arame em volta da Terra, passando, por exemplo, pelo equador. O diâmetro médio da Terra é aproximadamente 12756 km.

Para simplificar os cálculos, consideremos a Terra perfeitamente esférica, sem montanhas. O arame estará, por isso sempre encostado à Terra em todo o seu perímetro. Aumentemos um metro ao comprimento do arame. Voltando a dar-lhe forma circular, e mantendo-o igualmente afastado do chão em todo o seu comprimento, (suportando-o por estacas, por exemplo), o arame passará a uma altura de 2 quanto relativamente ao chão? Esse não é o problema em si, pois essa altura vale 0,15915... m, como mostraremos mais adiante.

Podemos repetir a experiência, agora mais fácil de realizar, circundando uma laranja esférica de (por exemplo) 8 cm de diâmetro, com um arame fino, de modo a ficar justo. Aumentando depois um metro ao comprimento desse arame, e dando-lhe a forma circular (e concêntrica com a laranja) a que altura passa o arame acima da superfície da laranja? Será muito mais do que no caso da Terra? Na realidade obteremos os mesmos 0,15915... m.

Na verdade, veja-se que a medida do raio do arame, dando a volta ao equador de uma esfera de raio  $r$ , vale  $\frac{2\pi r}{2\pi} = r$ , quando encostado à esfera. E valerá  $\frac{2\pi r + 1}{2\pi}$ , quando o comprimento do arame é alongado 1 m (considerando  $r$  expresso em metros). O que procuramos saber é *diferença* entre o segundo e o primeiro valor. Feitas as contas, *essa diferença* vale  $1/2\pi=0,15915...$  m. E, para nossa surpresa, é *independente* de  $r$ . Ou seja, Terra ou laranja, tanto faz!

# CTC – UM CONTROLADOR DE DISPAROS PARA MÁQUINAS DIGITAIS DO TIPO DSLR

NELSON VIEGAS  
[astrolupa@gmail.com](mailto:astrolupa@gmail.com)

## Introdução

O *Canon Time Controller*, também conhecido como CTC, é um pequeno controlador digital que permite ao utilizador programar uma sequência de disparos bem como a duração de cada um destes. Existe também a possibilidade de acrescentar tempo antes do disparo para acomodar as máquinas fotográficas do tipo DSLR's (*Digital Single-Lens Reflex*) com sistema de *mirror-lock* e tempo após a exposição para permitir a gravação ou transferência da imagem e evitar o acumular destas na memória interna da máquina que teria, inevitavelmente, que ser descarregada.

## O Projecto CTC

Há situações em que o engenho dentro de cada um de nós vem ao de cima, especialmente quando nos sentimos presos a situações incontroláveis ou desagradáveis e que nos limitam de alguma forma. Neste meu caso muito concreto, a limitação incide sobre uma disciplina muito específica deste nosso *hobby*, disciplina esta que se chama astrofotografia.

O problema começou a fazer-se sentir quando comecei a reunir o equipamento mínimo decente para conseguir fazer astrofotografia no campo onde a ausência de energia eléctrica da rede é normalmente uma dura realidade. Somando todas as peças, o consumo energético começa a ser cada vez maior.

A montagem do telescópio e o sistema de aquecimento das ópticas, por si já requerem alguma energia; mas a situação piora substancialmente se adicionarmos uma câmara digital e um PC portátil, equipado com uma *webcam* para guiar o telescópio. A acrescentar a tudo isto, passamos também a ter uma quantidade de cabos a cruzar o caminho entre o telescópio e a viatura onde é mantida a fonte de alimentação e o PC, que poderão não ser nada saudáveis para a saúde física e monetária do astrónomo amador mais incauto. A fonte de alimentação e o PC poderiam eventualmente ficar numa mesa situada mais perto do telescópio, mas existem vários factores que fazem com que esta solução não seja desejável.

Sendo um autodidacta em algumas áreas do conhecimento, resolvi iniciar um projecto que se divide em 3 fases e cujo objectivo é eliminar o PC da equação, o que irá reduzir tanto o consumo energético como a quantidade de cabos que cruzam a "zona crítica". As fases são:

1. Alimentação para a máquina digital a partir de uma fonte de energia de 12 volts.
2. Aparelho de controlo dos disparos da máquina digital (CTC).
3. Câmara-guia autónoma.

A fase 1 está terminada há já algum tempo e talvez ainda possa vir a figurar como artigo numa próxima edição desta revista. A fase 2, que vai ser descrita neste artigo, também já está terminada e a funcionar. Seguir-se-á em breve a fase 3, que se adivinha vir a ser um desafio bem maior do que este. Uma possibilidade que está a ser equacionada para a fase 3, é que a câmara-guia venha a implementar também uma *interface* similar à do CTC para que possa, além de tratar da guiagem, ainda controlar os disparos da máquina digital, eliminando ainda mais alguns cabos e ligações.



Figura 1 – Fotografia do *Canon Time Controller* (CTC). Nelson Viegas (2009).

Este projecto foi dividido em várias partes, que foram executadas pela ordem abaixo descrita. As mais relevantes vão ser analisadas em mais pormenor nas secções que se seguem.

- Idealização e desenvolvimento do circuito.
- Desenvolvimento do *software*.
- Construção do protótipo em *breadboard* (Figura 2).
- Testes ao *software* e circuito.
- Fabricação da placa de circuito em cobre.
- Montagem dos componentes.
- Preparação da caixa.
- Montagem da placa e componentes externos na caixa.
- Testes finais ao *software* e circuito.
- Testes reais no campo.

### Desenvolvimento e descrição do circuito

O circuito foi inicialmente esboçado em papel para ter uma ideia geral das necessidades a nível de componentes. Simultaneamente fiz o *download* de um óptimo programa de desenho de circuitos e comecei a adaptar-me a ele para que pudesse transcrever o que já tinha em papel. O programa escolhido foi o *DipTrace*<sup>2</sup>, que na sua vertente *freeware* permite desenvolver circuitos até 250 pinos (ligações de componentes) pelo que é mais do que suficiente para este projecto.

Na figura 10 podemos apreciar o esquema do circuito. Os conectores são todos genéricos, porque havia necessidade de os desenhar num outro programa incluído no pacote do *DipTrace*, mas como a vontade de levar o projecto avante era grande, prescindi dessa parte – aa fase 3 isto não será descurado, porque mais tarde irá facilitar o fabrico da placa do circuito.

O coração do sistema é um microprocessador PIC modelo 16F876A da *MicroChip* (IC1) e é um pequeno processador RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) que opera, nesta configuração, a uma velocidade de 20 MHz. É auxiliado por uma EEPROM de 1 Mbit (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* - IC4) que guarda toda a informação gráfica que é apresentada no LCD (*Liquid Crystal Display*) que é ligado nos conectores J1 - J2. O IC3 é um conversor série-paralelo e é usado para poupar a quantidade de portas utilizadas no microprocessador, que, caso não fosse usado, passaríamos a ter que usar cerca de 12 portas em vez das actuais 7. Pode parecer pouco, mas por vezes faz a diferença entre mantermos o microprocessador actual ou termos que mudar para um outro com mais portas, e normalmente maior, dentro do mesmo tipo de encapsulamento. O circuito integrado IC2 não chegou a ter lugar na placa final, porque, devido a um erro de cálculo das dimensões do regulador de tensão IC5, não havia possibilidade de colocar ambos na placa de circuito. A função deste componente seria de servir de interface entre o microprocessador e um PC através da porta série RS-232 para que se pudesse fazer a modificação dos gráficos. Assim, a EEPROM foi programada num circuito à parte e posteriormente colocada neste. Não há a possibilidade de fazer a actualização dos gráficos sem remover o componente, daí ele ter sido colocado num suporte para que possa ser removido com alguma facilidade, tal como o microprocessador.

O gerador do sinal de 1 Hz, que marca os segundos, é externo ao circuito e é conectado a este através do conector J20–J23. Isto pode parecer estranho e na



Figura 2 – Uma pequena *breadboard* utilizada para testar pequenos circuitos (Nelson Viegas, 2009).

<sup>2</sup> <http://www.diptrace.com/>

realidade só foi concebido desta maneira devido às limitações do “engenheiro”. O sistema de interrupções do microprocessador não é fácil de usar e exigia o uso de contadores extra devido à relativa baixa resolução destes, e, como implementar um RTOS (*Real-Time Operating System*) também ainda não era solução, a única coisa viável que me passou pela cabeça foi passar numa loja normalmente conhecida como “Loja dos Chineses” e comprar um relógio despertador por 1 €. “Canibalizando” o dito, obtém-se uma pequena placa de circuito que, quando correctamente ligada, expõe nos seus conectores um sinal com a frequência pretendida – a de 1 Hz. Este circuito pode ser visto já montado no circuito na figura 8, do lado direito.

Todo este circuito foi montado de forma mais ou menos precária numa *breadboard* (Figura 2) que não é mais que uma placa de testes com vários orifícios ligados entre si de uma determinada forma onde podemos encaixar os componentes e estabelecer ligações eléctricas entre eles. É muito útil para testar tudo (*software* inclusive) antes de fazer uma placa de cobre definitiva. Infelizmente e por motivos de ordem técnica, não existem registos fotográficos dessa montagem.

### **Desenvolvimento do *software* do CTC**

O *software* do CTC foi desenvolvido na linguagem nativa do microprocessador, ou, por outras palavras, foi desenvolvido em linguagem *assembly*, e, depois de compilado, ocupa uns meros 3 Kb (sim, *quilobytes*!) de memória no microprocessador. A título de curiosidade, uma simples aplicação *Windows*, que pouco ou nada faz (só com o mínimo essencial para que seja considerado um programa), ocupa pelo menos 40 Kb! Aplicações que já realizam algum trabalho útil ocupam pelo menos 250 Kb e já não são programadas em linguagens de tão baixo nível como o *assembly*.

O editor e compilador de código que foi utilizado é fornecido pelo próprio fabricante do microprocessador, chama-se *MPLab*<sup>3</sup>, e está disponível para *download* no *site* da *MicroChip* como *software* gratuito. Como este microprocessador tem memória não volátil muito pequena (somente 256 *bytes*), vi-me obrigado a ter que colocar os gráficos num *chip* à parte (a EEPROM – IC4). O microprocessador faz o *download* a partir da EEPROM sempre que precisa de utilizar os recursos gráficos.

Como já foi visto anteriormente, o circuito que gera o sinal dos segundos é externo ao microprocessador. Isto tem as suas vantagens e desvantagens. A principal vantagem é que simplifica o código, já que não temos que usar os complicados temporizadores deste chip e nem temos que partir na direcção de implementar um sistema em tempo real. A desvantagem é que, e em aparente contradição com o ponto anterior, complica o código para quem não está habituado a eventos assíncronos, já que o sinal passa a surgir a qualquer altura durante a execução do código, sendo da responsabilidade do programador inventar um esquema para que o sinal de relativa curta duração nunca seja perdido. Perdendo um só impulso que seja deste sinal ganham-se segundos na exposição, o que induz em erro o astrofotógrafo. Tendo tido sucesso em fabricar um esquema destes, recebi indirectamente uma vantagem: a possibilidade de alterar os parâmetros enquanto o CTC está em funcionamento! Poderá ser útil para quando, por exemplo, verificamos que a quantidade de exposições está errada ou, se notarmos que a transferência da imagem demorou mais do que o previsto, podemos corrigir os parâmetros imediatamente sem ter que abortar a exposição actual.

A título de curiosidade, estavam previstos indicadores sonoros de fim de exposição e fim do processo, mas, por incapacidade do “engenheiro” em conseguir implementar esse sistema com sucesso, ficou suspenso para uma próxima revisão do *software*. Mas um pequeno trecho da *Marcha Imperial*<sup>4</sup> durante o “arranque” do sistema teria ficado um espectáculo!... Este é o motivo que faz com que a EEPROM seja tão grande comparada com a quantidade de *bytes* que actualmente os gráficos que contém ocupam – É que iria servir também para guardar um *sample* desta fantástica música! Apesar disto não ter sido implementado, existem indicadores visuais que podem ser observados a uma longa distância e quem consistem em dois *LED's*, um verde indicando que o CTC está à espera de ser activado e um vermelho que indica que existe um processo de exposição em curso.

---

<sup>3</sup> <http://www.microchip.com>

<sup>4</sup> Da saga dos filmes da *Guerra das Estrelas*



### Desenvolvimento da placa de circuito

O pacote de *software DipTrace* oferece-nos ainda a possibilidade de desenharmos a placa para o nosso circuito. Após algumas tentativas, cheguei ao desenho que se pode ver na figura 3. Nesta figura podemos ver as duas faces da placa. Devido ao grande número de *jumper wires* usados (os fios brancos visíveis na figura 7) podemos inferir que a disposição dos componentes ou a construção do circuito em si, poderá não ter sido a melhor. A função *copper pour* do *software* permite-nos preencher as zonas vazias do circuito com cobre, ou seja, simular que ali vai haver parte do circuito. Desta forma reduz-se em muito o consumo da substância (percloro de ferro) que vai ser usada para gerar as pistas na placa de cobre, como vamos ver já a seguir. A placa de circuito impresso mede 95 mm x 55 mm.

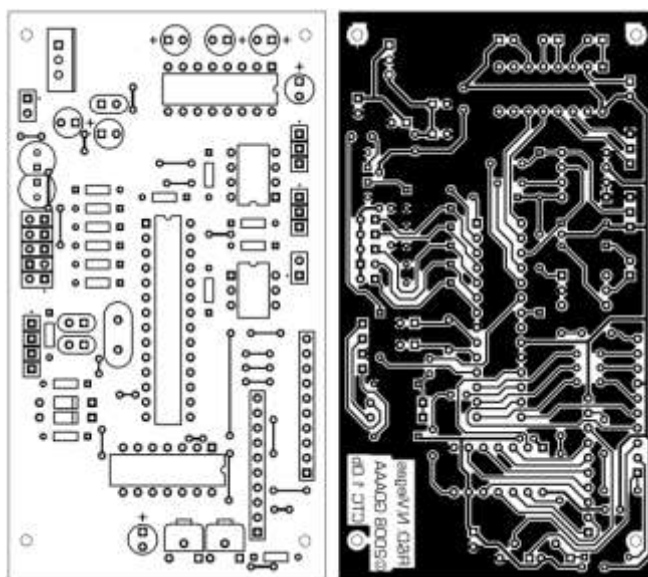


Figura 3 – O protótipo da placa de circuito, visto do lado dos componentes (à esquerda) e do lado das pistas condutoras de cobre (à direita). Nelson Viegas (2009).

### Fabricação da placa de circuito – parte 1

Para a fabricação da placa de circuito, decidi optar pela técnica do “faça você mesmo, em casa”. É a maneira mais económica para produzir circuitos fabricados somente uma ou duas vezes e que não contenham pistas demasiado estreitas. O processo desenrola-se, sucintamente, da seguinte forma:

1. Imprime-se o desenho da figura 3 (só o do lado direito) num acetato para impressoras laser.
2. Coloca-se o acetato sobre a placa de cobre, tendo sido esta previamente bem limpa e fixa-se o acetato à placa o melhor possível para que mantenham a posição durante o procedimento.
3. Pede-se emprestado um ferro de passar roupa.
4. Agora passa-se a ferro sobre o acetato, insistindo com a ponta sobre as pistas mas sem exageros. Este não irá derreter porque está preparado para suportar as grandes temperaturas no interior das impressoras laser.
5. Retira-se o acetato, e, o *tonner* que estava agarrado neste deverá ter sido transferido totalmente para a placa de cobre (Figura 4). Levanta-se o acetato a partir de uma ponta, com cuidado, e caso verifique que algo não foi transferido, baixa-se a folha de acetato e insiste-se na área afectada.
6. Mergulha-se a placa numa solução de percloro de ferro, e vai-se agitando a solução ligeiramente. Há que verificar de vez em quando a degradação do cobre exposto.
7. Lava-se bem a placa e passa-se uma lixa fina para retirar o *tonner*. No fim a placa deverá apresentar-se mais ou menos como a apresentada na figura 5
8. Há que abrir os furos para que os componentes e as ligações possam ser feitas entre os dois lados da placa (Figura 6).

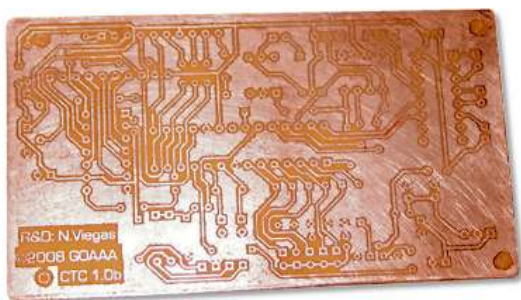


Figura 4 — A placa de circuito depois de do *tonner* ter sido transferido do acetato (N. Viegas, 2009).

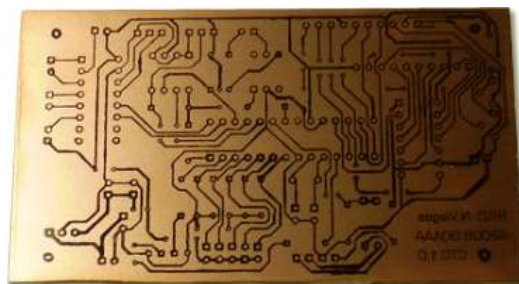


Figura 5 — A placa de circuito depois de retirada do “banho” que atacou as partes expostas do cobre (N. Viegas 2009).

Há que ter atenção à manipulação do percloroeto de ferro ( $\text{FeCl}_3$ ). É uma substância tóxica e que mancha os objectos que toca de forma praticamente permanente, incluindo a pele! Qualquer peça de metal que entre em contacto com a solução ficará negra. É melhor usar ferramentas de plástico para agitar a solução e manipular a placa submersa. A solução pode ser guardada num recipiente de plástico bem fechado para que possa ser reutilizada mais tarde, mas deverá ser feita uma pequena abertura para que alguns gases possam escapar em segurança. Note-se que, apesar de o percloroeto de ferro não atacar activamente o plástico, este será afectado ao fim de um período de tempo relativamente longo. Se a solução for deixada durante vários meses, há que ter muita atenção quando voltar a pegar no recipiente porque este poderá estar quebradiço e irá ceder quando submetido à pressão exercida pela mão com resultados dramáticos especialmente se este tiver sido guardado numa prateleira alta. Para prevenir isto, é melhor usar dois contentores, um dentro do outro. O exterior estará saudável, excepto se for visível que o contentor interno tenha cedido por si só e que a solução já esteja em contacto com o contentor externo. De qualquer modo, há que sempre ter muito cuidado.

## Fabricação da placa de circuito — parte 2

A segunda parte da fabricação do circuito consiste na soldadura de todos os componentes, *jumper wires*, fios de ligação aos componentes e conectores externos. Não é uma tarefa complicada, mas devido à proximidade de muitos pontos de ligação, poderá, às vezes, tornar-se um pouco complicado evitar que o ponto de solda se ligue não só ao sítio pretendido, mas também aos pontos adjacentes. A figura 7 apresenta algumas das etapas de colocação dos componentes na placa. Normalmente começa-se pelos componentes de menor dimensão e caminha-se para os de maior, se bem que isto pode ser feito como der mais jeito. A figura 8 apresenta já o circuito com todos os seus componentes no lugar e pronto a entrar na fase de testes.

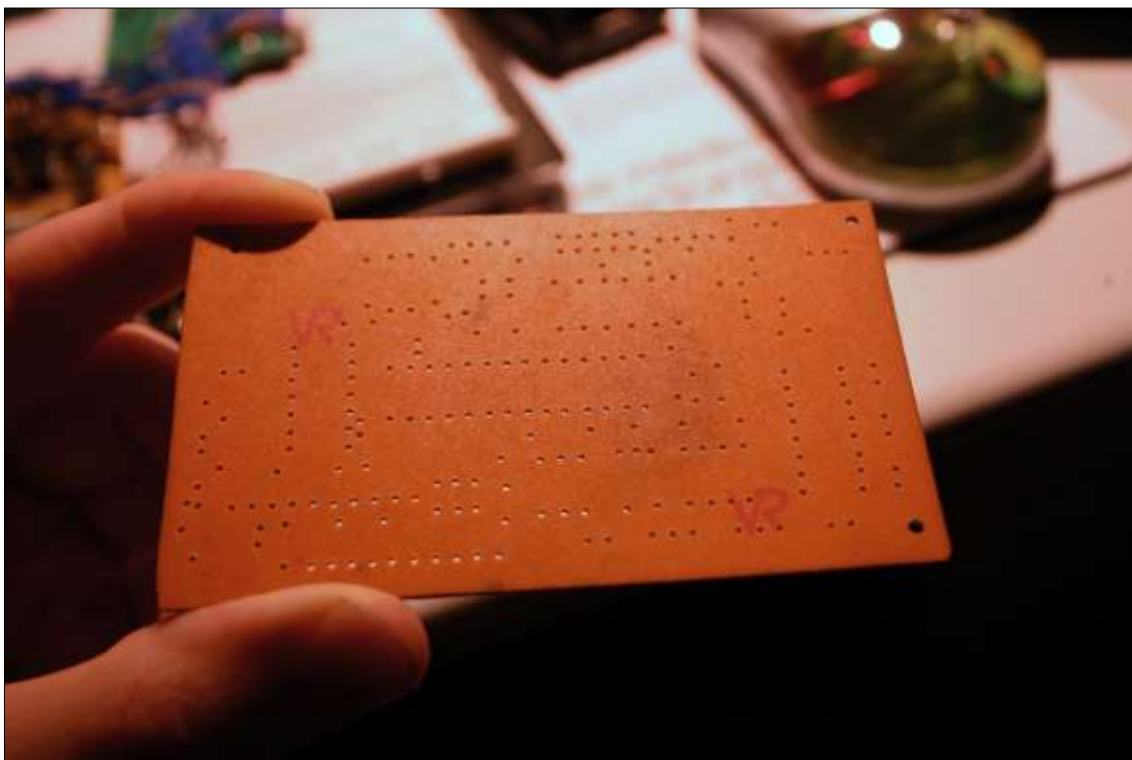


Figura 6 – Os furos essenciais à comunicação entre os dois lados da placa. Todos realizados à mão utilizando uma ferramenta do tipo *Dremmel*/equipada com uma broca da 0,5mm (Nelson Viegas, 2009).

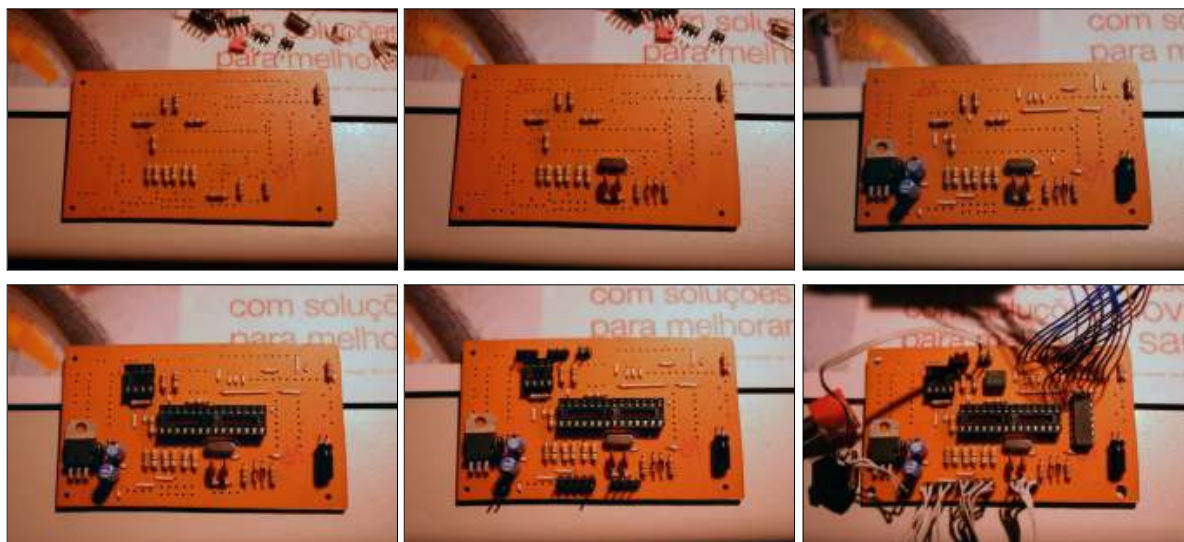


Figura 7 – Algumas das fases da colocação dos componentes na placa de circuito impresso (Nelson Viegas, 2009).

## Fabricação da caixa

Aqui está um dos passos que para mim é um dos mais problemáticos. Encontrar uma caixa decente para colocar a nossa mais recente invenção é um verdadeiro pesadelo. Após muito procura, local e internacionalmente, descobri uma caixa adequada numa empresa nacional, medindo 125 mm x 67 mm.

O passo seguinte foi abrir a janela para colocar o LCD, abrir uns buracos para os botões de controlo e umas ranhuras laterais para os conectores externos. Não tendo acesso a uma “oficina” equipada, a única solução foi fazer uns buracos com broca e usar uma serra manual para abrir a janela. Em seguida, e com o auxílio de limas, tratei de endireitar as superfícies e criar os ângulos rectos da janela. Os botões foram mais fáceis porque foi só abrir os furos (redondos!) com uma broca adequada. Como é óbvio, a placa de circuito foi desenhada tendo em mente as dimensões e os suportes para os parafusos existentes na caixa.

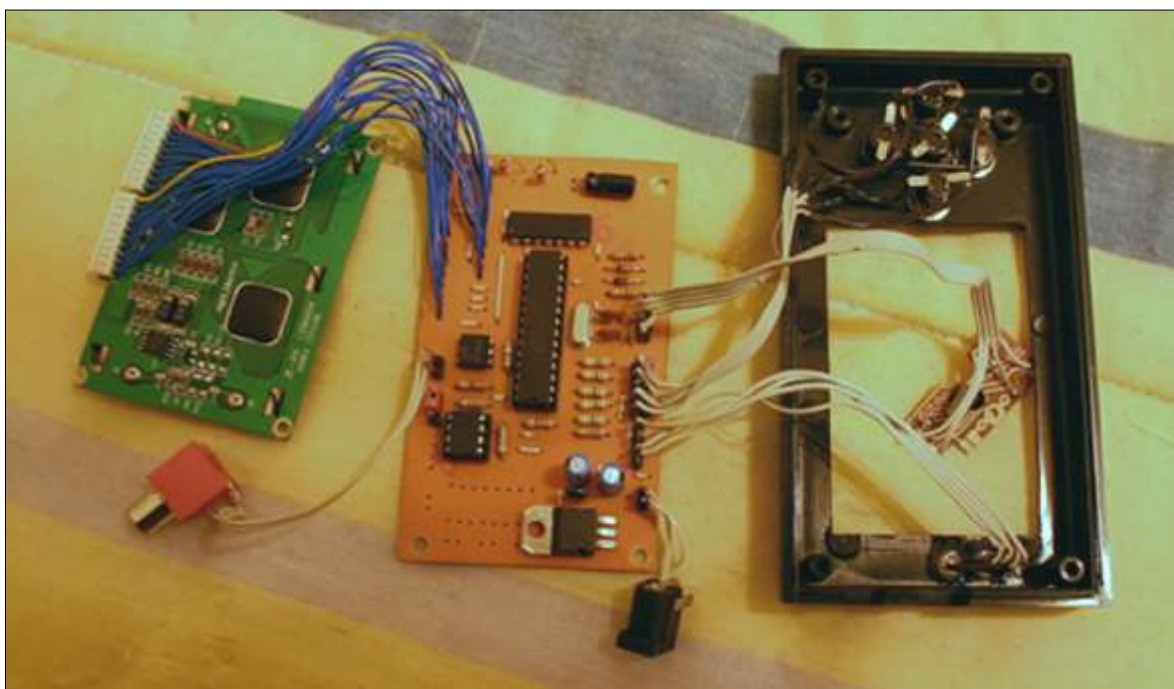


Figura 8 — Vista geral do circuito concluído. De salientar que nesta fase o microprocessador, a EEPROM e o gerador de relógio externo já estão ligados, indicando o início da fase de testes (Nelson Viegas, 2009).

## Conclusão

Quando o aparelho funciona e tem o desempenho esperado, penso que é justo considerar que a sua criação foi um sucesso apesar de algumas ideias não terem sido implementadas e por ter recorrido a técnicas pouco ortodoxas para resolver algumas limitações a nível de conhecimentos. Actualmente o *software* foi revisto para resolver um problema encontrado com o contador que teimava em considerar o zero como tempo útil e, como resultado, aumentava em 1 segundo qualquer exposição que fosse feita. Aproveitando a abertura da caixa, resolvi baixar um pouco mais a intensidade luminosa do LCD que apesar de dia parecer levemente iluminado, à noite ainda estava consideravelmente luminoso o que perturbava um pouco os colegas astrónomos.





Figura 9 – O CTC em funcionamento. No topo, a imagem que aparece por alguns segundos quando se liga o aparelho fazendo alusão ao grupo de astrónomos amadores 'GOAAA' do qual faço parte, e em baixo, o ecrã de operação do CTC onde se podem configurar os vários parâmetros (Nelson Viegas, 2009).

### O Futuro

Espero que a 3.<sup>a</sup> fase tenha o êxito esperado e que forme, juntamente com o CTC, uma boa plataforma autónoma para o astrofotógrafo que deseja ter o mínimo de exigências energéticas, confusão com cabos e desempenho do equipamento ao mais alto nível. Tudo isto, para que possa, calma e serenamente, apreciar uma bela noite estrelada enquanto regista a assinatura dos ténues fotões que viajaram milhares de milhões de quilómetros só para virem ao seu encontro e libertarem, finalmente, a sua preciosa "carga informativa".





# OPTIMIZAÇÃO DE UM TELESCÓPIO DE NEWTON DE 203 MM DE ABERTURA (Parte I)

CARLOS PEREIRA  
[ahlberto\\_71@yahoo.co.uk](mailto:ahlberto_71@yahoo.co.uk)

## **"Flocking" do interior do tubo óptico, focador e espelho secundário**

Tendo adquirido o tubo óptico deste telescópio novo, desde logo senti a falta de alguns melhoramentos que o tornariam mais funcional e esteticamente mais agradável. Decidi modificar extensamente o tubo óptico (abreviadamente designado por "OTA", do nome inglês *Optical Tube Assembly*) e o resultado final foi um telescópio com mais performance, mais equilibrado e mais fácil de usar (Fig. 1).

O *flocking* é o termo inglês<sup>(1)</sup> que se usa para o escurecimento de certas partes do telescópio e no qual se podem usar vários materiais que quase não reflectem a luz que neles incide. No caso aqui descrito, o material utilizado é o veludo auto-adesivo com base em espuma de borracha *DC-FIX*. É um produto soberbo, que se presta sem falhas para o fim a que se destina. É muito bom de trabalhar e não larga fibras, o que é um pré-requisito para o seu uso em instrumentos astronómicos. Não havendo uma palavra portuguesa que corresponda ao *flocking*, há quem diga "flocar" ou revestir.

## **"Flocar" o focador**

Comecei por "flocar" o focador (Fig. 2). Optei por desmontá-lo do OTA, de modo a poder trabalhar mais à vontade. Para um trabalho de melhor qualidade, fiz um molde em papel da superfície de veludo a aplicar no interior do focador. Depois do molde feito, transferi-o para o veludo, tendo o mesmo sido aplicado sem dificuldades no interior do tubo do focador, sem necessidade de rectificações.



Figura 1



Figura 2

### **“Flocar” o interior do OTA**

A fase seguinte foi o escurecimento do interior do OTA. Neste trabalho foram utilizadas grandes folhas de veludo auto-adesivo. Sendo as mesmas comercializadas em folhas de 50 cm de largura por 9 metros de comprimento, a tarefa foi relativamente facilitada, já que o tubo apenas precisou de duas folhas para ser totalmente revestido por dentro, dando um aspecto muito bom ao trabalho acabado.

É um trabalho que requer paciência e alguma destreza em trabalhos manuais. No entanto, procedendo com calma, o trabalho acaba-se sem percalços, até porque, como disse anteriormente, o veludo tem uma base em espuma de borracha, o que lhe confere uma boa resistência, sendo difícil de rasgar. Este material tem bastante tolerância a trabalhos mal feitos que tenham de ser rectificadados.

Para revestir o interior da OTA com o veludo, comecei por cortar duas folhas com 75 cmx50 cm (cada uma). Antes de começar a colagem, convém limpar o interior do tubo, libertando-o de todas as poeiras e sujidades, para o trabalho sair mais perfeito. Para se fazer este trabalho, tem que se desmontar totalmente a OTA, o que para alguns pode ser complicado e para outros nem tanto. Acima de tudo, há que ter um cuidado especial quando se vai desmontar a célula do espelho primário. É preferível desmontar todo o OTA em cima duma cama e ter o à mão uma caixa para guardar todos os parafusos e peças que se forem desmontando.

Depois do OTA desmontado e limpo, começa-se por alinhar o veludo no tubo e vai-se descolando o papel que protege a cola, devagar e com atenção. É fundamental que o papel esteja alinhado com o eixo do tubo para se obter um trabalho final esteticamente apelativo. Enquanto se vai aplicando o papel usa-se a palma da mão para sentir bolhas e rugas que se podem ir formando e vai-se constantemente corrigindo até o tubo estar totalmente revestido (Fig. 3).

### **Trabalhos complementares**

Seguidamente há que libertar os buracos do focador e os parafusos que ficaram tapados pelo papel de veludo após o trabalho. Para isso pode-se usar um *x-acto*. Há que ter em atenção que se deve cortar uma secção de veludo com cerca de 2 cm de profundidade em cada extremidade do interior do OTA, para que ao voltar a montar a célula do espelho primário (de um lado) e a aranha (do outro lado) elas possam caber sem problemas.



Figura 3



Figura 4

### **“Flocar” o espelho secundário**

Finalmente e para acabar esta 1.<sup>a</sup> parte (de um conjunto de 3 artigos) passaremos ao escurecimento do espelho secundário. O trabalho deve ser feito em cima de uma cama e com as mãos bem lavadas, para evitar as dedadas. Tendo uma superfície pequena, o espelho secundário é relativamente fácil de “flocar”.

a parte traseira, recorri a moldes, e depois de transferidos para o veludo, foram aplicados no espelho.

Nos bordos laterais recorri a outra aproximação: coleí a toda a volta um bocado de veludo de modo a cobrir todo o bordo lateral, depois com um *x-acto* retirei a toda a volta o excesso. Pela forma do bordo lateral, esta foi a única maneira de o cobrir com o veludo e resultou em cheio, como se pode ver na fig. 4.

### **Conclusão**

Escurecer o interior do OTA é um trabalho que pode ser feito por qualquer um, com materiais de venda corrente em estabelecimentos comerciais e que traz grandes benefícios, a vários níveis, para o telescópio. O que imediatamente se constata é o aumento de contraste das imagens observadas através do telescópio; também torna o OTA mais sólido e menos propenso à formação de humidade nas paredes interiores do tubo, impedindo assim que esorra água para cima dos componentes ópticos. Por ultimo é sempre de frisar que, esteticamente, fica sempre um telescópio melhor. No final será preciso voltar a colimar o telescópio, como é óbvio.



---

(1) Este termo deriva do nome comercial de um produto denominado *Flocked Paper*, fabricado expressamente para este fim pela empresa norte-americana *ProtoStar* ( <http://www.fpi-protostar.com/flock.htm> ).

