

# GEORGE WILLIS RITCHEY (1864-1945), ASTROFOTÓGRAFO E CONSTRUTOR DOS GRANDES TELESCÓPIOS DO FUTURO

PEDRO RÉ

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

George Willis Ritchey foi um pioneiro da astrofotografia e da construção dos primeiros telescópios reflectores de grande abertura. As suas ideias visionárias nem sempre foram bem aceites pela comunidade científica da época. A sua vida e obra está intimamente ligada à do astrónomo George Ellery Hale (1868-1938) que esteve na base da criação dos observatórios de Lick, Monte Wilson e Monte Palomar. As relações entre ambos nem sempre foram pacíficas, tendo culminado com o despedimento de G.W. Ritchey do observatório de Monte Wilson em 1919. G.W. Ritchey é hoje sobretudo conhecido por ter idealizado e construído os primeiros telescópios reflectores Ritchey-Chrétien.

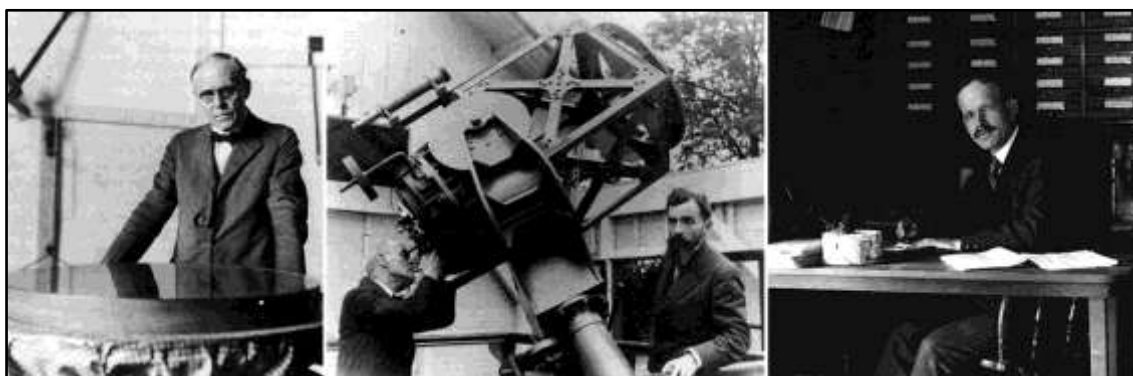


Figura 1- George Willis Ritchey (ca. 1927, esquerda, ca. 1930, centro com Henri Chrétien) e George Ellery Hale (ca. 1905, direita).

Ritchey nasceu no estado de Ohio durante o último ano da Guerra Civil Americana (1864) e morreu nos arredores da cidade de Los Angeles no final da 2ª guerra mundial (1945). Quando Ritchey nasceu o maior telescópio existente era o refractor Clark de 18,5" (47 cm) da Universidade do Mississippi mais tarde instalado no observatório de Dearborn (Northwestern University). No ano da sua morte o maior telescópio existente era o reflector de 5 m do observatório do Monte Palomar. Ritchey não construiu nenhum destes instrumentos mas participou na construção de diversos telescópios reflectores e do reflector do observatório do Monte Palomar.

A família de G.W. Ritchey emigrou para os Estados Unidos em 1841. O avô e o pai de Ritchey (originários da Irlanda do Norte) estabeleceram-se em Pomeroy (Ohio) e fundaram uma empresa de fabrico de mobiliário. Ritchey cresceu e estudou em Pomeroy, Evansville, Indiana e em Cincinnati. Trabalhou com o seu pai como carpinteiro durante alguns anos. Frequentou a Universidade de Cincinnati durante apenas dois anos e trabalhou no observatório desta Universidade como assistente de observação. Durante este período teve acesso aos trabalhos de Henry Draper (1837-1882) e Andrew Ainslie Common (1841-1903) sobre a construção de telescópios reflectores e criou a sua própria oficina de óptica. Construiu os primeiros instrumentos de observação isoladamente como autodidata. Mudou-se para Chicago em 1888. Pouco tempo depois ocupa o cargo de professor numa escola Técnica local.

Ritchey contacta pela primeira vez G.E. Hale em 1890. Hale, quatro anos mais novo do que Ritchey, interessou-se desde cedo pela "nova astronomia". Fundou um observatório privado com fundos próprios (observatório de Kenwood) nos suburbios de Chicago (Figura 2). Realizou numerosas observações solares utilizando um refractor de 30 cm e um espectrógrafo de alta resolução (mais sofisticado do que o existente no observatório de Lick na época). A tese de final de curso de Hale, relacionada com astrofísica solar, foi efectuada sob a supervisão de Edward C. Pickering (1846-1919). G. Ritchey realizou diversos trabalhos de óptica encomendados por Hale e ofereceu-se para desempenhar funções de observador voluntário no observatório de Kenwood.

Em 1892, G. Hale é nomeado Professor associado da Universidade de Chicago com apenas 24 anos de idade. Desenvolve trabalho com estudantes graduados no observatório de Kenwood e faz os contactos necessários para iniciar a construção de um observatório que incluiria o maior telescópio refractor do mundo. O financiamento para a construção deste telescópio foi disponibilizado por Charles T. Yerkes. O telescópio que viria a equipar o observatório de Yerkes foi construído por Alvan G. Clark (objectiva de 40") e pela firma Warner & Swasey (montagem equatorial). Hale e Ritchey já estavam nesta altura (1897) convictos que os telescópios reflectores e não os refractores seriam os instrumentos do futuro.

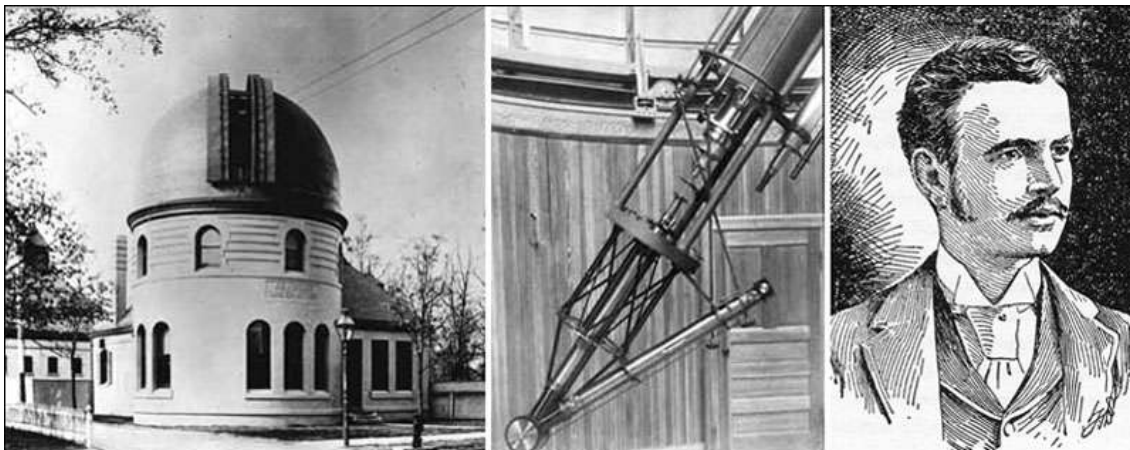


Figura 2- Observatório de Kenwood, espectrógrafo associado ao telescópio refractor de 30 cm de abertura e G.E. Hale com 20 anos de idade (1888).

Durante o período em que o telescópio de 40" estava a ser construído, Hale adquire com fundos próprios, uma bolacha de vidro com 60" (1,52 m) de diâmetro com o intuito de vir mais tarde a construir o maior reflector existente. As negociações para a compra do espelho foram efectuadas por Ritchey junto da firma francesa (St. Gobain Glass Company).

Em 1896, Ritchey encontra-se a trabalhar exclusivamente para G. Hale (com o salário pago pelo pai de Hale, William E. Hale). Quando o telescópio de 40" foi inaugurado em 1897 (Figura 3), Ritchey estava já a trabalhar na construção do espelho de 60".



Figura 3- Observatório de Yerkes e telescópio refractor de 40".

Ritchey a partir de 1900 realizou numerosas fotografias da Lua, enxames estelares e nebulosas com o refractor de 40". Reconheceu desde cedo a importância de uma boa guiagem e foi pioneiro na utilização de filtros amarelos e de chapas ortocromáticas para obviar os efeitos da elevada aberração cromática exibida por este tipo de instrumentos (telescópios refractores acromáticos). As astrofotografias obtidas com este tipo de técnicas revelaram-se muito superiores às obtidas recorrendo a chapas mais sensíveis na região azul do espectro electromagnético e ao uso de uma terceira lente correctora colocada antes da objectiva principal. Os refractores deste período estavam sujeitos a problemas de flexão do tubo que dificultavam sobremaneira a realização de astrofotografias de longa pose. Ritchey desenvolve ainda um porta-chapas especial que podia ser movimentado segundo dois eixos, minimizando deste modo os erros

da guiagem. Desenvolve igualmente um sistema que lhe permitia interromper as exposições nos períodos de maior turbulência atmosférica (recorrendo a um obturador colocado antes da objectiva principal que era operado por um assistente).

Estas técnicas foram descritas de um modo pormenorizado numa publicação em 1900<sup>1</sup>:

(...)

*The guiding device or sliding plate-carrier for long exposures is somewhat similar to that described by Dr. Common in Monthly Notices, 49, 207; it was constructed in a very perfect manner by Mr. Johannesen, the observatory instrument maker. The plate-holder is carried on two slides, at right angles to each other, and is movable by two fine screws, the milled heads of which are held in the observer's fingers. A guiding eyepiece giving a power of 1000 diameters with the 40-inch telescope is mounted on the frame to which the plate-holder is rigidly attached; the eyepiece can be moved in two directions on this frame, so that a suitable guiding star near the edge of the plate can be found. Fine "cross-wires" of silk fiber are illuminated by red light from a small incandescent lamp mounted at the side of the eyepiece, the light being controlled by a rheostat. A light flap is arranged so that it can be turned down instantly over the plate if anything goes wrong. By this simple arrangement the full power of the 40-inch telescope is used in guiding (...). Even under the best conditions incessant small movements of the image, due chiefly to the atmosphere, but partly to the instrument, render necessary continual guiding by means of the two screws which move the plate holder (...). The plate-holder is so light, and the slides and screws are so well made, that guiding in this way can be accomplished with great delicacy and quickness, as compared with what could be done if the usual method of moving the entire telescope by means of the slow motions were employed; this will be readily appreciated when I state that on average no less than sixty movements of the screws per minute are necessary, even under the best atmospheric conditions (...). Experience has shown that to obtain the sharpest results and the roundest possible star-images the observer must not take his eye from the guiding eyepiece nor his fingers from the screw for an instant without first turning down the flap of the plate; this is done even when the observer moves his chair and when the assistant is changing the height of the elevating floor. The flap is very useful also when sudden disturbances of any kind occur, such as those due to the slight shifting of the objective in its cell, the slight jar caused by the longitudinal slipping of the declination axis in its sleeve, and sudden blurring of the image due to atmospheric causes (...). In spite of several objections, the use of the sliding plate-holder in guiding seems indispensable with the very large photographic telescopes, if the sharpest possible results are to be secured. With the 40-inch it would certainly be impossible to guide properly if the entire mass of the telescope had to be moved by means of the slow motions, however perfect. Furthermore, the problem of mounting side by side, for example, two 40-inch objectives – a photographic and a visual for guiding – with stability in their cells that there would be no relative shift of the two sufficiently large to produce a sensible change in the relative position of the photographic and guiding images at the eye-end, 63 feet away, would present very seriously if not insurmountable difficulties.*

Ritchey obteve astrofotografias de longa pose (várias horas) por vezes ao longo de duas noites de observação (deixando a chapa fotográfica no interior do porta-chapas). Estas fotografias de enxames globulares e nebulosas constituem os melhores resultados obtidos no início do século 20 (Figura 4).

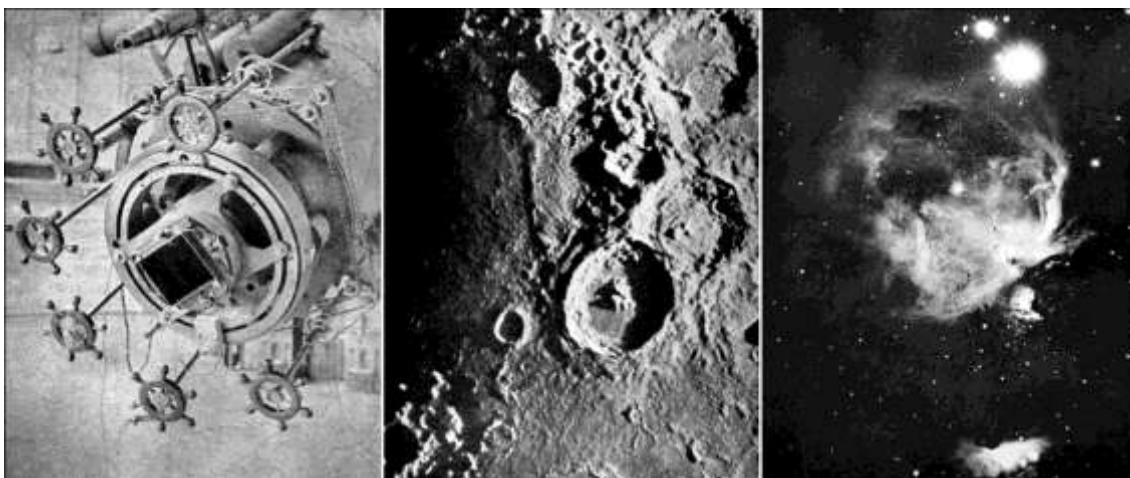


Figura 4- Porta-chapas do telescópio refractor de 40" do observatório de Yerkes. Images da Lua e da nebulosa M 42 obtidas por G.W. Ritchey com o auxílio deste instrumento.

<sup>1</sup> Ritchey, G.W. (1900). Celestial photography with the 40-inch visual telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 12: 352-361.

Em 1901, Ritchey constrói no observatório de Yerkes, o primeiro telescópio reflector profissional com 24" (61 cm) de abertura  $f/4$ . O espelho tinha sido construído em Chicago quando Ritchey ainda se encontrava a trabalhar para G.E. Hale. A montagem equatorial alemã não foi idealizada por Ritchey e deste modo não inclui quaisquer elementos inovadores (Figura 5). Com o auxílio deste instrumento, Ritchey obtém astrofotografias de longa pose de nebulosas muito superiores às obtidas como auxílio do reflector de Crossley do observatório de Lick (36"  $f/5.7$ )<sup>2</sup>.

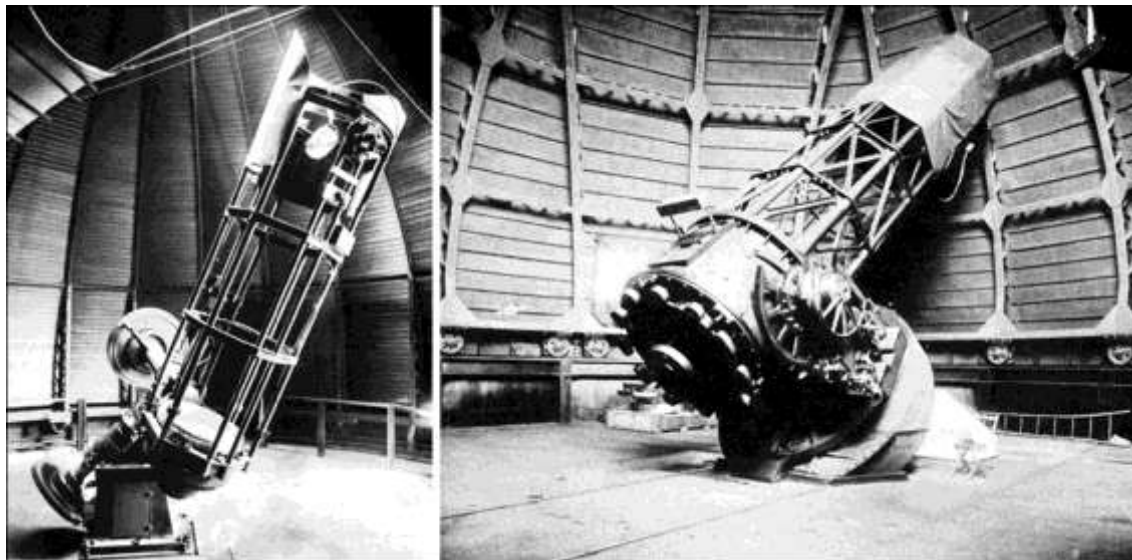


Figura 5- Telescópio de 24"  $f/4$  (ca. 1900, esquerda) e de 60"  $f/5$ ,  $f/15$  (ca. 1908, direita) do observatório de Yerkes e do Monte Wilson respectivamente.

As astrofotografias de Ritchey foram exibidas por G.E. Hale numa reunião da "Astronomical and Astrophysical Society" que teve lugar em Washington no final de 1901. Ritchey a convite de Samuel Pierpont Langley (1834-1906), secretário da "Smithsonian Institution", publica em 1904 um extenso trabalho (51 páginas) intitulado "*On the Modern Reflecting Telescope and the Making and Testing of Optical Mirrors*"<sup>3</sup>. Este trabalho torna-se rapidamente numa referência essencial para todos os construtores de superfícies ópticas. No mesmo ano publica uma selecção das suas melhores fotografias obtidas no observatório de Yerkes<sup>4</sup>.

G.E. Hale após ter finalizado a construção do observatório de Yerkes começa a planear (após o falecimento do seu pai em 1898) a instalação de um observatório solar na Califórnia. Originalmente Hale tencionava utilizar o espelho de 60", que estava a ser finalizado por Ritchey, neste novo observatório no intuito de comparar o espectro solar com os espectros de diversas estrelas. Nasce assim o observatório do Monte Wilson e em 1905, Hale instala o telescópio solar horizontal ("Snow") com 24" de abertura  $f/30$  da autoria de Ritchey. O celóstato utilizado neste observatório solar foi igualmente construído por Ritchey (Figura 6).

Os primeiros planos para a construção do telescópio reflector de 60" foram publicados por Ritchey em 1901<sup>5</sup> quando se encontrava ainda no observatório de Yerkes. Estes planos incorporavam já alguns elementos inovadores, como o sistema de flutuação do espelho descrito em 1897<sup>6</sup>. Este telescópio foi instalado no observatório do Monte Wilson em 1908 (Figura 5). Tratava-se de um novo conceito de telescópio muito avançado para a época. Podia ser utilizado no foco Newton ( $f/5$ ) ou no foco Cassegrain ( $f/15$ ), ou ainda no foco Coudé (Figura 7). A cúpula foi concebida para maximizar a circulação de ar e deste modo minimizar os fenómenos de turbulência. Ritchey chegou a prever a utilização de um sistema de refrigeração para poder manter os espelhos a uma temperatura idêntica à temperatura ambiente

<sup>2</sup> Este telescópio reflector de 36" (915 mm)  $f/5,7$ , foi construído pelo astrónomo amador inglês Andrew Ainslie Common (1841-1903) em 1876 e foi utilizado por J.E. Keeler (1857-1900) para obter um elevado número de astrofotografias de objectos do céu profundo num período de apenas 2 anos.

<sup>3</sup> Ritchey, G.W. (1904). *Smithsonian Contributions to Knowledge*, Vol. 34: 1-51.

<sup>4</sup> Ritchey, G.W. (1904). *Astronomical Photography with the Forty-inch Refractor and the Two-Foot Reflector of the Yerkes Observatory*. *Publications Yerkes Observatory*, 2: 387-398.

<sup>5</sup> Ritchey, G.W. (1901). The two-foot reflector telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, 14 (4): 217-233.

<sup>6</sup> Ritchey, G.W. (1897). A Support System for Large Specula. *Ap. J.*, 5: 143-147.

durante o período de observação, sistema que não chegou a ser instalado. Este instrumento foi um enorme sucesso<sup>7</sup>. Ritchey obteve inúmeras fotografias da Lua e enxames de estrelas (foco Cassegrain) e de nebulosas (foco Newton) com um pormenor nunca antes registado. Estas fotografias foram pela primeira vez exibidas na reunião da "International Union for Cooperation on Solar Research" organizada por Hale em 1910. Os astrónomos que participaram nesta reunião puderam utilizar o telescópio visualmente durante 3 noites.

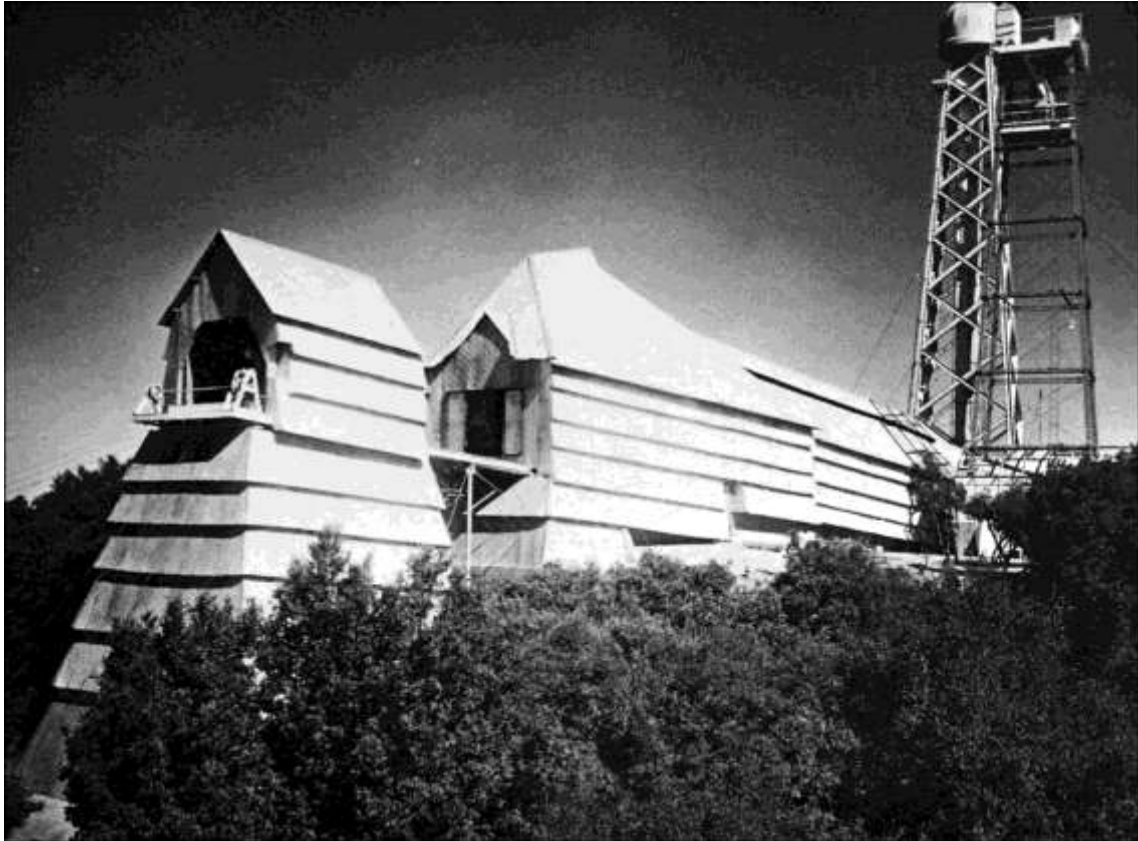


Figura 6- Telescópio solar "Snow", observatório de Monte Wilson (ca. 1905).

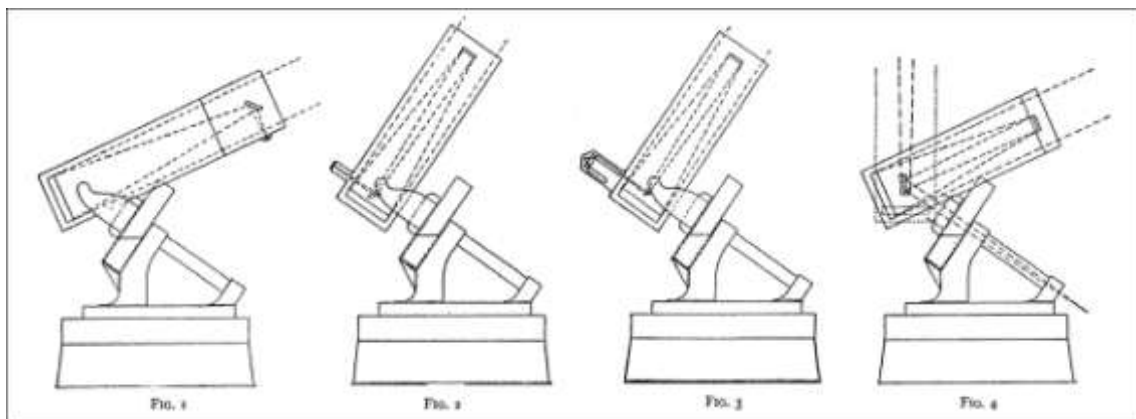


Figura 7- Telescópio refletor 60"  $f/5$ ,  $f/15$ , Observatório de Monte Wilson: 1- Foco Newton 7,6m; 2- Foco Cassegrain 30,5m; 3- Foco Cassegrain, espectroscopia 24,4m; 4- Foco Cassegrain-Coudé 45,4m.

Ritchey concebe um novo porta-chapas para o telescópio de 60" descrito pormenorizadamente numa publicação em 1909<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Ritchey, G.W. (1909). The 60-inch reflector of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 36: 71-82.

<sup>8</sup> Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 47: 283-292.

*The new plate-carrier (...) takes plates 3 ½ inches (89 mm) square. This small size is chosen because it allows the guiding eyepiece to be near the center of the field. It includes a clear field about 36 minutes of arc square, and fully covers all of the central region which is free from objectionable distortion. A second guiding eyepiece is also used, the two being on opposite sides of the center. Each gives a magnification of about 750 diameters. This allows any slight rotation of the field to be detected immediately; such rotation is corrected by rotating the bronze plate which carries the guiding eyepieces and plate-holder; two fine screws with graduated heads are provided for effecting this rotation. The small metal plate-holder, which is shown in place on the apparatus, is so designed that it can be quickly removed and replaced as frequently as desired during long exposures, thus allowing access to the focal plane for the purpose of refocusing by means of the knife-edge. The position of the plate-holder is defined by small hardened steel surfaces so that when replaced it returns accurately to its original position with reference to the guiding eyepieces. With the small apparent change of focus which takes place since the canopy has been in use, it is found that refocusing every 25 or 30 minutes in the early part of the night, and every 40 or 45 minutes after 11:00 P.M., is usually sufficient. With the new plate-carrier, all of the uncertainties which usually occur in making long exposures with very large telescopes are eliminated. A plate can be exposed night after night, if desired, with the assurance that no error in focus greater than one or two thousandths of an inch can occur, and that no rotation of field can take place without immediately being detected and corrected. Both of these conditions are absolutely necessary for the finest results with an instrument so powerful and sensitive as the 60-inch. With these conditions no injury or elongation of the star-images or nebular details can occur and the full effect of the prolonged exposure is secured. All of the negatives which have been secured with the new plate-carrier show perfectly round star-images. On the best negatives, with exposures of eleven hours, the smallest star-images are 1.03" in diameter.*

Obeve com este instrumento astrofotografias de elevada qualidade ao longo de várias noites de observação recorrendo à utilização de chapas fotográficas com um grão fino, menos sensíveis mas com uma melhor resolução (*Seed 23*)<sup>9</sup> (Figuras 8, 9, 10, 11).

Em 1910, G.E. Hale planeia a construção de um telescópio reflector de 100" (2,52m) com fundos dispobilizadas por John D. Hooker que viria a dar o nome ao telescópio. O espelho foi comprado à mesma firma francesa que fabricou o espelho de 60" (St. Gobain Glass Company). Os primeiros espelhos fabricados por esta firma continham inúmeras bolhas de ar e foram rejeitados. Após vários anos de espera Ritchey resolve trabalhar no primeiro espelho enviado para a oficina de óptica do observatório do Monte Wilson.

Os telescópio reflectores de 60" e de 24" apresentavam uma aberração comática considerável. Ritchey verificou que esta aberração era muito mais pronunciada no foco Newton do reflector de 60" do que no foco Cassegrain. Pensava que o espelho secundário hiperbólico era responsável por esta redução da aberração. Pediu a Henri Chrétien, astrónomo francês que se encontrava a efectuar um estágio no observatório, para calcular um espelho secundário que minimizasse o efeito de coma. Chrétien, matemático e especialista em óptica teórica, cedo compreendeu que os espelhos primário e secundário tinham que ser refigurados. Nasce assim o telescópio reflector Ritchey-Chrétien que consiste numa modificação do telescópio Cassegrain em que os espelhos primário e secundário são hiperbólicos de revolução. Ritchey pretendia construir o telescópio de 100" com esta configuração. Esta pretensão não foi aceite por Hale e por Walter Sydney Adams (1876-1956) que viria a suceder a Hale na direcção do observatório. Estes astrónomos estavam mais interessados em utilizar o telescópio Hooker em estudos de espectroscopia e por este motivo não permitiram que Ritchey construísse o primeiro Ritchey-Chrétien. A insistência de Ritchey junto do J.D. Hooker fez com que Hale perdesse a confiança no seu trabalho. É acusado de comportamento desleal sendo despedido por Hale em 31 de Outubro 1919. Antes de ser afastado do observatório de Monte Wilson, Ritchey finaliza a óptica do telescópio de 100" em 1918<sup>10</sup>.

Ritchey nunca chegou a utilizar o telescópio de 100". Após o seu despedimento retira-se para o seu rancho em Azusa dedicando-se á cultura de laranjas e limões durante 4 anos e meio. Em 1923 um engenheiro francês e a sua mulher (Assan e Mary Dina) contratam-no para construir o maior telescópio existente com um espelho de 104" (2,65m). Ritchey viaja até França em 1924, começa a trabalhar na oficina de óptica do observatório de Paris e faz planos para a construção de espelhos de 5 e 6m. Com o falecimento de Dina em 1928 o projecto inicial não passa do papel. Ritchey passa sete anos em Paris com o intuito de planear a construção dos maiores telescópios do mundo. Idealiza os espelhos celulares que viriam mais tarde a ser instalados no telescópio de 5m do Monte Palomar. Em 1927 descreve os planos para a construção de um telescópio de 10m de abertura numa ilha do Pacífico. Descreve inúmeros

<sup>9</sup> Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 47: 283-292.

<sup>10</sup> A correcção dos espelhos só foi suplantada pelo telescópio reflector do observatório de Kitt Peak nos anos 60 do século 20.

telescópios verticais com espelhos intermutáveis de abertura elevada. Um destes planos previa a utilização de 3 espelhos de 4m de diâmetro que podiam ser utilizados segundo três configurações (Cassegrain, Ritchey-Chrétien e Schwarzschild). Os espelhos do celóstato tinham um diâmetro de 5m. Num estudo subsquente (1928) idealiza a construção de um telescópio vertical fixo com quatro espelhos de 5m (dois Schwarzschild e dois Ritchey-Chrétien) (Figura 12). Projecta igualmente um telescópio Ritchey-Chrétien numa montagem equatorial de garfo (Figura 13).



Figura 8- M3. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 9 de Abril de 1910 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 3,5h de exposição.



Figura 9- M13. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 6, 7 e 8 de Junho de 1910 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 11h de exposição.





Figura 10- M51. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 7 e 8 de Abril de 1910 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 10h 45m de exposição.



Figura 11- M81. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 1917 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 3h de exposição.

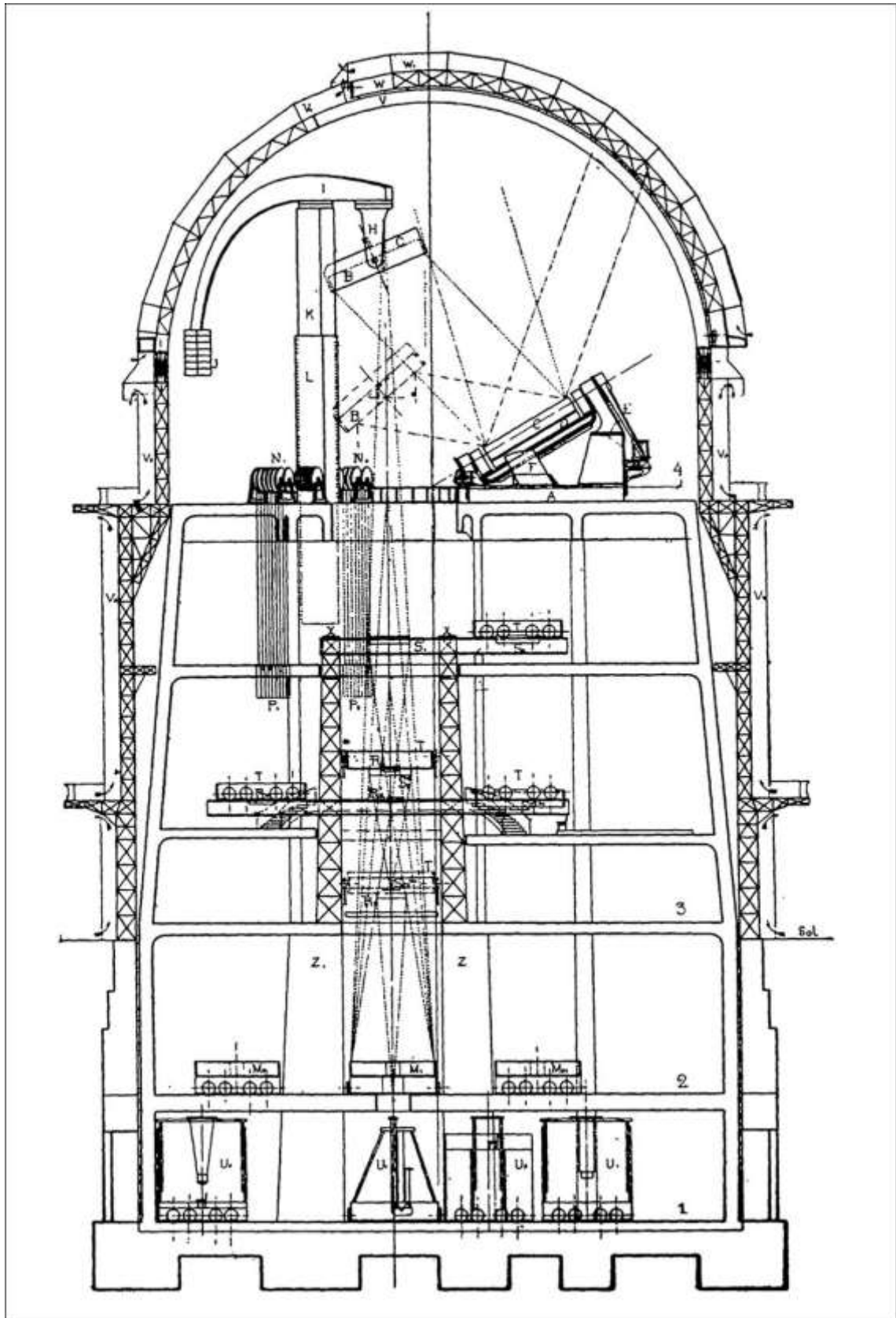


Figura 12- Telescópio vertical fixo idealizado por G.W. Ritchey munido de espelhos primários de 5m e espelhos de 6m que equipavam o celóstato.

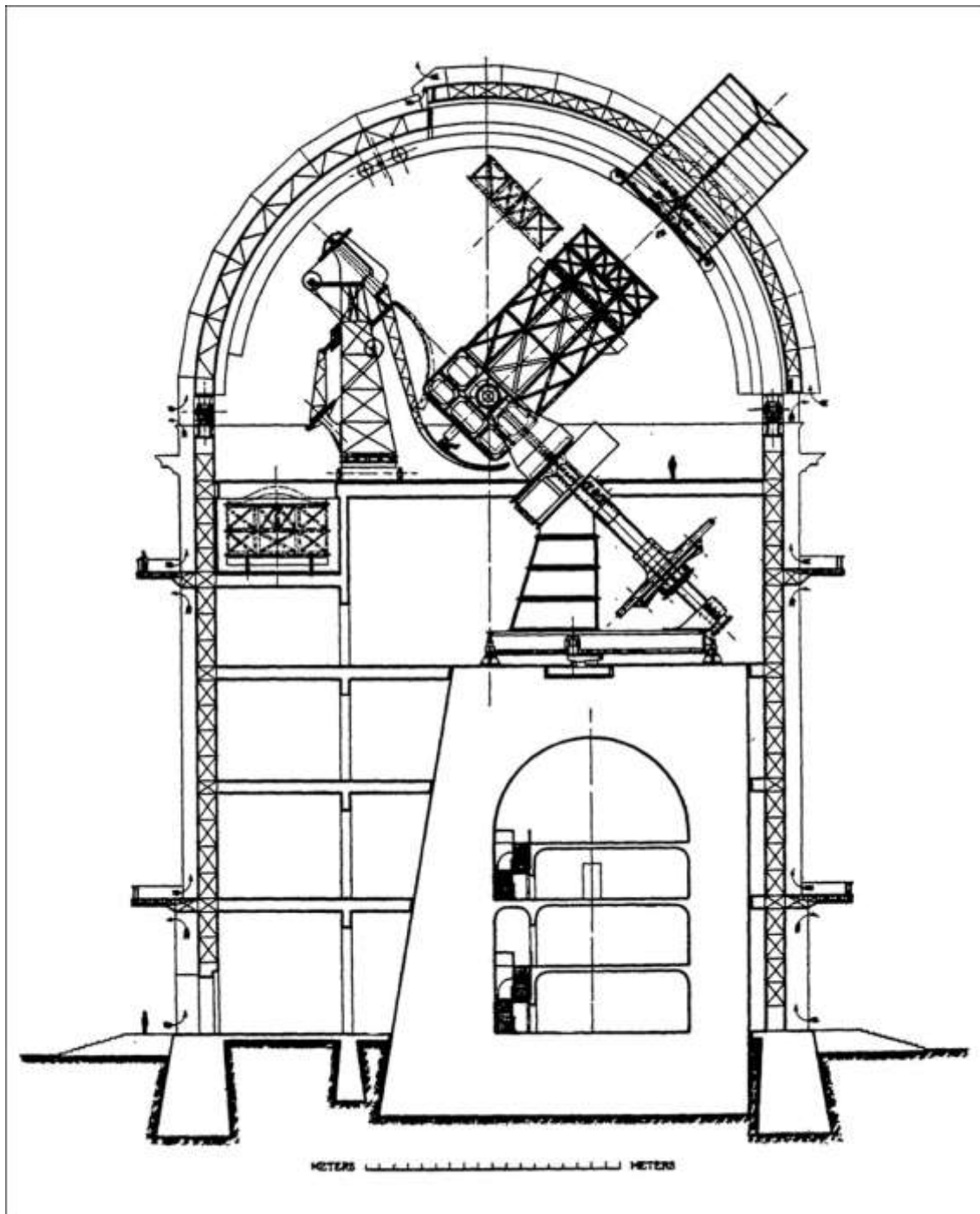


Figura 13- Telescópio reflector Ritchey-Chrétien de 6m de abertura, montagem equatorial de garfo.

Em França, Ritchey constrói finalmente o primeiro telescópio Ritchey-Chrétien. Este reflector com apenas 50 cm de abertura é exibido em 1927 na Academia de Ciências em Paris. Ritchey tencionava utilizar este instrumento para obter fotografias de longa pose e deste modo convencer a comunidade científica das vantagens desta configuração. O telescópio foi montado num local pouco adequado e a idade avançada de Ritchey (62) não lhe permitiu obter quaisquer resultados relevantes. Em 1928, escreve uma série de artigos que foram publicados em revistas francesas (*L'Astronomie*<sup>11</sup>) e canadianas (*Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*<sup>12</sup>). Estes artigos foram publicados unicamente devido aos esforços de alguns astrónomos como E.M. Antoniadi (1870-1944). Após o despedimento do observatório de Monte

<sup>11</sup> Ritchey (1928), *L'Astronomie*, n 42.

<sup>12</sup> Ritchey (1928/1929), *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, n 22, n 23.

Wilson, Hale e Adams opuseram-se de um modo determinado à publicação das ideias de Ritchey em revistas americanas. Algumas destas ideias foram publicadas em livro em 1929<sup>13</sup>.

Ritchey regressou aos Estados Unidos em Dezembro de 1930. Consegue finalmente construir um telescópio Ritchey-Chrétien com 40" (1m) de diâmetro que é instalado em 1934 no observatório Naval americano. Foi o primeiro instrumento deste tipo a ser utilizado regularmente. Inicialmente instalado em Washington foi mais tarde transportado para a estação do observatório naval no Arizona (Flagstaff) em 1955. O espelho primário original de pyrex foi substituído em 1969 por um novo espelho de quartzo fundido (Figura 14).

As ideias visionárias de Ritchey são hoje amplamente reconhecidas. A grande maioria dos grandes telescópios actuais são telescópios Ritchey-Chrétien.



Figura 14- Telescópio Ritchey-Chrétien (1m), US Naval Observatory, Flagstaff Station.

#### *Bibliografia*

- Ritchey, G.W. (1900). Celestial photography with the 40-inch visual telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 12: 352-361.
- Ritchey, G.W. (1901). The tow-foot reflector telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, 14 (4): 217-233.
- Ritchey, G.W. (1909). The 60-inch reflector of the Mount Wilson Solar Observatory. *Astrophysical Journal*, 36: 71-82.
- Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 47: 283-292.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part I- The fixed universal telescope. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (5): 159-177.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part II-The Ritchey-Chrétien Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (6): 207-230.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part III-The Ritchey-Chrétien Aplanatic Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (8): 303-324.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part IV- Astronomical photography with very high powers. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (9): 359-382.
- Ritchey, G.W. (1929). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part V-The new astronomical photography. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 23: 15-36.
- Osterbrock, D.E. (1993). *Pauper & Prince. Ritchey, Hale & big American telescopes*. The Universe of Arizona Press.
- Osterbrock, D.E. (1993). The Canada-France-Hawaii Telescope and George Willis Ritchey's Great Telescopes of the Future. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 87 (1): 51-63.

<sup>13</sup> Ritchey, G.W. (1929). *L'Évolution de l'Astrophotographie et les Grands Télescopes de L'Avenir*. Société astronomique de France.