

Como escolher um bom telescópio?

Por Hindenburg Melão Jr.

www.saturnov.org

Esta é a versão 3.0 do artigo escrito em 2009, atualizado em 2016 e novamente atualizado em 2021. Em 2016 foi revisada em poucos detalhes relacionados à importação e em 2021 foram mais alguns detalhes relacionados à fotografia. Na maioria dos outros tópicos, o texto foi mantido na íntegra, pois preserva sua atualidade e exatidão.



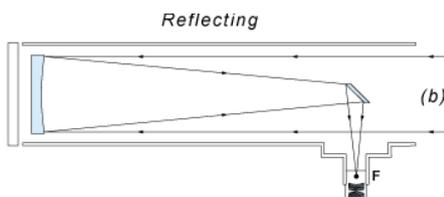
A escolha de um telescópio é uma tarefa relativamente simples, quando se dispõe dos conhecimentos básicos sobre quais características se deve priorizar. As informações divulgadas em diversos sites nem sempre são corretas e muitas vezes são conflitantes, aumentando a confusão, em vez de auxiliar na escolha. Muitas vezes a eleição do melhor instrumento é parcialmente subjetiva, dependendo das preferências e necessidades individuais. Se a pessoa quer um telescópio exclusivamente para observação direta, sem interesse em tirar fotos, as prioridades não são as mesmas para outra que queira principalmente usá-lo para Astrofotografia. Se uma pessoa quer principalmente estudar planetas, suas prioridades também são diferentes das de uma pessoa que queira observar céu profundo e cometas. Se a pessoa quer um instrumento para viagens constantes, ou para observar o Sol, ou para alguma finalidade mais especializada, também deve adotar critérios específicos na sua escolha. Se vive numa metrópole ou num sítio, os critérios também mudam. Neste artigo tentaremos proporcionar uma visão geral sobre o tema, e esperamos que cada um se aprofunde nos detalhes que sejam úteis ao seu caso pessoal.

Visão geral:

Os telescópios são constituídos por algumas partes comuns a todos eles, como o tubo óptico, o tripé, a montagem, o focalizador e a ocular. Além destas partes, possuem algumas que são específicas para cada design óptico, como os espelhos primário, secundário, terciário, menisco, placa corretora, objetiva, aranha, motor, GoTo, buscador, telrad etc.

Os telescópios se dividem em basicamente em 3 tipos: refletores (catóptricos), refratores (dióptricos) e catadióptricos.

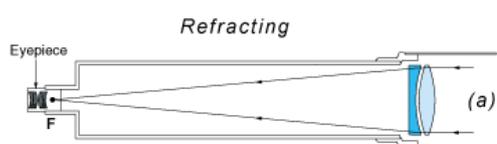
Os 3 tipos (designs ópticos) de telescópios:



Os refletores usam um espelho primário, grande, curvo, que fica no fundo do tubo e sobre o qual incide a luz, que é refletida de modo a se concentrar num ponto (o foco). Antes de chegar ao primário, a luz atravessa um suporte (aranha) no qual fica um espelho secundário, inclinado 45° em relação ao eixo óptico, para refletir a luz do primário em direção à ocular. O nome

“refletor” é porque seu princípio óptico consiste em refletir a luz por meio de um espelho. Os espelhos primários podem ser esféricos (capa de esfera), paraboloides (capa do vértice do parabolóide) ou hiperboloides (capa do vértice do hiperbolóide). A construção de espelhos esféricos é muito mais fácil, porque o desbastamento natural do movimento de polir gera uma concavidade esférica, o que os torna também mais baratos, por outro lado a curva “correta”, para que todos os raios de luz incidentes sejam direcionados precisamente ao mesmo ponto, o foco,

a curva da superfície do espelho precisa ser aderente à uma capa de hiperboloide. Por aproximação, um espelho esférico é razoavelmente semelhante a um hiperboloide na região central, e a diferença é tanto menor se tanto maior for a relação focal, e tanto menos notada se tanto menor for o tamanho angular do objeto observado. Os espelhos parabólicos produzem imagens muito menos distorcidas, principalmente nas bordas, mas a produção destes espelhos é mais difícil e mais cara. Espelhos hiperbólicos são os melhores e também os mais caros. Os espelhos secundários normalmente são planos, mas em alguns casos podem ser curvos para corrigir aberrações geométricas causadas nas bordas da imagem pelo primário, já que os secundários são bem menores, e é mais fácil (e barato) trabalhar em superfícies menores. Os tipos mais populares de refletores são o Newtoniano e o Cassegrain, sendo o Newtoniano de longe o mais popular de todos. É interessante que desde Newton até os dias atuais o design óptico que ele inventou continua sendo um dos melhores.



Os refratores são constituídos por uma lente simples ou composta, a “objetiva”, através da qual passa a luz, que é refratada de modo a se concentrar num ponto, o foco. O processo é semelhante ao do refletor, com algumas vantagens e algumas desvantagens. Uma das desvantagens é que a luz visível é constituída por vários comprimentos de onda que são percebidos pelo olho como diferentes cores, com diferentes índices de refração. Assim, quando a luz passa de um meio menos denso, como o ar, para outro mais denso, como o vidro, cada comprimento de onda se inclina num ângulo diferente, fazendo com que a imagem que chega ao olho ou ao sensor da câmera fique com uma das bordas azulada e a outra avermelhada. Isso se chama “aberração cromática”. O efeito é o mesmo de introduzir um prisma para decompor as cores, que gera um efeito semelhante a um arco-íris. Isso naturalmente prejudica a imagem. O uso de lentes simples tem inerentemente este problema. Para atenuar este efeito, foram criados os telescópios acromáticos, com duas lentes coladas (doublet). Há os telescópios apocromáticos, com 3 lentes, em que se consegue atenuar a aberração dentro do espectro visível num nível tão bom que o olho humano quase não consegue perceber a aberração. Porém isso tem um custo, e não é pequeno. Um apocromático de 250mm pode custar mais de \$ 50.000,00, enquanto um Newtoniano de mesma abertura custa \$ 1.000,00. Há também telescópios superacromáticas, com 4 lentes coladas, que conseguem reduzir a aberração mais do que os apocromáticos. E há os semi-apo, que usam duas lentes sólidas (algum tipo de vidro) e uma lente líquida (óleo) ou gasosa (ar ou N₂). Os semi-apo proporcionam uma qualidade intermediária entre os acromáticos com 2 lentes e os genuínos apocromáticos com 3 lentes, isso porque o óleo ou o ar entre as duas lentes sólidas acaba desempenhando um papel de lente também, porém com índice de refração menor que o das lentes sólidas, além de ter suas propriedades mais sensíveis a variações de temperatura, por isso é inferior aos legítimos apocromáticos. Os semi-apo costumam usar também elementos ED (extra-low dispersion), em lugar de LD (low dispersion), o que ajuda a minimizar o efeito de aberração cromática, quando comparados aos acromáticos. Materiais como fluorita e lantânio, por exemplo, apresentam menor dispersão porque a diferença entre o índice de refração para luz vermelha e para azul é menor. Outro recurso para reduzir a aberração cromática é aumentar o espaçamento entre as lentes, de modo que o efeito produzido pelo ar seja ampliado. O design petzval tem essa característica.

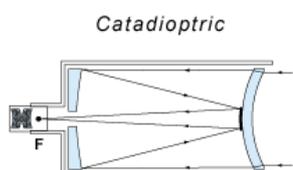


Outra desvantagem dos refratores é que não se consegue construir lentes muito grandes. O maior refrator do mundo mede 1016 mm de diâmetro, 10 vezes menor que o maior refletor, e capta 100 vezes menos luz. As tentativas de construir lentes maiores resultaram em deformação

destas lentes, que se curvavam sob o próprio peso, e para evitar que se curvem, precisariam ser mais espessas, o que reduziria a transparência, impondo uma limitação física para o tamanho máximo que pode ter um refrator de boa qualidade. Outro fator que inviabiliza a construção de refratores muito grandes é que o índice CA é calculado com base na razão focal dividida pela abertura em polegadas, assim, para minimizar a aberração cromática de um refrator com grande abertura, sua distância focal precisaria ser gigantesca. Um pequeno refrator acromático f/15 pode ter CA em torno de 5, enquanto um grande refrator f/15 pode ter CA menor que 1. Essa talvez seja uma das razões pelas quais Lowell, ao observar Marte, usava o grande refrator de 66 cm de diâmetro com diafragma em 38 cm.

Esse problema não afeta os refletores, que podem ter espelhos tão grandes quanto se queira, já que a maior espessura não prejudica a quantidade de luz refletida, além da possibilidade de conjugar a ação de vários espelhos separados.

Entre os refratores comercializados em lojas especializadas, os maiores chegam a cerca de 300 mm. A principal vantagem dos refratores é a ausência de uma obstrução interna, proporcionando imagens com nitidez e contraste num nível muito alto, desde que a qualidade óptica também seja muito alta.



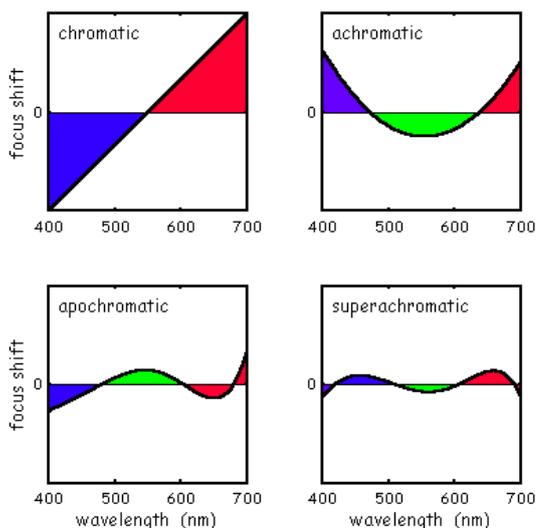
Catadióptricos são uma mistura de refletores e refratores. Há vários designs diferentes de catadióptricos. Os mais comuns usam uma lente na abertura do instrumento, atrás da qual fica um pequeno espelho concêntrico, ocupando cerca de 15% de sua superfície, e há outro espelho no fundo, com um furo no meio. Há vários tipos de catadióptricos, como Newtoniano-Cassegrain, Schmidt-Cassegrain, Maksutov-Cassegrain, Dall-Kirkham, Ritchey-Chrétien e outros. A lente usada entre o espelho e o objeto a ser observado pode ter várias finalidades, sendo uma delas a redução do tamanho do tubo sem reduzir a distância focal. Nos casos de refratores e refletores, o tamanho do tubo é proporcional à distância focal, assim um refletor com $F=1000$ mm precisa medir aproximadamente 1000 mm de comprimento, e o mesmo vale para refratores. Mas os catadióptricos podem ser fisicamente muito curtos e ter F muito longo. O Meade ETX 125, por exemplo, mede apenas 360 mm de comprimento, mas sua distância focal é de 1900 mm. Essa propriedade torna estes instrumentos mais leves, facilitando o uso e o transporte. Além disso, alguns Schmidt-Cassegrain da Celestron possibilitam remover o secundário e colocar em seu lugar uma outra lente (Hyperstar ou Fastar) que transforma o equipamento num f/2, permitindo que o mesmo instrumento seja usado para fotos de grande campo ou de grande ampliação. Outra vantagem importante do menor peso é para fotografias de longa exposição, já que o peso do tubo óptico exige maior robustez das montagens e dos motores.



Outra finalidade da lente é se antecipar às distorções que serão causadas nas bordas de espelhos esféricos ou paraboloides, “corrigindo” estas distorções antes de que elas aconteçam, e assim produzir imagens mais “planas”. Estas lentes também podem receber tratamentos anti-

reflexivos como XLT ou UHTC, que melhoram a performance do instrumento. Os grandes observatórios usam quase exclusivamente design Ritchey-Chrétien, por serem hiperboloides e terem distâncias focais longas em tubos curtos. O VLT, o Keck e o Hubble, por exemplo, são Ritchey-Chrétien. Um detalhe no caso do Hubble é que foi cometido um erro grave no polimento, produzindo uma curvatura aderente à capa de uma esfera, mas conseguiram introduzir um elemento óptico adicional no cone de luz que corrige parte da distorção e depois uma correção digital que praticamente elimina o problema. Nos casos do Keck e VLT, usam óptica adaptativa, um mecanismo que deforma suavemente a superfície do espelho para compensar a turbulência atmosférica.

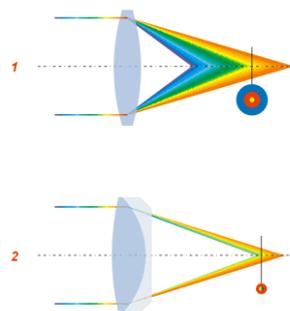
Vantagens e desvantagens de cada tipo:



Cada um destes tipos de telescópio apresenta diversas particularidades que os torna mais indicados ou menos indicados para situações específicas. De modo geral, os refratores são mais indicados para planetas, porque os planetas são objetos com elevado brilho de superfície (muita luminosidade por unidade de área) e com pequeno tamanho angular, em que o superior contraste e a boa nitidez são mais importantes do que ter grande captação de luz. E como os refratores não possuem um espelho secundário obstruindo a passagem de parte da luz, tanto o contraste quanto a nitidez podem atingir níveis melhores. Quando se observa uma imagem desfocada num refletor, pode-se perceber a aranha e o suporte do primário atrapalhando a visão e, conforme se vai refinando o foco, a obstrução vai se “dispersando” como uma mancha escura por todo o campo, até não ser mais

notada. Embora não seja notada quando a imagem está focalizada, a obstrução e a mancha escura gerada por ela continuam lá, atrapalhando um pouco.

Num refrator isso não acontece. Por outro lado, a aberração cromática é inerente ao refrator, e ela não “some” por completo nos apocromáticos, ela continua lá, mas apenas deixa de ser notada. Por isso se os refratores ganham por não terem obstrução, eles também perdem por apresentar aberração cromática. Alguns especialistas consideram que refletores são os melhores instrumentos para observação de planetas (com razão focal longa e obstrução pequena), enquanto outros recomendam os refratores. A tradição recomenda os refratores, inclusive pela maior distância focal. Mas, na prática, o que tenho observado é que as melhores fotos amadoras de planetas foram obtidas com catadióptricos e refletores. Isso acontece, em parte, porque as fotografias são facilitadas pelo acompanhamento motorizado do objeto a ser fotografado, e tubos muito pesados geram dificuldades para que os motores que fazem o tracking conservem um movimento suave e uniforme. Como os catadióptricos são menores e mais leves, acabam produzindo imagens melhores em fotografia, não tanto por sua óptica ser superior, mas porque causam menos vibrações durante o acompanhamento. Há que se considerar também as diferenças de preço e usabilidade. Para uma mesma faixa de preços, os grandes catadióptricos são mais baratos e mais práticos. Um refletor com 35 cm de diâmetro f/5 já precisa de uma escada para a pessoa subir e alcançar a ocular, e cada vez que apontar para outro objeto, precisa descer da escada, mover o tubo, subir novamente na escada etc. Com um catadióptrico de 35 cm ou até maior, isso não é necessário. E mesmo para fotografia, os cabos conectados à câmera precisariam ser mais



longos e ficariam mais enroscados com o movimento do telescópio num grande refletor do que num grande catadióptrico. Por isso até determinado limite, digamos, cerca de 30 cm, tanto os refletores quanto os catadióptricos se equiparam, aproximadamente. Mas acima desse tamanho os refletores começam a ter mais dificuldade para uso.

Para observação de céu profundo (galáxias, nebulosas, aglomerados) e cometas, os refletores de grande abertura e curta distância focal costumam ser os mais indicados, porque captam muita luz e cobrem grandes campos. A quantidade de luz que um telescópio pode captar é proporcional à sua abertura elevada ao quadrado, descontando pequenos detalhes de absorção, reflexão, dispersão. A capacidade de aumento de um telescópio depende de quanta luz ele consegue captar, para que não perca qualidade e a imagem não fique escura e granulosa. O cálculo da ampliação se dá por meio da divisão da distância focal do telescópio pela distância focal da ocular, porém é a abertura que determina qual o aumento máximo útil, além do qual não faz sentido usar ampliações maiores, já que estas não proporcionarão mais detalhes.

Para fotografia a situação muda, e pode-se conseguir excelentes imagens de DSOs e grandes cometas com praticamente qualquer telescópio, desde que tenha boa qualidade óptica, bom sistema de tracking e boa câmera. Um pequeno refrator apocromático de 80 mm ou até 60 mm pode produzir imagens excepcionais da grande Nebulosa de Orion, Andrômeda, Eta Carinae, complexo de Ophiuco etc., desde que se tenha um sistema acurado de acompanhamento, boa câmera, sejam capturadas muitas imagens com exposição adequada, seja feito um empilhamento adequado e processamento adequado. Para telescópios com f longo, pode-se fazer excelentes fotos de objetos menores. Até mesmo sem telescópio, usando apenas câmera e uma lente, pode-se fazer fotos da Via-Láctea ou partes da Via-Láctea, das grandes nuvens de Magalhães, de Andrômeda, entre outros objetos.

A imagem abaixo, da nebulosa de Eta Carinae (NGC 3372), foi feita sem telescópio, usando apenas uma câmera Canon T6s, uma lente 70-300 mm e um teleconverter Kenko 2x (com guiagem numa montagem Meade LX 200):



Alguns dos maiores objetos de céu profundo, como galáxias próximas e grandes nebulosas, são angularmente extensos, mas com baixo brilho de superfície, isto é, com pouca luminosidade por unidade de área. Nestas circunstâncias não se tem tanta necessidade de usar grandes ampliações. A galáxia de Andrômeda, por exemplo, é cerca de 5 vezes maior do que a Lua cheia, porém a Lua cheia é 3 milhões de vezes mais brilhante. Por isso aumentar o tamanho aparente dessa galáxia não é tão importante, mas conseguir tirar o máximo proveito do pouco brilho que nos chega das estrelas que a constituem é fundamental para que se possa visualizar mais detalhes. Por outro lado, há objetos de céu profundo de diferentes tamanhos, e alguns deles dependem de grandes aumentos para que se possa enxergar mais detalhes. A foto abaixo, por exemplo, da galáxia Centaurus A, foi obtida com um Meade 10" LX 200, um catadióptrico com distância focal de 2540 mm, que geralmente seria considerada muito longa para céu profundo, mas para objetos desse tamanho angular e menores, acaba sendo inclusive vantajoso ter f mais longo:



Como podemos perceber, um telescópio desenhado para produzir ótimas imagens planetárias não seria o ideal para observação de céu profundo e vice-versa, pois as características desejáveis nos dois casos são quase opostas. Por outro lado, quando se trata de fotografia, pode-se conseguir excelentes imagens de todos os tipos de telescópios, com poucas restrições. A galáxia de Andrômeda, por exemplo, não cabe inteira dentro do campo de um telescópio com f 2540 mm, mas pode-se fazer um mosaico com ela, assim como se pode fazer com Eta Carinae, e até mesmo a Lua. A foto abaixo é um pequeno mosaico em duas partes da Lua, com um Meade



Como podemos perceber, um telescópio desenhado para produzir ótimas imagens planetárias não seria o ideal para observação de céu profundo e vice-versa, pois as características desejáveis nos dois casos são quase opostas. Por outro lado, quando se trata de fotografia, pode-se conseguir excelentes imagens de todos os tipos de telescópios, com poucas restrições. A galáxia de Andrômeda, por exemplo, não cabe inteira dentro do campo de um telescópio com f 2540 mm, mas pode-se fazer um mosaico com ela, assim como se pode fazer com Eta Carinae, e até mesmo a Lua. A foto abaixo é um pequeno mosaico em duas partes da Lua, com um Meade

10" LX 200 GPS, porque a Lua cheia não cabe inteira dentro do campo, por isso foi fotografada em duas partes e depois costuradas no Photoshop.



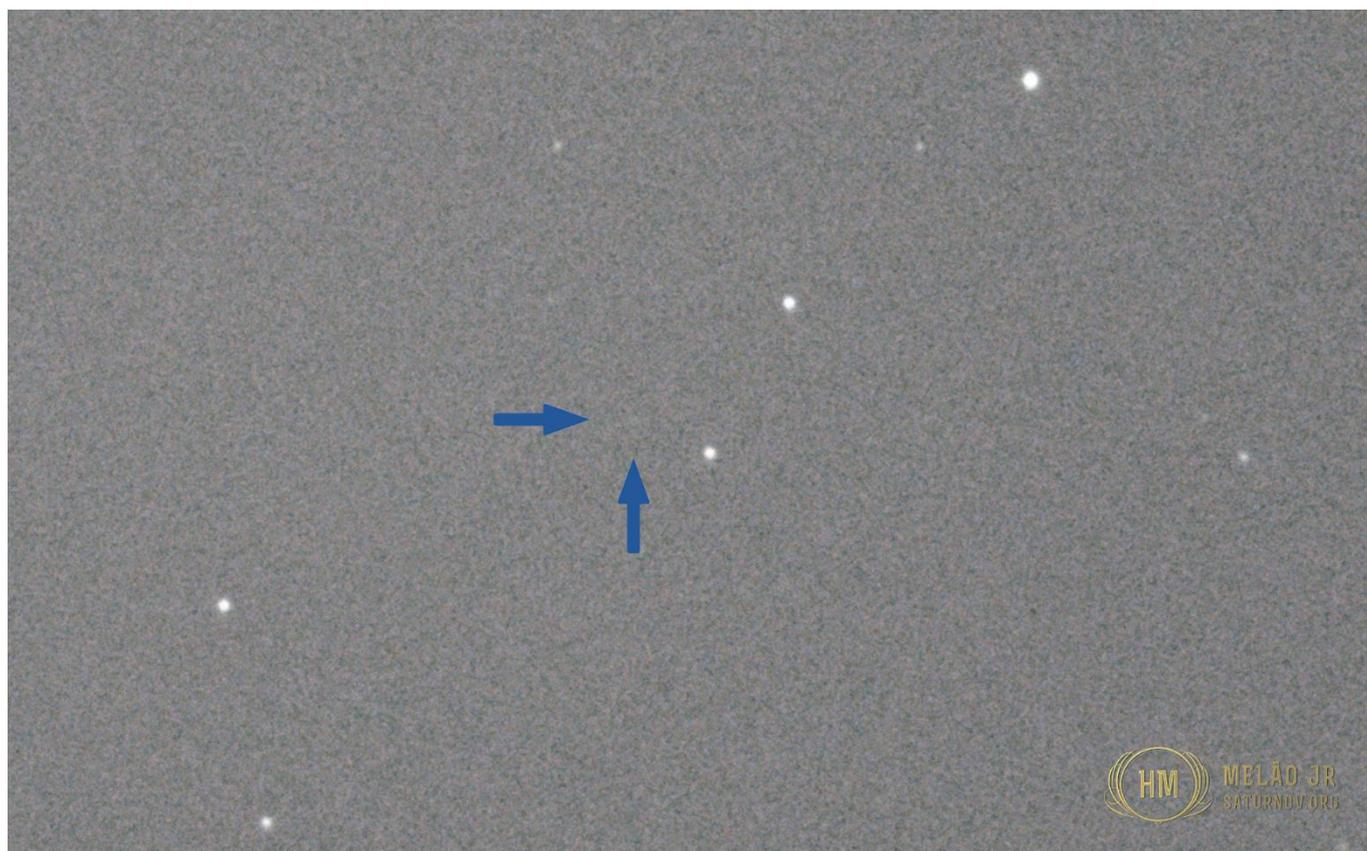
De modo geral, os catadióptricos não oferecem vantagem em qualidade de imagem em comparação aos refratores ou refletos, aliás, geralmente apresentam pequena desvantagem, mas podem ter o tamanho e peso como principal vantagem. Um catadióptrico $D = 70 \text{ mm}$, $F = 900 \text{ mm}$ pode ter 25 cm de comprimento e ser facilmente transportado, enquanto um refrator $D = 70 \text{ mm}$, $F = 900 \text{ mm}$ teria cerca de 1 m de comprimento e seria menos prático para transportar. Um catadióptrico 16" f/15 caberia facilmente dentro de um pequeno observatório improvisado, pois teria comprimento menor que 1 m, mas um newtoniano com mesmas características mediria 6 m e seria menos prático usá-lo, guardá-lo e transportá-lo, exigindo o frequente uso de uma escada e reposicionamento desta escada. Outra vantagem de um catadióptrico é que as oculares mais longas são mais fáceis de construir, o que possibilita pagar preços menores por oculares longas de melhor qualidade, além de terem emergência de pupila mais longa, proporcionando observações confortáveis, sobretudo para quem usa óculos.

Também por serem menores e mais leves, eles exigem montagens menos robustas e menos caras, que se movem mais suavemente. Por outro lado, os catadióptricos perdem duplamente em qualidade de imagem, porque usam mais elementos ópticos. Cada elemento óptico introduz um pouco de erro na propagação do sinal luminoso, multiplicando a distorção cada vez que a luz é refletida ou refratada. Além disso, parte da luz é perdida no processo. Geralmente um bom espelho reflete cerca de 92% da luz, um espelho dielétrico reflete 97% a 99,5%. O vidro e o tratamento anti-reflexivo também absorvem e refletem parte da luz, deixando passar cerca de 95% (depende do material da lente, da espessura, do tipo de tratamento anti-reflexivo etc.). Por isso se um telescópio newtoniano tiver erro de superfície de $\lambda/4$ RMS no primário, $\lambda/10$ no secundário, $\lambda/4$ na ocular, o resultado final que chegará ao olho terá erro em torno de $\lambda/2,72$. Se fosse um Schmidt-Cassegrain, haveria um elemento óptico a mais (placa corretora, primário e secundário) e o resultado que chegaria ao olho, supondo que o erro de superfície na placa corretora fosse $\lambda/4$, seria cerca de $\lambda/2,25$. Não seria uma redução tão grande, e para a maioria das finalidades nem seria notada.

Além disso, também é preciso levar em conta que como o espelho primário nos Schmidt-Cassegrain é esférico, portanto mais fácil de construir, o erro óptico é menor do que no primário de um Newtoniano. Por outro lado, o secundário do Schmidt-Cassegrain também é curvo, o que torna sua construção mais difícil que a de um plano, como no Newtoniano. Somando todos os prós e contras, o que se verifica na prática é que as melhores imagens fotográficas amadoras de planetas são produzidas por catadióptricos. E as melhores imagens de DSOs produzidas por amadores são geralmente produzidas por refratores apocromáticos.

Mais um detalhe é que como os catadióptricos usam uma lente simples, há um pouco de aberração cromática, não tanto quanto dos refratores acromáticos, mas ainda há um pouco mais de aberração que nos melhores apocromáticos.

Outro detalhe importante a ser comentado em relação à fotografia é que, por meio dela, pode-se exceder os limites da observação visual, porque o olho humano só captura um instantâneo, enquanto a fotografia pode capturar luz durante vários minutos ou horas seguidas, ou pode fazer várias imagens a curtos intervalos e depois sobrepor todas elas (empilhar). Ambos os métodos ampliam substancialmente o potencial do telescópio. Por exemplo: olhos humanos saudáveis, com a pupila dilatada em cerca de 7 mm, em regiões sem poluição, conseguem notar objetos de até mv 6,2 aproximadamente. Um telescópio Schmidt-Cassegrain com 254 mm de diâmetro, com obstrução em torno de 15% (da área), refletividade em torno de 97% no secundário e absorção de 98% na placa corretora, permite enxergar estrelas e objetos pequenos até mv 13,0. Um telescópio com 2800 mm de diâmetro permite a observação direta de objetos até mv 18,2. Mas com fotografias é possível alcançar esse limite de 18,2 usando um simples telescópio de 254 mm. Se o local não tiver poluição luminosa, pode-se chegar a essa magnitude inclusive com instrumentos bem menores, aumentando o tempo de exposição. Esse é um dos detalhes que torna a fotografia astronômica fascinante, porque consegue-se fotografar muito mais do que se consegue enxergar com o olho direto na ocular. A foto de Hidalgo, abaixo, foi obtida com um Meade 10”:



É um objeto muito tênue, no limiar da capacidade óptica do instrumento, mas é basicamente o equivalente ao que seria observado por um telescópio 11 vezes maior, com o olho na ocular.

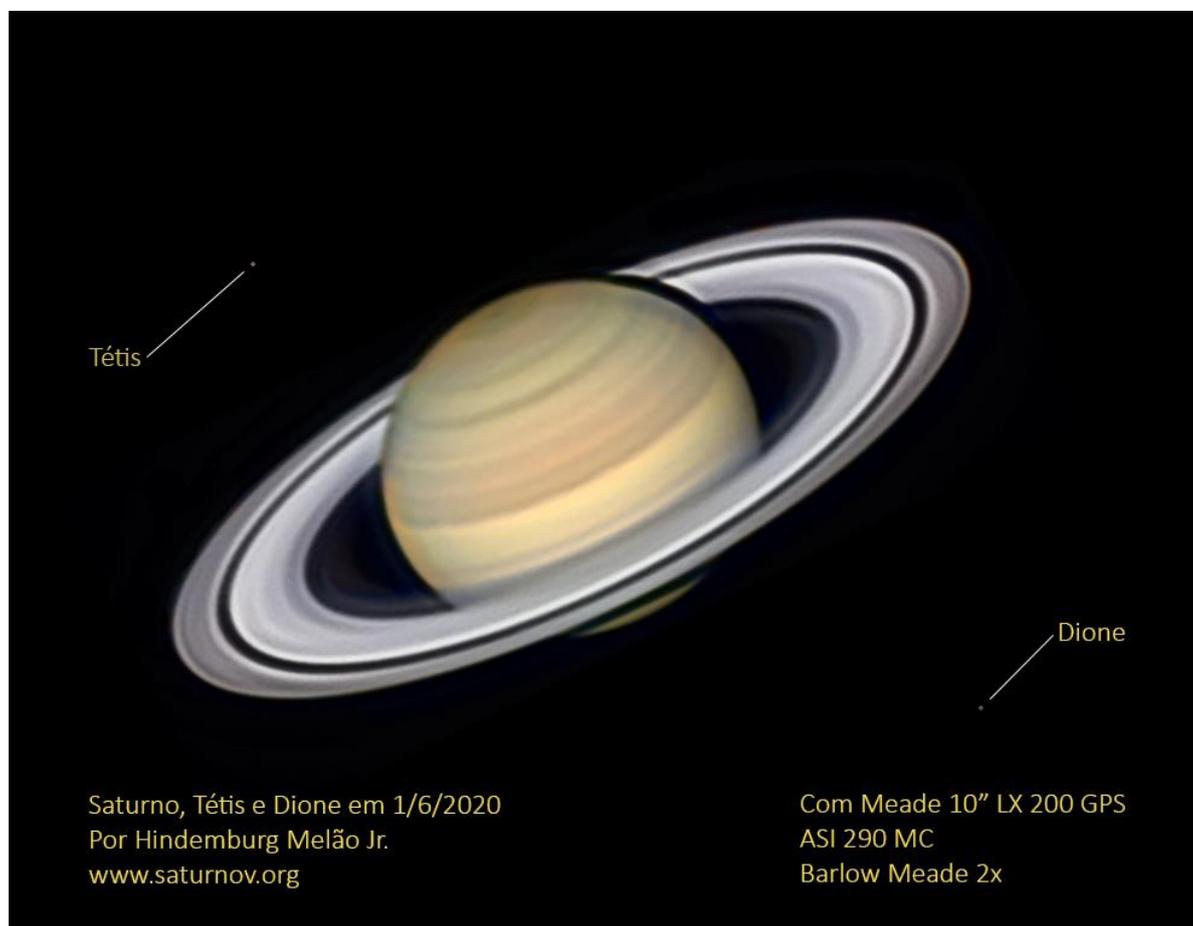
Quando comecei a me interessar por Astronomia, eu achava que meu principal interesse era exclusivamente na observação direta, sem fotografia. Na verdade, meus principais interesses eram a investigação e a leitura. Na época (1980) também não havia possibilidade de fazer boas fotos, devido às limitações das câmeras e inexistência de softwares para processamento das imagens. Quando tive meu primeiro telescópio (1985), um pequeno refrator acromático de 50 mm, uma de minhas primeiras decepções foi perceber que não conseguia enxergar cores em nebulosas. A grande nebulosa de Orion aparecia como uma manchinha branca. Seria necessário no mínimo um telescópio com 350 mm de diâmetro para conseguir enxergar sutilmente as cores desta nebulosa, que é a mais brilhante, e só instrumentos bem maiores revelam as cores de nebulosas mais tênues. Mulheres possuem maior sensibilidade para cores, por isso com cerca de 250 mm de diâmetro já conseguem perceber as cores na nebulosa de Orion.

Por volta de 1987 comecei a me interessar por Xadrez e passei a dedicar bem pouco tempo à Astronomia. Só voltei a me interessar em 2000, mas apenas leitura. Em 2008 voltei a me interessar por observação e em 2009 por fotografia. Adquirit um pequeno refrator de 60 mm, depois um refletor de 203 mm e uma câmera SPC 900 NC, que na época era uma das melhores para fotos planetárias. Por volta de 2010 estive bastante focado em outras atividades, e só voltei a me interessar por Astronomia e fotografia em 2018. Adquirit um refrator motorizado de 102 mm, uma câmera ASI 290 MC e depois um Schmidt-Cassegrain de 254 mm. Com a SPC 900 NC e o refletor 203 mm sem motorização já era possível fazer fotos bastante interessantes, com mais informação visual do que era possível enxergar com o olho na ocular. E com o 254 mm motorizado e a ASI 290 MC, tornou-se possível produzir imagens com um padrão que me agrada muito, tanto planetárias quanto de outros objetos. O principal ganho em qualidade é nas fotos com longa exposição, que permitem enxergar muito mais do que com o olho na ocular.

Além dos ganhos em qualidade e detalhes que se consegue por meio das longas exposições, também se consegue ganhos importantes por meio dos empilhamentos e técnicas estatísticas de processamento. A imagem de Saturno apresentada a seguir foi obtida em 1965, com o grande telescópio do Monte Palomar, com 5080 mm de diâmetro, em frame único e sem processamento:



E a imagem a seguir foi com um telescópio de 254 mm de diâmetro, 20 vezes menor e com capacidade de captar apenas 1/400 da luz captada pelo grande telescópio do monte Palomar:



A diferença é que nesse segundo caso foram capturados 83 imagens por segundo durante 12 minutos, totalizando cerca de 60.000 frames, que depois foram empilhados, a imagem foi processada em softwares dedicados que possibilitam ajustar as wavelets, fazer deconvolução etc. Como Saturno tem período de rotação muito curto, de apenas 10 horas e 34 minutos, em 12 minutos as features em sua superfície mudam de posição numa proporção perceptível e isso deixaria manchas na foto. Porém já existem softwares que antes de fazer o empilhamento das imagens fazem uma projeção plana do planeta em cada frame, compensam o movimento de rotação, alinham as features, empilham e, em seguida, fazem novamente uma projeção esférica. Esse empilhamento de milhares de imagens reduz dramaticamente o ruído e melhora substancialmente a riqueza de detalhes, permitindo inclusive resolver a divisão de Encke, o anel C e o hexágono no polo Norte, entre outros detalhes. Além de resolver o disco de satélites relativamente pequenos, com cerca de 1000 km de diâmetro. Assim, as novas tecnologias e novas câmeras possibilitam, com um pequeno telescópio amador, obter imagens melhores que as obtidas 60 anos atrás com o maior telescópio do mundo.

Portanto, embora o diâmetro do elemento principal do telescópio seja importante para determinar a qualidade da imagem e a riqueza de detalhes que ele será capaz de produzir, há outros fatores de grande importância que também precisam ser considerados, inclusive a qualidade da câmera, da montagem e de alguns acessórios.

O erro óptico na superfície dos elementos principais também é muito importante. O refrator de 200 mm do observatório de São Carlos, por exemplo, perde de longe para o refrator de 100 mm deste mesmo observatório, isso porque o menor é um Zeiss apocromático. O diâmetro do elemento principal determina quanta luz o telescópio consegue captar, mas se essa luz não for precisamente direcionada para o mesmo ponto, o foco, o resultado será uma imagem manchada e deformada. Por isso é desejável que a superfície dos elementos ópticos tenha sido polida com suficiente precisão para que os erros em comparação a superfícies ideais sejam muito menores que o comprimento de onda da luz. Quanto menor o erro, mais preciso será o foco e melhor a qualidade da imagem. Na prática, erros muito menores que $1/4$ do comprimento de onda do verde ou $1/3$ do violeta são quase imperceptíveis, sobretudo quando se faz fotografias com empilhamento de muitas imagens, de modo que os erros acabam quase se anulando. Mas quando o erro é maior que $1/2$ do comprimento de onda do verde, a imagem já sofre degradações notórias.

Instrumentos populares de boa qualidade, como Meade, Celestron, Orion, GSO, Sky Watcher, costumam ter erro de superfície perto de $\lambda/2$ a $\lambda/4$. Diz-se que os Meade e Celestron dos anos 1990 eram um pouco melhores, porque eram construídos no Japão, enquanto os atuais são construídos na China, mas o fato é que a qualidade dos produtos chineses tem melhorado muito nos últimos anos, inclusive GSO é uma marca chinesa e já alcançou um padrão similar à dos melhores instrumentos populares. Além disso, os laudos de alguns testes apresentados por Bruno Yorti revelou alguns fatos surpreendentes sobre marcas premium, que geralmente se costuma dizer que apresentam erro de superfície $\lambda/10$ pico-ao-vale, mas que os testes mostram nada melhor que $\lambda/5$. Marcas como Takahashi e Astrophysics, por exemplo, são consagradas há muitos anos, mas em interferometrias detalhadas, com diferentes comprimentos de onda e diferentes distâncias concêntricas, mostraram erros praticamente iguais aos dos Sky Watcher populares que custam $1/5$ a $1/10$ do preço. Isso explica porque os melhores astrofotógrafos do mundo utilizam instrumentos populares como o Celestron 14", em vez dos caríssimos Takahashi Mellow 300 mm. No ano passado, o melhor astrofotógrafo planetário do mundo, Damien Peach, trocou seu C14, que usava há mais de 10 anos, por um Takahashi Mellow. Ainda não há uma amostra suficientemente grande de fotos com os dois instrumentos para se uma comparação conclusiva, mas, até o momento, parece que os resultados com a

maior abertura do C14 eram substancialmente melhores. Em meados de 2021, com as oposições de Júpiter e Saturno, será possível saber mais sobre essa comparação.

Por isso nem sempre um preço elevado é indicativo de qualidade superior, embora geralmente haja forte correlação entre preço e qualidade. Como o custo para fazer um laudo interferométrico é relativamente elevado, acaba sendo inviável fazer tais laudos para instrumentos pequenos e baratos (abaixo de 12" ou 14" ou abaixo de US\$ 5.000). Por isso é necessário estimar a qualidade por outros métodos e critérios. Quando se tem a possibilidade de testar pessoalmente o instrumento, ou de pedir ao vendedor que faça um teste (star test e Ronchi test) e tire fotos ou vídeos, essa pode ser a melhor maneira de avaliar. Quando não há essa possibilidade, ainda assim é possível adotar alguns critérios para filtrar os equipamentos ruins. A seguir, será feita uma breve análise dos problemas mais comuns:

Telescópios com lente relay:



É importante não confundir os catadióptricos com os refletores com lente relay no porta-ocular. Os primeiros usam uma lente logo na entrada do tubo, e a qualidade das imagens costuma ser muito boa. Já o segundo caso costuma ser muito ruim. Um exemplo clássico é o Celestron PowerSeeker 127 mm, que usa uma destas lentes no porta-ocular. Celestron é uma das melhores marcas populares, mesmo assim a qualidade deste modelo específico é duramente criticada, e com razão, pois degrada a imagem e não há como remover esta peça, pois se for removida, a distância focal do tubo fica incompatível com a do espelho primário, e o instrumento deixa de produzir foco, ou melhor, o foco passa a ser num ponto fora do telescópio e pessoa precisaria colocar quase 1 metro de extensores para encaixar a ocular, e como o diâmetro destes extensores é menor, são mais susceptíveis à deformação pelo peso, comprometendo a linearidade do eixo óptico.

É fácil identificar estes instrumentos com lente relay, pois eles informam uma distância focal muito maior que o comprimento do tubo, sem que o design óptico dele justifique tal característica. Geralmente a distância focal é 2 ou 3 vezes maior do que deveria. O Baytronix 8" com F 1460mm é um dos piores exemplares dessa espécie, pois além de a qualidade óptica dos Tronix ser precária, ainda por cima adotam procedimentos que distorcem ainda mais o que era ruim por natureza. No caso do Celestron PowerSeeker (foto), mesmo a qualidade óptica da Celestron sendo boa, o resultado com esta lente é abaixo do aceitável.

Outro sintoma de baixa qualidade é a propaganda desmedida, em que se diz no anúncio "telescópio profissional", como nestes casos:



Novo - 237 vendidos

Luneta Terrestre Professional 60mm Skylife Sk 30-90x60a

★★★★★ 46 opiniões

R\$ 723

Enviando normalmente

12x R\$ 60²⁵ sem juros
Com seu VISA terminado em 5125

[Mais informações](#)

Frete grátis
Chegará entre os dias 15 e 18 de junho
Benefício Mercado Pontos
[Ver mais opções](#)

Devolução grátis
Você tem 30 dias a partir do recebimento
[Saiba mais](#)



Novo - 2 vendidos

Luneta Telescópio Professional Zoom 16x52 Aproxima Até 8km

R\$ 199⁹⁹

Enviando normalmente

12x R\$ 16⁹⁷ sem juros
Com seu VISA terminado em 5125

[Mais informações](#)

Frete grátis
Chegará entre os dias 15 e 18 de junho
Benefício Mercado Pontos
[Ver mais opções](#)

Devolução grátis
Você tem 30 dias a partir do recebimento
[Saiba mais](#)

Cor: Preto

No segundo caso, do monóculo, não é um instrumento ruim. Utiliza lente BK4 e produz imagens melhores que os primeiros telescópios construídos por Galileu. Mas não é um telescópio, não é profissional e o preço está absurdamente alto. Um monóculo nada mais é que metade de um binóculo, isto é, um instrumento mais simples que um binóculo, para observar com apenas um olho. Pode ser uma alternativa interessante para quem está começando ou mesmo para observadores experientes, pela portabilidade (dá para levar no bolso), mas é recomendável que se pague um preço justo e que se esteja ciente das limitações do instrumento. É interessante notar que a nota dos compradores no primeiro anúncio é bem alta, embora o instrumento seja muito simples, com pouca “potência” e muito caro. Isso ocorre porque quem dá notas é quem compra o produto, e quem compra esse tipo de produto é porque não tem bons critérios de julgamento nem parâmetros de comparação. Por isso esses reviews acabam não sendo confiáveis. Em sites dedicados, como Cloudy Night, pode-se encontrar reviews mais bem fundamentados, nos quais a pessoa já experimentou dezenas de instrumentos diferentes e opina com amplos conhecimentos sobre o que está dizendo.

Anúncios que dizem “telescópio profissional” quase sempre podem ser descartados. Para se ter ideia, um equipamento “profissional” costuma ter cerca de 600 mm de diâmetro, embora no Brasil muitos observatórios operem com instrumentos de 200 mm a 300 mm. Além disso, equipamentos profissionais possuem uma estrutura eletrônica de guiagem, podem ser conectados a um computador etc. Estes das fotos são na verdade brinquedos que podem ser colocados como enfeite sobre uma mesa, ou instrumentos para observação terrestre em campings ou golfe.

Outro sintoma que pode indicar baixa qualidade, ou falta de conhecimento do vendedor, e mais frequentemente uma combinação das duas coisas, é o anúncio enfatizar o aumento ou magnificação. São comuns anúncios alegando aumentos de 675x ou 525x, entre outros, como no anúncio abaixo:



The image shows a screenshot of an Amazon product listing for a telescope. On the left, there is a large image of the telescope on a tripod, with two smaller thumbnail images above it. On the right, the product title is "Telescópio Astronômico Refrator Luneta 675x Mod 90060". Below the title, it says "Novo - 40 vendidos" and "1 opinião" with a star rating. The price is listed as "R\$ 627⁹⁰". There are three promotional banners: "Enviando normalmente", "12x R\$ 52⁹⁰ sem juros" (with a note "Com seu VISA terminado em 5125"), "Frete grátis" (with a note "Chegará entre os dias 12 e 17 de junho Benefício Mercado Pontos"), and "Devolução grátis" (with a note "Você tem 30 dias a partir do recebimento").

Para começar, o aumento não é uma propriedade inerente ao telescópio, mas uma combinação do telescópio com a barlow e a ocular. Pode-se conseguir praticamente qualquer aumento que se queira com qualquer telescópio, bastando utilizar oculares e barlows para isso. E o mais importante é que o objetivo dos telescópios não é produzir o maior aumento possível, mas sim a maior riqueza de detalhes, maior resolução, mais e melhores informações visuais. Isso se consegue usando o aumento máximo útil, que para telescópios como este da foto costumam ser perto de 60x para luz verde, um pouco menos para luz vermelha e um pouco mais para azul. Se tivessem lentes de excelente qualidade, poderiam chegar a cerca de 120x, que seria o limite para instrumentos com 60 mm de diâmetro. Mas como a qualidade óptica também não costuma ser boa, então não se consegue chegar ao limite teórico de 120x, ficando entre 50x e 80x. Mesmo com uma óptica perfeita, não seria possível produzir aumentos muito maiores que 60x por polegada de abertura, porque o número de fótons incidentes na superfície da retina não seria suficiente para preencher toda a área da imagem, deixando a imagem descontínua e escura.

Outro sintoma que pode indicar baixa qualidade, ou falta de conhecimento do vendedor, e mais frequentemente uma combinação das duas coisas, é o anúncio informar o “alcance” do instrumento. Qualquer telescópio tem alcance arbitrariamente longo, chegando a 92 bilhões de anos-luz ou 870 sextilhões de quilômetros, não sendo possível ir muito além porque o universo não era transparente antes da era do desacoplamento, ocorrida cerca de 380.000 anos após o Big-Bang. Portanto se o anúncio diz que tem alcance de 8 km ou qualquer bobagem parecida, não se pode confiar em nenhuma informação do anúncio. A Lua, por exemplo, orbita à Terra à uma distância que geralmente varia de 354.000 km a 406.000 km, estando, em média, a 385.000,6 km. A estrela Sírius, a mais brilhante do céu e muito fácil de observar com ou sem

telescópio, está a 81,3 trilhões de quilômetros. A galáxia de Andrômeda, visível a olho nu ou com qualquer telescópio, está a 24 quintilhões de quilômetros. O quasar 3C 273 pode ser fotografado com uma câmera sem telescópio, e está a 25 sextilhões de quilômetros. Se o alcance de um telescópio fosse de 8 km, não seria possível enxergar a Lua, o que é obviamente absurdo. E o alcance em relação ao horizonte é outra bobagem, porque depende da curvatura da Terra, altura do observador, tamanho e contraste do objeto observado. A distância ao horizonte pode ser facilmente calculada com base no Teorema de Pitágoras, usando a altura do olho do observador somada ao raio da Terra como hipotenusa, a distância linear do observador ao objeto como um dos catetos e o raio da Terra como outro cateto. Como a refração atmosférica curva ligeiramente os raios de luz, há um pequeno fator de correção nesse cálculo, que permite enxergar 7% mais longe. Uma fórmula aproximada para determinar a distância do horizonte ao olho do observador é $d = 3570 \cdot h^{0,5}$ (h = altura do olho em metros, d = distância ao horizonte em metros). Se considerar a refração atmosférica, então fica $d = 3820 \cdot h^{0,5}$. Estas fórmulas só se aplicam para h pequeno em comparação ao raio da Terra. Se h for muito muito maior que 1000 m, por exemplo, é necessário usar o Teorema de Pitágoras, conforme comentado, e o gradiente de refração atmosférica em função da altitude.

Importância da abertura:

A abertura de um telescópio determina a quantidade de luz que ele pode receber e concentrar no foco, para depois ser expandida pela ocular e chegar ao olho como uma imagem maior. Quanto maior a abertura, maior é a quantidade de luz que ele pode receber, possibilitando observar objetos cada vez mais tênues, e por concentrar mais luz por unidade de área, pode produzir imagens mais luminosas, o que contribui para a nitidez. É importante lembrar que não é a abertura que define a nitidez, mas se a abertura não for suficientemente grande, ela pode prejudicar a nitidez. Quando a imagem é ampliada pela ocular, quanto maior for o aumento menor será a quantidade de luz por unidade de área, por isso acima de determinado nível de aumento não se consegue ver mais detalhes do que com aumentos inferiores. Num instrumento com 200mm de diâmetro, por exemplo, e aumento de 25x, Júpiter aparece como um disco branco muito brilhante, que mal se consegue perceber as faixas equatoriais devido à explosão de branco. Quando se aumenta para 100x a imagem fica menos brilhante e se consegue perceber melhor as diferenças de cores e tonalidades. Com 300x a riqueza de detalhes aumenta, sendo possível perceber as formas de algumas tempestades. Com 900x não se tem nenhuma vantagem em comparação a 300x, além de ficar uma imagem feia, escura, geralmente tremida devido à turbulência atmosférica, sem nitidez e até com menos detalhes do que se consegue observar a 300x. A situação é diferente para fotografias, porque como são empilhadas milhares de imagens, torna-se possível compensar algumas limitações do equipamento.

Uma fórmula simples para determinar o aumento máximo útil para cada abertura é multiplicando o diâmetro em milímetros por 1,5. Assim um telescópio de 60 mm pode aumentar com qualidade até 90x, um telescópio de 200mm pode aumentar até 300x. Em teoria se consegue mais do que isso, alguns afirmam que com 60mm se consegue até 120x ou até 175x, porém na prática se verifica que estes aumentos não proporcionam a percepção de mais detalhes do que com aumentos menores, em parte porque o limite teórico não leva em conta que a transparência das lentes não é 100%, a reflexão dos espelhos não é 100%, não se conta as perdas nas obstruções etc. Todos estes fatores diminuem a luminosidade e, conseqüentemente, reduzem o limite útil de aumento.

Importância da distância focal:

Nos refratores antigos, a distância focal era um fator muito importante por dois motivos: primeiro porque com lentes simples na objetiva, a aberração cromática é muito grande, e quanto maior a

distância focal, menores são as diferenças entre os ângulos de refração entre os diferentes comprimentos de onda, portanto menor fica a aberração. Na época de Galileu, Huygens, Cassini, Roëmer etc., havia instrumentos f/400 ou mais, para minimizar as aberrações. James Bradley, em 1722, construiu um telescópio com 64,6 m de comprimento e apenas 7 cm de diâmetro, isto é, com razão focal f/920.



Abstrait des leçons de l'École de l'Observatoire sur le Compté de l'Observatoire Royal, par l'Académie des Sciences, Paris, 1722

Outro motivo de se usar distâncias focais mais longas é que o aumento é proporcional à distância focal do telescópio e inversamente proporcional à distância focal da ocular, e como é muito mais difícil alinhar adequadamente as lentes de oculares mais curtas, era praticamente obrigatório fazer oculares longas naqueles primeiros tempos, de modo que para produzir maiores aumentos, os tubos dos telescópios também precisavam ser mais longos. Se por um lado isso era útil para produzir maiores aumentos com menos aberração e mais nitidez, por outro lado as estruturas eram difíceis de mover, os tubos se curvavam sobre o próprio peso, e o campo de visão era muito estreito, já que além de os tubos serem longos, perdia-se parte do campo com o diafragma e o desígnio óptico da ocular.

O aumento de um telescópio é determinado pela divisão da distância focal da objetiva pela distância focal da ocular. Assim um instrumento com $F = 1000$ mm e uma ocular de 12,5mm aumenta 80x. Com a invenção das lentes compostas, tornou-se possível construir refratores mais curtos e com qualidade comparável ou superior à dos mais longos.

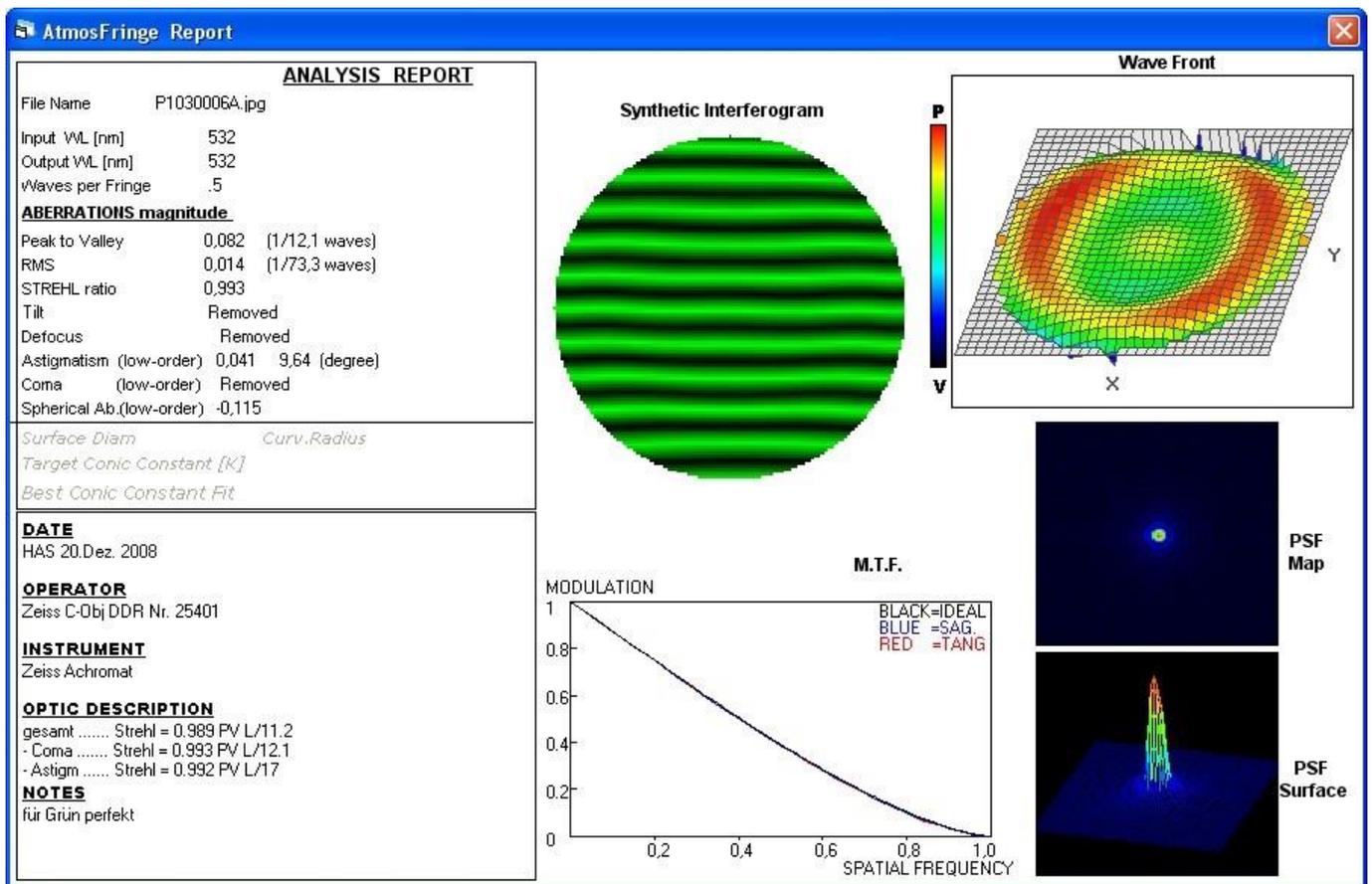
No caso dos refletores, inventados por Newton, não existe o problema de aberração cromática, mas há o problema de aberração paraboloide e aberração esférica. A maioria dos instrumentos produzidos artesanalmente no Brasil usa espelhos esféricos ou paraboloides distorcidos. Isso não se aplica aos melhores construtores, como Sandro Coletti e Dario Pires, cuja qualidade óptica é comparável à dos melhores do mundo, mas os amadores que tentam construir em casa seus primeiros telescópios, muitas vezes acabam se frustrando com os resultados, e quando isso é feito para reduzir custos, a frustração acaba sendo ainda maior, porque no final acabam gastando mais do que se comprasse um bom telescópio usado.

Espelhos hiperboloides de alta qualidade são os melhores, que possibilitam instrumentos tão curtos quanto $F/2.8$ sem que isso comprometa a qualidade das imagens. Os paraboloides precisam ser mais longos para produzir imagens aceitáveis, e os esféricos precisam ser mais longos ainda. Há casos em que se usa secundários curvos para corrigir parte da distorção causada pela forma do primário. Em geral, os refletores têm razão focal $f/4$ a $f/6$.

Nos catadióptricos a distância focal costuma ser mais longa, geralmente $f/8$ a $f/17$, e alguns usam espelhos hiperboloides, enquanto outros corrigem as distorções com um menisco ou uma placa corretora. Os Ritchey-Chretien da Meade, por exemplo, costumam ter $f/8$, enquanto os Schmidt-Cassegrain da Celestron costumam ter $f/10$, exceto o C14, que tem $f/11$. Os excelentes Dall-Kirkham da Takahashi costumam ter $f/9,9$ ou $f/11,5$. Os Maksutov-Cassegrain da Meade e da SkyWatcher costumam ter $f/15$, os da Orion cerca de $f/13,3$ e os fantásticos Questar $f/13,6$.

Distorções na superfície das lentes e espelhos:

Muito bem, agora que vimos um pouco sobre tipos de telescópios e sobre design óptico, podemos tratar da qualidade das superfícies ópticas. Tanto os espelhos quanto as lentes precisam ter um padrão de qualidade muito alto, porque qualquer pequena imperfeição se multiplica com a ampliação do instrumento. Admite-se normalmente que a qualidade óptica aceitável é aquela com erro menor que $1/4$ do comprimento de onda da luz visível, isto é, $\frac{1}{4}$ de λ ou $\lambda/4$ ou simplesmente $L/4$. A luz visível cobre o espectro entre 3.600 e 7.800 \AA , e os testes interferométricos nas superfícies de espelhos e lentes geralmente usam um valor intermediário (laser verde de 5.320 \AA ou perto disso). Estes testes visam detectar as irregularidades em dezenas, centenas ou milhares de pontos ao longo de toda a superfície óptica, e assim tentar traçar um mapa topológico desta superfície comparando as diferenças com uma superfície ideal. Quanto menores e menos abundantes forem as imperfeições, melhor é a qualidade da imagem. Geralmente estas imperfeições são indicadas em duas medidas: wavefront error peak-to-valley e wavefront error RMS. A primeira indica a diferença máxima observada em toda a superfície rastreada. A segunda informa a diferença média e pode ser uma informação mais útil para indicar o padrão de qualidade. Os melhores telescópios do mundo geralmente apresentam erros menores que $1/20$ do comprimento de onda ($L/20$) pico ao vale e $1/150$ RMS. Os muito bons chegam a cerca de $\lambda/10$ P-V e $L/50$ RMS. As melhores marcas populares, como SkyWatcher, Meade e Celestron, costumam ter $L/3$ a $L/5$ P-V e $\lambda/20$ RMS. As marcas definitivamente duvidosas tem erro $\lambda/2$ ou pior, muitas delas mais de 1 ou 2 λ , e nestes casos as imagens ficam gravemente deformadas e sem qualquer detalhe.



Algumas das marcas mais consagradas do mundo para espelhos são Zambuto (1/150 RMS) e Pegasus (1/50 RMS). Há uma marca recente chamada Hubble Optics que reivindica produzir espelhos (1/70 RMS), mas ainda não há reviews de clientes que corroborem este padrão. Um site russo declara que a Lomo produz as melhores lentes do mundo, talvez 1/100 RMS. Há várias fontes que enaltecem a alta qualidade dos telescópios russos Astrophysics e Intes, no entanto os resultados interferométricos publicados sobre instrumentos Intes revelaram uma qualidade óptica não muito diferente dos Meade e Celestron, perto de $\lambda/20$ RMS. Os telescópios Takahashi também são geralmente exaltados como se tivessem 1/50 RMS, além de excelente mecânica, mas testes objetivos em vários instrumentos da Takahashi mostraram que, em geral, a qualidade não é superior à de um SkyWatcher, que foi o mais bem cotado entre os populares, com performances similares aos das marcas premium.

Marcas como Zeiss, Questar, Astrophysics, APM LZOS, Takahashi, Fujinon, Myiaguchi, Pentax, TMB, e TeleVue são famosas pela alta qualidade e alto preço. Marcas como Vixen, StelarVue, Explore Scientific ainda possuem qualidade bastante elevada e preços mais acessíveis. Marcas como William Optics e Intes possuem fama de alta qualidade, mas há divergências sobre o preço que praticam estar justificado pela qualidade que apresentam, inclusive testes com oculares Agena de \$ 40 se mostraram superiores a oculares William Optics de \$ 120. Testes com SkyWatcher foram os que mais surpreenderam positivamente, com erro óptico perto de $L/5$ pico ao vale, similar aos Takahashi.

Marcas como Meade, Celestron, Orion, SkyWatcher, GSO são famosas pela boa qualidade e baixo preço, ficando talvez no grupo das que oferecem melhor custo/benefício. Com o crescimento econômico, industrial e tecnológico da China, seus produtos também melhoraram sensivelmente de qualidade, e instrumentos de novas marcas entraram no mercado a preços competitivos e com qualidade bastante razoável. Os GSO reivindicam ter erro menor que $L/12$ P-V, mas não apresentam laudos interferométricos que fundamentem esta reivindicação. Contudo a GSO é respeitada como uma das melhores marcas baratas. Nos anos mais recentes,

a qualidade dos GSO tem aumentado e já ultrapassou boa parte dos concorrentes. Outras marcas respeitadas por sua boa qualidade de acessórios são Antares, Edmund Scientific, University Optics e Agena. As oculares RKE 8 mm da Edmund Scientific, por exemplo, são avaliadas como no mesmo nível das Takahashi. A lista de boas marcas é mais extensa do que citamos aqui, estas são apenas alguns exemplos. Entre as marcas de qualidade ainda aceitável, estão Konus, Discovery, Zhumell e Bushnell. Outras marcas como Hirsch, Seben, Galileo, National Geographic, Tasco, Barska, BlueSky, Greyka, Bluelife, Toya e muitas outras, são geralmente alvos de muitas críticas, mas parte destas críticas parece ser infundada. Já vi fotos de alta qualidade tiradas com telescópios Toya e Bluelife. E há algumas que são definitivamente muito ruins, como a famigerada Baytronix (também chamada ScopeTronix ou Tronix), que é uma das mais vendidas por serem instrumentos aparentemente baratos, mas na verdade são caros se levar em conta o que oferecem.

Os instrumentos artesanais também variam muito de qualidade, dependendo de quem os produz. Durante alguns anos, fui bastante cético em relação à qualidade dos telescópios artesanais, mas nos últimos anos pude observar resultados extraordinários com telescópios de alguns construtores, em especial de Sandro Coletti e Dario Pires. As fotos de Fábio Plocos com seu antigo telescópio de 10 polegadas (2008 a 2010), construído por Dario Pires, eram excepcionais para época, situando-o entre os 5 melhores fotógrafos planetários do mundo. Mais recentemente, as fotos de José Luis Pereira com um 275 mm de Sandro Coletti também apresentam qualidade extraordinária, e José Luis Pereira é um dos 11 astrônomos que monitoram eventos em Júpiter no site WinJupos, um site de Astrometria que registra os movimentos de deriva das manchas sobre a atmosfera de Júpiter, bem como surgimento e desaparecimento de novas manchas e outros eventos do gênero. É provável que estes instrumentos tenham erro óptico de superfície menor que dos famosos Takahashi e Astrophysics, inclusive até pouco tempo atrás não havia registros de fotos planetárias com Takahashi melhores que as do José Luis Pereira ou do Plocos, e só recentemente (2020) é que Damien Peach trocou seu C14 por um Tak 250, e começaram a ser produzidas as primeiras excelentes fotos planetárias usando um instrumento Takahashi. Embora a qualidade dessas fotos dependa de vários fatores, inclusive a câmera, o processamento e a qualidade do céu (jet streams), quando se compara fotos de qualquer pessoa em qualquer parte do mundo, cobre-se uma variedade suficientemente ampla de cenários, de modo a permitir que os melhores telescópios acabem emergindo com as melhores fotos. Há algumas divergências sobre isso e alguns dos melhores especialistas afirmam que Damien Peach consegue resultados melhores que os demais porque o céu em Barbados, onde ele mora, é o melhor do mundo. Inclusive um brasileiro, o amigo Vinícius Martins, já enviou sugestões de aprimoramento na edição de algumas imagens de Damien Peach, que as recebeu com entusiasmo e acatou as sugestões, e depois fez ele próprio um novo processamento baseado nas sugestões do Vinícius. Portanto é provável que a razão de José Luis Pereira ser autor de algumas das melhores fotos do mundo, mesmo usando equipamento menor que alguns dos estrangeiros, seja em virtude da qualidade óptica superior.

Essa avaliação baseada na qualidade de imagens planetárias é uma estimativa. O procedimento “correto” e rigoroso para fazer a comparação seria por meio de laudos interferométricos, medindo o erro em centelhas ou milhares de pontos na superfície dos elementos ópticos e mapeando a topologia destes elementos. Ou com star test, que leva em consideração não apenas o elemento óptico principal, mas o conjunto de toda a estrutura óptica.

Conclusões preliminares:

A marca ou o produtor da óptica são decisivos para a escolha de um bom instrumento. A abertura é importante para captar mais luz. A distância focal ajuda a usar oculares mais baratas e conseguir mesmo aumento com boa qualidade. O design óptico pode tornar os instrumentos

mais leves, ou mudar outras características de acordo com as prioridades de cada pessoa. Com isso resumimos os critérios que ajudam a escolher um bom tubo óptico.

Além do tubo óptico – tipos de montagens:

Mas o telescópio é mais do que isso. A parte óptica é talvez a mais importante, mas a montagem também é um item relevante. Os telescópios de marcas ruins costumam ter montagens duras para mover e sem firmeza ao parar em determinada posição, quando deveriam ser suaves ao mover e firmes ao cessar o movimento. Qualquer que seja o modelo de montagem, espera-se que os movimentos sejam suaves e as paradas sejam firmes. Os dois principais tipos de montagem são equatorial e dobsoniana ou forquilha (fork).



A equatorial é mais elaborada e facilita a tarefa de acompanhar o movimento aparente dos astros, sobretudo com ampliações fortes. Ela é mais cara, porém custa mais barato motorizar uma montagem equatorial do que uma dobsoniana. As desvantagens da equatorial são preço e peso. A dobsoniana é muito mais barata, leve e pode ser construída por qualquer pessoa com alguma experiência em marcenaria. Para astrofotos, a equatorial é a mais indicada até determinado tamanho, mas para instrumentos muito grandes, acima de 16 polegadas, é quase impraticável usar montagens equatoriais, a menos que se tenha um observatório e se esteja disposto a investir mais de R\$ 100.000. Os dobsonianos podem facilmente superar 16, 20, 30 ou até 40 polegadas de

diâmetro, a custos abaixo de R\$ 100.000 (para 16”) e com peso que ainda possibilita serem transportados sobre pequenas carretas não-motorizadas. Além disso, uma ideia interessante para reduzir o peso de grandes telescópios é usar tubos vazados. Em vez de cilindros ocos, usam um “esqueleto” feito com canos para sustentar a estrutura, e cobre-se com tecido preto este esqueleto, ficando muito mais leve do que seria um cilindro fechado de mesmo tamanho, além de ser desmontável e bem mais fácil de transportar. Geralmente instrumentos newtonianos acima de 14 polegadas de diâmetro são vazados. Uma desvantagem dos vazados é que costumam descolimar mais facilmente a cada montagem, o pano pode não proteger suficientemente bem de luz espúria, e a estrutura de canos é mais propensa a se deformar pelo peso do que um cilindro oco.



Outros detalhes:

Há uma enormidade de outros fatores a serem considerados, e não há como analisar todos eles, ainda que fosse escrito um livro sobre o tema, ou vários livros. Mas há alguns detalhes complementares que podem ser relevantes:

- 1) Com o passar do tempo, os espelhos vão perdendo sua camada reflexiva e a cada 20 anos podem precisar de uma realuminização (recoating). Os refratores não precisam disso.
- 2) Com o passar do tempo, os espelhos dos refletores vão se desalinhando e se torna necessário “colimar” o instrumento. Newtonianos e Schmidt-Cassegrain são fáceis de colimar, e a própria

pessoa pode fazer isso sem problemas. Mas os Maksutov-Cassegrain tem o menisco fixo no secundário e isso dificulta consideravelmente o processo de colimação. Há tutoriais descrevendo como se pode colimar um Maksutov, não é algo impraticável, mas é demorado, podendo consumir 5 horas ou mais, enquanto a colimação de um Newtoniano leva apenas 5 minutos. Por outro lado, de acordo com os proprietários de Maksutovs, depois que ele é colimado dura muito mais tempo até que haja necessidade de outra colimação. Os refratores, por seu design óptico, praticamente não tem como perderem a colimação a menos que o tubo seja deformado ou algo assim.

3) O tamanho da obstrução nos refletores é uma faca de dois gumes: por um lado, quanto maior a obstrução (mantendo proporção com a abertura), maior será o campo que se consegue ver, portanto melhor para céu profundo, por outro lado uma maior obstrução vai piorar um pouco a qualidade das imagens planetárias por afetar a nitidez e o contraste, além de reduzir a quantidade de luz que chega ao primário. Analogamente, quanto menor a obstrução, melhor ele será para observar planetas, mas terá menor campo para observar céu profundo. Também é importante ter em mente que não adianta simplesmente aumentar o secundário para se conseguir maior campo. É necessário que haja cone de luz suficientemente largo na região para ser aproveitado pelo maior secundário, bem como o porta-ocular precisa ter diâmetro apropriado para aproveitar o maior secundário.

4) A qualidade da imagem final dependerá das condições atmosféricas, da qualidade óptica de todas as lentes e espelhos do telescópio, da qualidade dos espelhos no prisma ou binoviewer, de todas as lentes barlow e redutores focais, da ocular, da climatização (temperatura dentro do tubo em relação à temperatura externa), da sensibilidade do olho ou do sensor óptico (se for uma câmera), da lente da câmera (se esta não tiver sido removida) e do óculos (se a pessoa usar óculos), dos filtros etc. Cada um desses elementos reduz um pouco a qualidade da imagem final, portanto quanto menos elementos e quanto melhor a qualidade de cada elemento, tanto melhor será a imagem final.

Outras partes e acessórios – variedades:

Além da análise dos telescópios, faremos uma breve análise dos itens complementares.

Tripés de aço, que balançam menos, geralmente são melhores do que os de alumínio e muito melhores que os de plástico. Há várias marcas de montagens, entre as quais a Astrophysics (russa), Losmandy (russa) e a Takahashi (japonesa) estão entre as mais consagradas. Para instrumentos portáteis, os de alumínio são preferíveis.

Focalizadores Crayford estão entre os melhores. Conforme o nome diz, servem para ajustar a distância da ocular e assim obter o foco. Nos catadióptricos a funcionalidade do focalizador é um pouco diferente: move-se o espelho principal para ajustar o foco. Há focalizadores elétricos que podem ser úteis em algumas situações específicas. Os zero-shift são os melhores, caso contrário pode ser difícil ir e voltar em movimentos muito curtos, praticamente impossibilitando o ajuste fino.

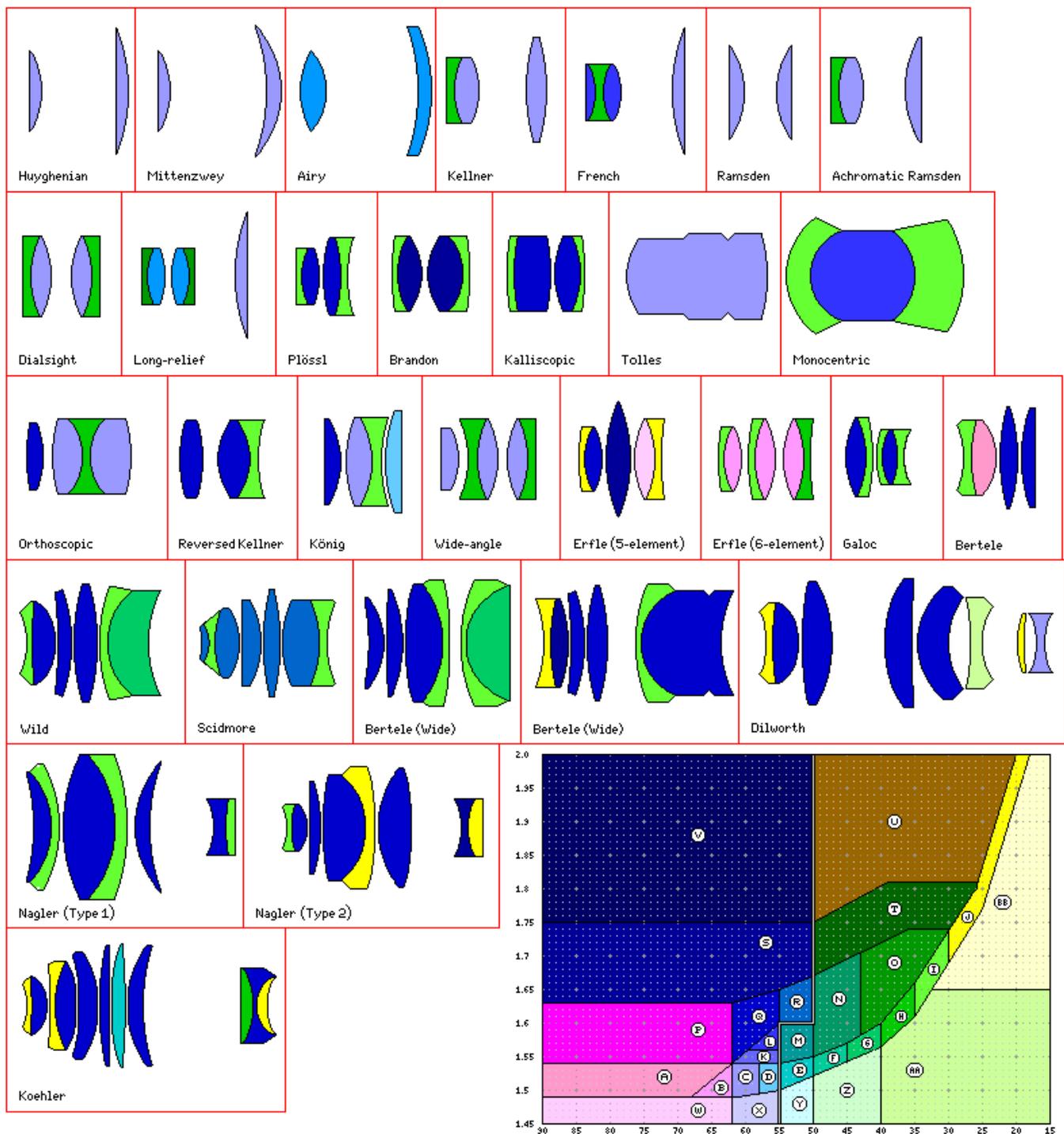


Buscadores são aquelas pequenas lunetas que são anexadas paralelamente aos telescópios, e servem para achar o objeto primeiro no buscador e depois no instrumento maior. Ultimamente se tem usado um laser verde, que é mais prático, mais confortável e mais rápido que o buscador. O ligamento e desligamento do laser preferencialmente deve ser feito remotamente, para não desalinhar o tubo no processo de ligar e desligar.

Oculares:

Oculares são as pequenas peças cilíndricas, com lentes em seu interior, que são colocadas na saída dos telescópios e nas quais se coloca o olho, por isso o nome "ocular". Elas são quase tão importantes quanto o telescópio todo, pois a qualidade da imagem que chega ao olho depende em grande parte da qualidade da ocular. Há 3 diâmetros típicos de oculares: 0,965", 1,25" e 2". Além destes, há 3 outros tamanhos mais raros: 2,7", 3" e 4". Elas podem ser feitas de diferentes materiais e com diversos designs ópticos. Geralmente os telescópios de brinquedo trazem oculares de plástico ou acrílico, de 0,965", embora haja algumas de vidro e com qualidade aceitável. As de 1.25" e maiores são de vidro ou de minerais nobres, como fluorita ou lantânio.

Assim como os refratores, e qualquer instrumento que use lentes, as oculares também causam aberração cromática. Oculares como Huygens ou Airy, com duas lentes simples, causam aberração bastante sensível. Por isso são preferíveis as Plössl ou Ortoscópicas, para planetas, porque usam duas acromáticas. As lentes Barlow também podem causar aberração, por isso geralmente convém usar Barlow apocromática ou, no mínimo, acromática com elementos ED.



A escolha de uma ocular deve se basear principalmente no nível de contraste que se precisa obter, no tamanho do campo que se deseja e no nível de ampliação de que se precisa. O eyerelieve também pode ser um quesito importante, especialmente para quem usa óculos. Há muitos modelos diferentes de oculares, com 2, 3, 4, 5 até 11 elementos. Quanto mais elementos, mais difícil de se conseguir uma imagem com bom contraste. Com quantidade muito pequena de elementos, como as Huygens e Ramsden, a aberração cromática se torna um problema sério. As oculares mais simples com doublets, como Plössl com 4 ou 5 elementos, as Brandon, Kellner, RKE, Ortoscópicas e Erfle são algumas das melhores para planetas, com excelente contraste e praticamente sem aberração cromática por usarem doublets. As oculares mais complexas (mais elementos) como Köhler, Ethos, Nagler, Dilworth, Bertele, Radian são algumas das melhores para se obter grandes campos aparentes, de até 120 graus, o que é muito vantajoso quando se deseja visualizar uma grande região de uma só vez, mas como elas usam muitos elementos, perde-se um pouco de contraste.

Assim como no caso dos telescópios, a melhor ocular depende da finalidade, e aquelas que servem bem a determinado propósito não são as melhores para um propósito diferente. Normalmente é bom ter uma ocular curta e com poucos elementos, para produzir grande aumento e bom contraste nos planetas, e outra longa e com grande campo, para produzir um aumento pequeno e possibilitar enquadrar uma grande área do céu dentro do campo de visão. Outros tamanhos intermediários podem ser complementos interessantes, mas pelos menos duas são praticamente imprescindíveis. As curtas podem ser, por exemplo, Plössl ou ortoscópicas ou RKE, boas e baratas. As longas podem ser Ethos ou Nagler.

As oculares de 2" geralmente são usadas para grandes campos aparentes. Obviamente o tamanho das oculares precisa encaixar no tamanho dos porta-oculares, e há adaptadores para quando os tamanhos são incompatíveis. Quando o diâmetro do porta-ocular é maior, não há problema, basta usar um adaptador para resolver, mas quando a ocular tem diâmetro maior, perde-se parte do campo e ainda se deixa a distância focal cerca 1cm mais afastada da posição normal, o que pode impossibilitar obter foco em algumas situações. Por isso o uso de focalizadores e porta-oculares de 2" é preferível, assim fica fácil ajustar dentro deles qualquer tamanho típico de ocular. Para telescópios até 20 ou 30 polegadas de diâmetro, praticamente só se usam focalizadores e oculares de 2 polegadas, exceto para planetas, que 1.25" é praticamente indiferente, já que o tamanho do campo não faz falta. Para instrumentos ainda maiores, como o telescópio de 100 polegadas do Monte Wilson, usam-se oculares de 4", com campo aparente de 120



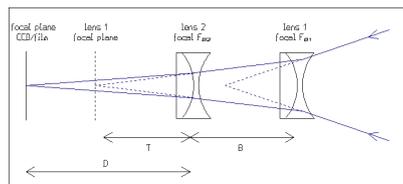
graus e design óptico com poucos elementos, resultando em qualidade excepcional de imagens e campos gigantescos, em vez de oculares Köhler, com mesmos 120 graus, porém design óptico com 11 elementos e consequente redução no contraste.

Estas oculares e porta-oculares de 4 polegadas, até onde sei, só são comercializadas por Harry Siebert, bem como as de 3" e 2,7". Para os gigantescos telescópios amadores Starmaster, NightSky, JMI, Obsession e outros de até 48 polegadas de diâmetro, as oculares de 4 polegadas podem ser um diferencial importante, com adaptadores para usar todos os tamanhos menores de oculares. Quando se deseja obter o maior campo possível, é preciso estar atento ao limite da pupila de saída, que é determinado dividindo a abertura do telescópio pelo aumento. Num telescópio com $D = 200$ mm e um aumento de 25x, a pupila de saída é 8mm. Como a pupila humana em um adulto jovem após longo tempo no escuro geralmente atinge cerca de 7 mm de diâmetro, fica difícil aproveitar esta situação, porque 8 mm excede o tamanho da área de informação luminosa que chega à pupila, e é necessário mover o olho ligeiramente para que se consiga pegar a imagem inteira. Esse limite varia de pessoa para pessoa, varia de acordo com a luminosidade do local e do objeto observado. Nos casos de fotografias, este limite é fixo e depende do tamanho do sensor, possibilitando receber a imagem sobre campos maiores, se o sensor for suficientemente grande. Portanto num telescópio com 200 mm de diâmetro e distância focal 1000 mm, não se consegue tirar total proveito do campo proporcionado por uma ocular de 40 mm ou mais, sendo o limite em torno de 35 mm. Já um catadióptrico de 200 mm com F 2000 mm permite usar tranquilamente oculares 56 mm, 60 mm, 70 mm ou oculares 35 mm com redutores focais de 0,5x. Isso não significa que os catadióptricos proporcionem maiores campos, isso não acontece, os campos limite são de mesmo tamanho, e só possibilitam usar oculares mais longas porque as distâncias focais destes telescópios são mais longas.

Algumas das melhores marcas de oculares são Zeiss, Pentax, Astrophysics, Takahashi, Siebert, TMB, Pentax e TeleVue. Há também oculares de alta qualidade a preços muito mais acessíveis,

de modelos bem específicos, entre determinadas marcas, como Antares Elite 5 mm e RKE 8 mm. Além destas, as boas marcas são quase as mesmas dos bons telescópios. Algumas marcas com custo/benefício muito atraente são GSO, Orion, Meade, Agena, University Optics. Talvez Vixen possa ser incluída neste grupo, embora os preços sejam um pouco maiores. Oculares de qualidade questionável são Rini, Garrett, Tasco etc. Existem oculares com zoom, que geralmente perdem em contraste, campo e nitidez, em troca de produzirem diferentes níveis de ampliação sem necessidade de trocar de ocular. Estas oculares com zoom geralmente não são recomendáveis.

Aumentando e reduzindo o poder de aumento das oculares:



Lentes Barlow são acessórios interessantes que possibilitam multiplicar o poder de aumento sem reduzir o eyerelief das oculares, além de poderem ser combinadas com várias oculares diferentes. Por exemplo: uma Barlow 2x e outra 3x podem ser combinadas com oculares 8mm e 32mm de modo a produzir 8 níveis diferentes de

aumento. Quando se coloca uma Barlow 2x em conjunto com uma ocular de 10mm, é como se esta ocular tivesse 5mm, ou seja, o poder de aumento dobra. Se for 3x, o poder de aumento triplica. Isso pode ser interessante para não usar oculares com eyerelief muito curto. O lado negativo é que com inserção de mais lentes se degrada a imagem. Antigamente as barlows eram muito ruins e se conseguia mais detalhes nos planetas sem usá-las, mesmo com a imagem menor. Porém nos últimos anos a TeleVue (e outras empresas) têm produzido as famosas Powermate (um tipo de Barlow) e outras que são capazes de aumentar a imagem sem degradação sensível na qualidade, sem absorção sensível de luz (mais de 99% de transparência), sem aberração cromática que possa ser notada, sem prejudicar a fidelidade das cores. A Powermate 5x da TeleVue é um exemplo de alta qualidade. De modo geral, deve-se preferir as barlows apocromáticas e de marcas consagradas, como TeleVue e Takahashi.



Redutores focais são acessórios semelhantes às lentes Barlow, mas que produzem o efeito contrário de reduzir o poder de aumento das oculares. A utilidade disso é aumentar o campo, em troca de uma redução na imagem. Um redutor 0,5x, por exemplo, em conjunto com uma ocular de 30mm, faz com que ela funcione como se tivesse 60mm. São extremamente úteis para telescópios catadióptricos com grandes distâncias focais, quando se deseja observar aglomerados abertos ou grandes galáxias. São indispensáveis também para fotografias de céu profundo, já que os sensores CCD geralmente funcionam como oculares 6 mm, o que produz aumentos muito “fortes”, inadequados para objetos extensos. Para se conseguir ter o objeto inteiro dentro do campo de visão, ele precisa diminuir de tamanho, então pode ser necessário usar um ou mais redutores focais, sempre lembrando que quanto mais elementos ópticos se adiciona, pior deve ficar a imagem final. A Meade produz um dos poucos redutores focais fortes, de 0,33x. A maioria produz redutores 0,5 ou 0,7. Mas é importante estar atento a um detalhe: há duas versões dos redutores Meade 0,33x, os produzidos no Japão e os produzidos em Taiwan. As do Japão são muito boas, enquanto as de Taiwan são ruins, não se consegue dar foco.

Tanto os redutores focais quanto as lentes barlow precisam ter tamanhos compatíveis com as oculares e os porta-oculares, podendo se ajustar com 1 ou mais adaptadores. Também é importante considerar que o redutor focal só será capaz de aumentar o campo dentro dos limites que a abertura do tubo permitir. Se exceder esse limite, será produzida uma vinheta, resultando numa imagem menor, porém com campo de mesmo tamanho.

Além dos redutores focais “normais”, que são colocados entre o porta ocular e a ocular, existem também as lentes Fastar e Hyperstar, desenvolvidas especialmente para alguns modelos SCT

da Celestron (nem todos os SCT da Celestron são compatíveis). Estes dispositivos são colocados na frente do tubo, após remover o espelho secundário, e em seguida se coloca a câmara conectada à lente. Com isso se consegue reduzir a razão focal numa proporção 0,2x ou até 0,16x, sem deformar as bordas do campo e sem causar muitas distorções pela introdução de excesso de elementos ópticos, já que neste caso é removido um elemento e colocado outro no lugar.



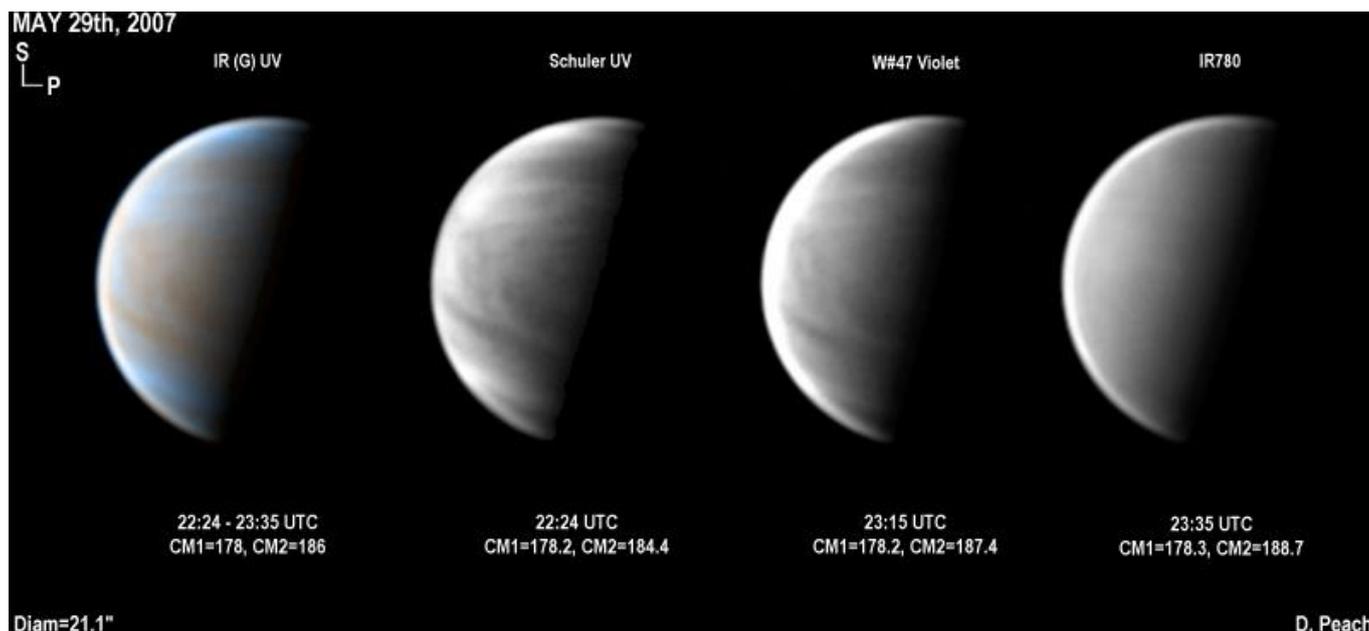
Mais alguns acessórios ópticos:



Diagonais são peças com espelhos inclinados 45 ou 90 graus que podem ser necessários nos refratores e nos catadióptricos para que se consiga uma posição mais confortável para observação, já que sem eles, em algumas ocasiões a pessoa poderia ter que posicionar o rosto muito perto do chão ou em outra posição desconfortável. Como o uso do diagonal implica a introdução de mais um elemento óptico, é desejável que ele cause a menor perda possível na qualidade. Para isso sua superfície precisa ser extremamente plana, lisa e altamente reflexiva. Diagonais dielétricos costumam refletir mais de 99% da luz incidente, enquanto espelhos “normais” podem refletir apenas 90% ou até menos. As superfícies devem ter erro máximo em torno de $\lambda/10$ pico ao vale. Além disso é desejável que sejam feitos de metal ou fibra de carbono, para que haja rigidez e não fiquem ligeiramente tortos, o que afetaria um pouco a imagem.

Eretores são peças constituídas por lentes ou espelhos que são usadas com o objetivo de “desinverter” as imagens. Não é recomendável que sejam usados, por serem elementos que degradam a imagem e, no fundo, não têm nenhuma utilidade. Além disso, as boas empresas geralmente nem sequer produzem estas peças, o que torna seu uso ainda mais desaconselhável, já que as existentes no mercado são de qualidade duvidosa.

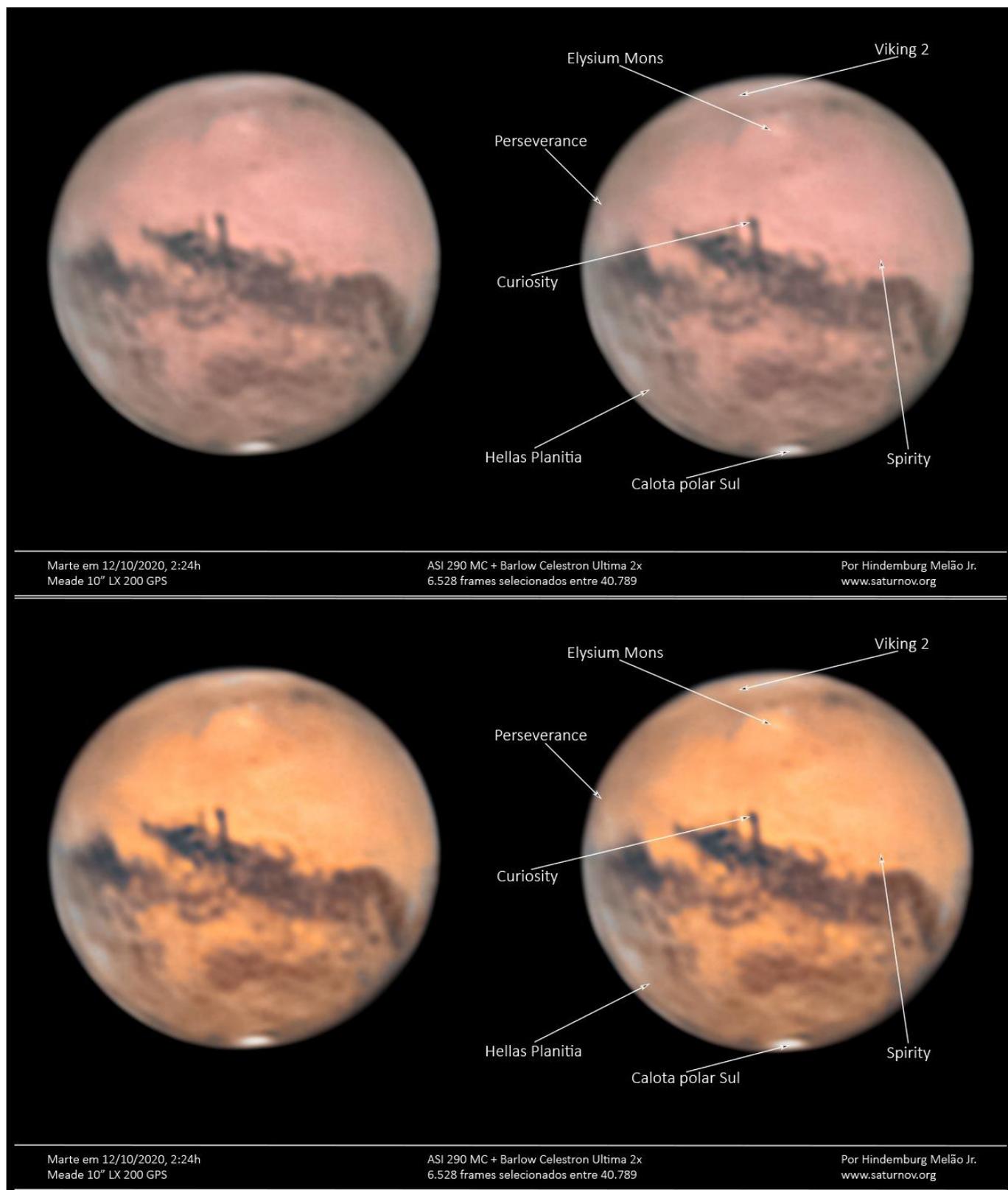
Filtros são acessórios que podem se prestar a diversas finalidades, como produzir fotos em RGB com câmeras monocromáticas e depois empilhá-las em softwares específicos, minimizando a perda de nitidez causada pelos diferentes índices de refração das diferentes cores, entre outras vantagens. Podem ser usados na observação direta para melhorar o contraste em alguns objetos. Há um filtro especial da TeleVue para Marte, outro para Vênus etc. No caso de Vênus, não há como ver detalhes em suas nuvens sem o uso de filtros apropriados. As fotos abaixo mostram Vênus com o uso de diferentes filtros. A da direita mostra aproximadamente como ele aparece sem nenhum filtro ou com filtro IR. A foto à esquerda mostra como fica usando um filtro específico para Vênus.



As câmeras para uso cotidiano costumam ter um filtro IR-UV em frente ao sensor, porque os sensores são mais sensíveis ao vermelho e ao violeta do que o olho humano, deixando as imagens levemente roxas/avermelhadas. Estes filtros têm a finalidade de deixar as imagens mais semelhantes ao que é visto pelo olho humano. Mas as câmeras dedicadas a fotos astronômicas não usam esse filtro, porque o objeto é capturar o máximo de luz, por isso pode-se usar filtros específicos conforme cada necessidade. No caso de Marte, por exemplo, sua cor com filtro e sem filtro fica muito diferente. As fotos abaixo mostram Marte com e sem filtro UV-IR:



É possível fazer um bom ajuste das cores no Photoshop sem o uso de filtros, mas pode ocorrer perda de detalhes e estreitamento na profundidade de cor. Para fotos planetárias, a profundidade de cor não costuma ser um problema relevante, mas a perda de detalhes sim. Por exemplo: eu não uso filtros e minhas fotos de Marte a seguir mostram antes e depois de corrigir as cores no Photoshop:



Pode-se observar que depois da correção as cores ficaram bastante semelhantes às da foto com o uso de filtro.

Também podem ser usados para reduzir a luminosidade da Lua ou do Sol. No caso da Lua, pode-se usar os filtros nas oculares, mas no caso do Sol existe o perigo de o filtro derreter ou rachar e, em seguida, lesar a retina do observador ou danificar o sensor da câmera. Para resolver esse problema, existem filtros solares para se colocar na frente da objetiva ou logo na abertura do telescópio. Nesse caso, não há risco de derreter ou rachar porque a luz solar atinge o filtro antes de ser intensificada (concentrada) pelos elementos ópticos, chegando muito menos intensa. Também se pode observar o Sol por projeção da imagem num anteparo. Há telescópios específicos para observação do Sol, da coroa solar etc., entre os quais os Coronado são os mais consagrados. Há também filtros polarizadores, filtros de transmissão variável etc. Há filtros para nebulosas que ajudam a melhorar o contraste, selecionando faixas específicas de emissão, como o H-alfa. As marcas de filtro mais famosas são ZWO, Lumicon e Bader, além das marcas já citadas, como Televue, Antares, Orion, Meade etc. Como as superfícies dos filtros são planas, é muito mais fácil produzi-los com alta qualidade e o prejuízo que eles causam geralmente é compensado com folga pelo ganho em nitidez que eles proporcionam.

Existem também filtros com finalidades mais específicas, como os ADC, para corrigir as distorções produzidas pela atmosfera quando o objeto observado não está perto do zênite. Estes filtros têm um ajuste de correção para cada altitude em relação ao horizonte, e precisam ser ajustados conforme a altitude muda. São muito eficientes para pessoas que moram em altas latitudes, ou para fotos de Mercúrio e Vênus. Há filtros que tentam reduzir o efeito da poluição luminosa, removendo predominantemente a luz espúria com comprimento de onda tipicamente emitido pelos postes de iluminação, mas isso tem o efeito colateral de remover junto a parte da luz dos objetos observados que esteja nessa mesma faixa do espectro. Há filtros para serem usados em rodas de filtros e câmeras monocromáticas, que produzem uma imagem em cada cor primária, e depois são empilhadas para gerar uma imagem colorida. Entre outros...

Acessórios não-ópticos:

Motores de passo são acessórios importantes para fotografias, mas não fazem muita diferença para observação direta, inclusive podem atrapalhar se travarem e não oferecerem a possibilidade de mover manualmente a estrutura, além do risco de quebrar, se moverem além do limite que a montagem permite. Geralmente os motores são desenhados para estruturas bem específicas, e pode não ser fácil adaptar motores de uma estrutura para serem usados em outra ligeiramente diferente. A montagem equatorial CG5, da Celestron, por exemplo, utiliza motores 93523, que saíram de linha há alguns anos, e não se consegue encontrar estes motores para vender em praticamente lugar nenhum do mundo. Em 2009 consegui comprar um usado de um site russo, depois de meses pesquisando. Há como adaptar os motores da CG4, porém são mais fracos, deixando o movimento menos suave.

O ideal é já adquirir equipamentos motorizados, se esta for a intenção, ou pesquisar qual o modelo exato de motor indicado para determinado modelo de montagem e verificar se existirão disponíveis para compra avulsa no futuro.

Em montagens equatoriais pode ser suficiente usar um motor para AR, mas nas montagens em forquilha ou dobsonianas são necessários dois motores para que se possa acompanhar o movimento sideral ou de objetos específicos. As montagens dobsonianas podem ser colocadas sobre plataformas equatoriais, com efeito similar ao de uma montagem equatorial.



Geralmente, além dos motores, se tem o recurso “tracking”, para fixar num objeto e acompanhar automaticamente o movimento dele. Se o telescópio for computadorizado, com uma conexão paralela num controle GoTo, AutoStar ou no computador, pode-se configurar para acompanhar uma grande variedade de objetos, inclusive planetas, cometas, asteroides e até satélites artificiais, estações orbitais, telescópio Hubble etc. Para isso é necessário um software que contenha os elementos orbitais do objeto que se deseja acompanhar e que seja compatível com a motorização do telescópio. A motorização pode incluir também GPS, que reconhece a posição do instrumento e pode ter recurso de auto-alinhamento.

Existem também telescópios GoTo sem motor, como os Intelliscope da Orion, que não se movem automaticamente, mas possibilitam localizar qualquer objeto por meio da escolha num menu e depois vão indicando num visor qual a diferença entre a posição atual para a qual o telescópio está apontando em relação à posição do objeto escolhido para ser observado, até zerar a diferença. A pessoa vai movendo manualmente o tubo e observando o visor até que a diferença seja zerada.

Conclusão final:

De acordo com todas estas informações, o que se deve tentar escolher? Bom, dentro do limite de orçamento que se dispõe, deve-se pesquisar quais são as alternativas disponíveis e depois compará-las tendo em consideração os fatores que forem mais importantes para cada finalidade específica. Se a pessoa quer tirar fotos, pode ser necessário motorizar, caso contrário pode ser melhor investir numa abertura maior. Instrumentos que venham com uma ocular longa (40mm) e outra curta (6 mm) poupam custos adicionais, pois já vem equipados para planetas e céu profundo. Os que trazem apenas 1 ocular de 20mm ou 25mm geralmente são médios para céu profundo e planetas, e precisam de duas outras oculares, pelo menos. Os kits com 3 oculares e 2 barlows, tudo de baixa qualidade, são piores do que apenas 1 ocular boa. Além de aberração cromática, as oculares de baixa qualidade deixam as imagens escuras, distorcidas nas bordas, criam reflexos “fantasmas” (pode-se ver um “eco” de Vênus repetido 4 ou 6 vezes, como “fantasmas”), além de terem regiões em que a imagem fica mais embaçada.



O erro mais básico e frequente é comprar os telescópios 675x, 575x, 525x, que geralmente não conseguem aumentar mais do que 50x sem degradar seriamente a qualidade da imagem, usam oculares de plástico Huygens e Ramsden, portanto com aberração, a qualidade das objetivas é sofrível, a montagem é dura quando não deveria ser e frouxa quando não deveria ser. Não são recomendáveis, em geral, telescópios com superlativos no anúncio, do tipo “fantástico telescópio”, “super telescópio”. Seria muito melhor se informasse algo sobre o erro óptico máximo ser menor que $\lambda/10$, que é um dado objetivo e sem

dramatização. O poder de aumento que informam não é uma característica do telescópio, é uma relação entre a distância focal do telescópio e da ocular em conjunto com as lentes Barlow. Portanto dizer que determinado telescópio aumenta 675x é uma informação inútil e incorreta. Qualquer telescópio pode aumentar 675x ou 10.000x ou 100.000x, só depende de quais oculares e barlows serão usadas nele.

Além disso, o que se deve buscar num telescópio não é o maior aumento, mas sim a maior riqueza de detalhes e cores. Pode-se ter imagens extraordinárias com 50x ou 100x num instrumento de boa qualidade, enquanto os aumentos exorbitantes de 500x ou 1000x podem produzir apenas manchas escuras e pobres, usando um punhado de lentes ruins umas sobre as outras. Algumas pessoas alegam que com um orçamento muito limitado, a única alternativa seria levar um destes, mas estão erradas, conforme comentarei mais adiante. Há produtos de boas

marcas a preços praticamente iguais aos de marcas ruins, e há produtos usados muito baratos e de qualidade muito superior aos novos de marcas ruins. Basta pesquisar.



O segundo erro mais básico, geralmente cometido por quem já aprendeu que abertura é mais importante do que a quantidade de aumentos, é comprar instrumentos de baixa qualidade só para ter uma grande abertura a um baixo custo. Os Baytronix são a armadilha mais comum para estas pessoas, que levam um 6 polegadas novo e bonito, em montagem equatorial, por \$ 200, felizes da vida, mas quando usam pela primeira vez, já sentem vários problemas ópticos e mecânicos.

Outro erro é pensar apenas na parte óptica, sem levar em conta a firmeza da estrutura e a suavidade de movimentos, bem como o tipo de montagem e a praticidade de uso.

Por fim, um erro também grave é pensar que um telescópio motorizado ou computadorizado oferece vantagem em comparação a um não motorizado. A vantagem existe se for para tirar fotos. Caso contrário, o custo com a motorização pode ser melhor aplicado na obtenção de um instrumento com maior abertura.

Então a qualidade óptica, que geralmente está associada à marca, o tamanho da abertura, que determina a capacidade de captar luz, e os detalhes sobre a montagem e os acessórios são fatores importantes a serem considerados. Cabe a cada um avaliar como interpretar e aplicar conjuntamente as informações apresentadas aqui de modo a atender às suas necessidades pessoais. O caminho indicado aqui é bastante razoável, certamente incompleto e há muito mais a dizer, porém acredito que já seja suficiente para evitar alguns equívocos graves na escolha.

Também acho importante comentar que muitas vezes os vendedores não fornecem as informações necessárias para uma boa avaliação do instrumento. Isso é comum principalmente no Brasil, em lojas não especializadas, que dão ênfase ao número de vezes que aumenta, ao fato de ser importado, ou qualquer apelo comercial similar. Quando as informações disponíveis não forem úteis para uma avaliação, é recomendável pesquisar por reviews em sites especializados, como Cloudy Nights. Aliás, essa recomendação vale para todos os casos, e todos os produtos (além de telescópios). Ler vários reviews sobre um produto ajuda a ter uma ideia muito mais profunda e imparcial, que pode fazer toda a diferença para orientar numa boa escolha.

O que se consegue ver com telescópios de diferentes tamanhos?

Tentaremos dar uma resposta à pergunta mais comum quando alguém quer escolher um instrumento óptico: **o que eu consigo ver com ele?**

Geralmente a pessoa não tem experiência com óptica, não está preocupada com detalhes técnicos como o wave front error ou o Strehl ratio do espelho, nem se a montagem é uma Gemini 11 ou uma EQ2, se o aparelho é fácil de colimar ou se o GoTo tem PEC. Ela quer saber principalmente os aspectos mais práticos, isto é, o que dá pra ver com o tal telescópio.

Em nossa resposta tentaremos ser objetivos, simples e tão abrangentes quanto possível. Antes de tudo precisamos lembrar o que foi dito no item 4 do tópico “Outros detalhes”. Sendo assim, tomaremos como referência 9 instrumentos típicos de diferentes tamanhos e qualidades, e diremos o que é possível observar com cada um deles. Quem tiver interesse também pode ver

em meu canal https://www.youtube.com/channel/UC_LpU08PqkQcC77hKhYijPw várias imagens feitas com diferentes instrumentos.

M10 (Meade 10" LX 200 GPS, Schmidt-Cassegrain D 254 mm, F 2540 mm, montagem AZ)
C8 Celestron CN8, Newtoniano, D 203 mm, F 1000 mm, montagem equatorial alemã CG5)
M127 (Meade ETX 125, Maksutov-Cassegrain, D 127 mm, F 1900 mm, montagem em forquilha)
C102 (Celestron 102 GT, refrator acromático D 102 mm, F 1000 mm, montagem AZ)
B114 (Bushnell Voyager, Newtoniano-Cassegrain, D 114 mm, F 500 mm, montagem peculiar esférica)
L70 (Lomo Astele 70, Maksutov-Cassegrain, D 70 mm, F 890 mm, montagem peculiar)
JC76 (Jason Comet, Newtoniano-Cassegrain, espelho esférico, D 76 mm, F 480 mm, montagem azimutal)
M60 (Meade refrator acromático 60 mm, F 700 mm, montagem azimutal)
N40 (Nikula refrator Bak4 40 mm, F 137 mm, 16x, sem montagem)

Sol:

M10 Possibilita ver manchas solares, trânsitos de Vênus e Mercúrio, trânsito de satélites artificiais, do ISS, do HST, de asteroides etc., permitindo ver detalhes da forma da ISS ou do HST.

C8 Possibilita ver manchas, trânsitos de Vênus e Mercúrio, trânsito de satélites artificiais, do ISS, do HST etc.

M127 Possibilita ver manchas, trânsitos de Vênus e Mercúrio, trânsito de satélites artificiais, ISS, HST etc.

B114 Possibilita ver manchas, trânsitos de Vênus e Mercúrio

L70 Possibilita ver manchas, trânsitos de Vênus e Mercúrio

JC76 Possibilita ver manchas, trânsitos de Vênus e Mercúrio

M60 Possibilita ver manchas, trânsitos de Vênus e Mercúrio

N40 Possibilita ver manchas, trânsitos de Vênus e Mercúrio

Mercúrio:

M10 Possibilita ver fases com facilidade, nas fotos é possível ver diferenças de albedo

C8 Possibilita ver fases com facilidade, nas fotos é possível ver diferenças de albedo

M127 Possibilita ver fases com facilidade

C102 Possibilita ver fases com facilidade

B114 Possibilita ver fases

L70 Possibilita ver fases com facilidade

JC76 Possibilita ver fases com **dificuldade**

M60 Possibilita ver fases

N40 Possibilita notar ligeira mudança na forma com a mudança de fases

Vênus:

M10 Possibilita ver fases com grande facilidade

C8 Possibilita ver fases com grande facilidade

M127 Possibilita ver fases com grande facilidade

B114 Possibilita ver fases com facilidade

L70 Possibilita ver fases com grande facilidade

JC76 Possibilita ver fases com facilidade

M60 Possibilita ver fases com facilidade

N40 Possibilita ver fases

Lua:

C8 Possibilita ver crateras, cordilheiras, muitos detalhes na superfície

M127 Possibilita ver crateras, cordilheiras, muitos detalhes na superfície

B114 Possibilita ver crateras, cordilheiras

L70 Possibilita ver crateras, cordilheiras
JC76 Possibilita ver crateras, cordilheiras
M60 Possibilita ver crateras, cordilheiras
N40 Possibilita ver crateras, cordilheiras

Marte:

M10 Vários detalhes na superfície, calotas polares, nuvens orográficas. Em fotos é possível ver as sombras de algumas das montanhas/vulcões mais altos. Também podem ser fotografados seus dois pequenos satélites, Fobos e Deimos.

C8 Vários detalhes na superfície e calotas polares

M127 Calotas polares em períodos favoráveis, Syrtis Major em períodos favoráveis

B114 Disco do planeta com facilidade

L70 Disco do planeta com facilidade

JC76 Disco do planeta

M60 Disco do planeta

N40 Disco do planeta com **dificuldade** em períodos favoráveis

Ceres:

C8 Disco do planetóide

M127 Fácil de ver

B114 Fácil de ver

L70 Fácil de ver

JC76 Fácil de ver

M60 Fácil de ver

N40 Possível ver

Júpiter:

M10 Muitos detalhes no topo das nuvens, cores, manchas, faixas e detalhes na forma das faixas, tempestades nas faixas, os 4 maiores satélites são percebidos como disquinhos e pode-se perceber algumas manchas de albedo em Ganímedes, as sombras dos satélites projetadas em Júpiter como disquinhos, diferenças de cores dos satélites. Nas fotos é possível perceber muitos detalhes na superfície dos satélites e reconhecer algumas regiões em Ganímedes e Io, pode-se perceber detalhes na estrutura da Grande Mancha Vermelha e acompanhar a rotação em torno do olho do anticiclone. Com olho na ocular só é possível observar 4 satélites, mas em fotos pode-se registrar até 8 ou 9 satélites se o céu estiver bom (Bortle 4 ou 5).

C8 Muitos detalhes no topo das nuvens, cores, manchas, faixas e detalhes na forma das faixas, tempestades nas faixas, os 4 maiores satélites são percebidos como disquinhos, as sombras dos satélites projetadas em Júpiter como disquinhos, diferenças de cores dos satélites

M127 Mancha vermelha e faixas horizontais com facilidade, cores, os 4 maiores satélites, as sombras dos satélites projetadas em Júpiter

B114 Faixas horizontais com facilidade, cores, os 4 maiores satélites

L70 Faixas horizontais com facilidade, cores, os 4 maiores satélites, as sombras dos satélites projetadas em Júpiter

JC76 Faixas horizontais com muita **dificuldade**, tonalidades, os 4 maiores satélites

M60 Faixas horizontais, tonalidades, os 4 maiores satélites

N40 Disco do planeta, achatamento polar, 4 satélites com dificuldade

Abaixo algumas fotos de Júpiter e seus 4 maiores satélites tiradas em 2020 com o M10:

Ganímedes saindo de trás de Júpiter
logo após ocultação

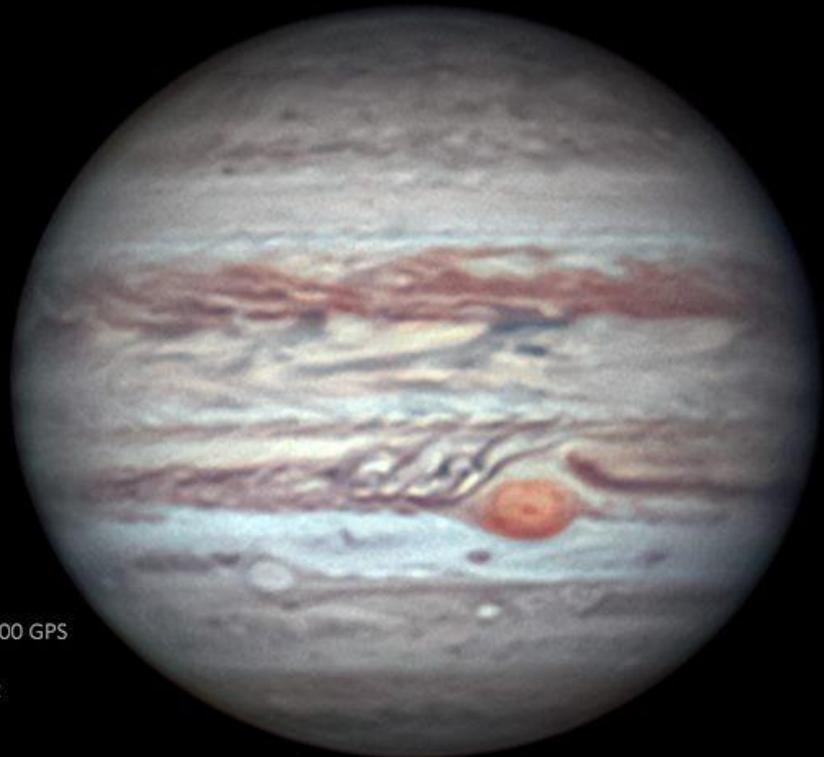
Júpiter e Ganímedes, 8/6/2020, 4:23h
Por Hindenburg Melão Jr.
www.saturnov.org
Com Meade 10" LX 200 GPS
ASI 290 MC
Barlow Celestron Ultima 2x

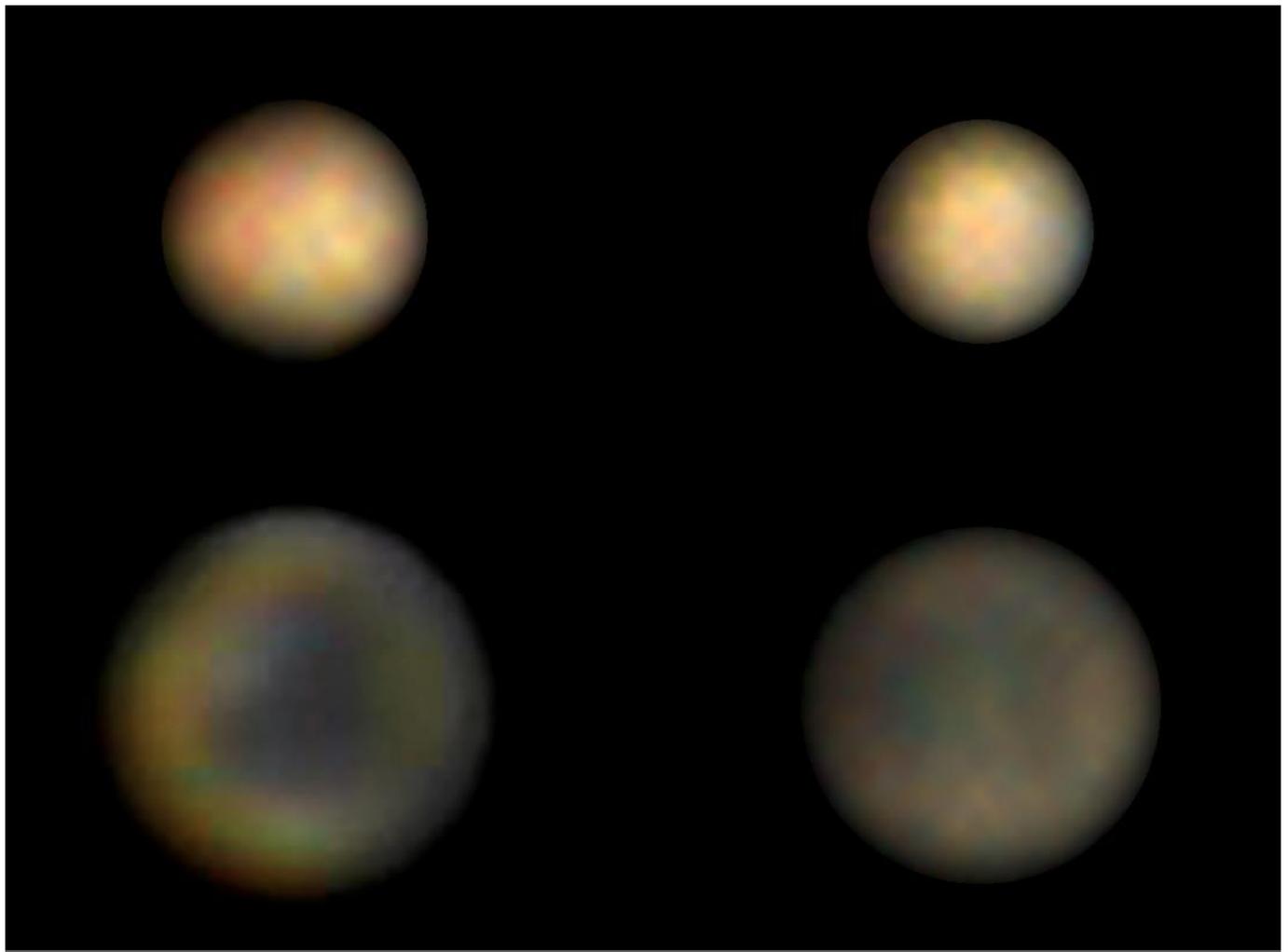
Nova mancha Clyde



Júpiter

Pindamonhangaba, SP
23/6/2020, 2:51h
Por Hindenburg Melão Jr.
Telescópio Meade 10" LX 200 GPS
Câmera ASI 290 MC
Barlow Celestron Ultima 2x
www.saturnov.org





Os 4 maiores satélites de Júpiter, Io, Europa, Ganímedes e Callisto
Fotografados entre 20/5/2020 e 2/8/2020, com Meade 10" LX 200 GPS
ASI 290 MC + Barlow Celestron Ultima 2x e Televue Powemate 4x
5% dos frames selecionados com capturas de 140.000 frames cada
Após o resize, os tamanhos foram ajustados para ficar na proporção real,
tomando por referência o tamanho aparente de Callisto em 2/8/2020
Hindenburg Melão Jr. - www.saturnov.org

É interessante comparar as imagens das fotos acima com as imagens dos vídeos, sem processamento, para perceber a diferença entre o nível de detalhes que se consegue com fotos em comparação aos detalhes com o olho na ocular.

Saturno:

M10 Divisão de Cassini nos anéis, detalhes no topo das nuvens, faixas escuras, 6 ou 7 satélites.
Em fotos é possível registrar até 10 satélites, a divisão de Encke, o hexágono no polo Norte, as divisões em até 7 anéis, o corpo do planeta por trás da divisão de Cassini.

C8 Divisão de Cassini nos anéis, detalhes no topo das nuvens, faixas escuras, 6 ou 7 satélites
sombra de Titã como disquinho, diferenças de cores

M127 Anéis com facilidade, faixas escuras, 4 ou 5 satélites

B114 Anéis com facilidade, 3 ou 4 satélites

L70 Anéis com facilidade, Titã

JC76 Anéis, Titã

M60 Anéis com facilidade, Titã
N40 Percepção da forma alongada devido aos anéis

Urano:

M10 Disquinho, cor esverdeada. Em fotografias pode-se observar seus 4 maiores satélites, eventualmente diferenças de albedo/manchas, e em condições excepcionais pode-se tentar registrar as bordas dos anéis, mas os indícios são frágeis.

C8 Disquinho, cor esverdeada

M127 Disquinho, cor esverdeada com **dificuldade**

B114 apenas é possível ver com facilidade

L70 apenas é possível ver com facilidade

JC76 apenas é possível ver com facilidade

M60 apenas é possível ver com facilidade

N40 apenas é possível ver com facilidade

Netuno:

M10 Disquinho, cor azulada. Em fotografias pode-se registrar facilmente Tritão e com um pouco mais de dificuldade pode-se registrar também Nereida.

C8 Disquinho, cor azulada

M127 Sensação de disquinho

B114 apenas é possível ver com facilidade

L70 apenas é possível ver com facilidade

JC76 apenas é possível ver com facilidade

M60 apenas é possível ver com facilidade

N40 apenas é possível ver

Nebulosas (ex.: Orion):

M10 Muitos detalhes de diferenças de intensidades e contornos, mas homens dificilmente percebem cores. Algumas mulheres conseguem perceber tons coloridos. Em fotos a riqueza de detalhes e cores é impressionante. A foto a seguir foi com um Meade 10" LX 200. A seguinte com um close na região do Trapézio.

C8 Muitos detalhes de diferenças de intensidades e contornos, mas homens dificilmente percebem cores. Algumas mulheres conseguem perceber tons coloridos.

M127 Detalhes de diferenças de intensidades e contornos

B114 Mancha de algodão

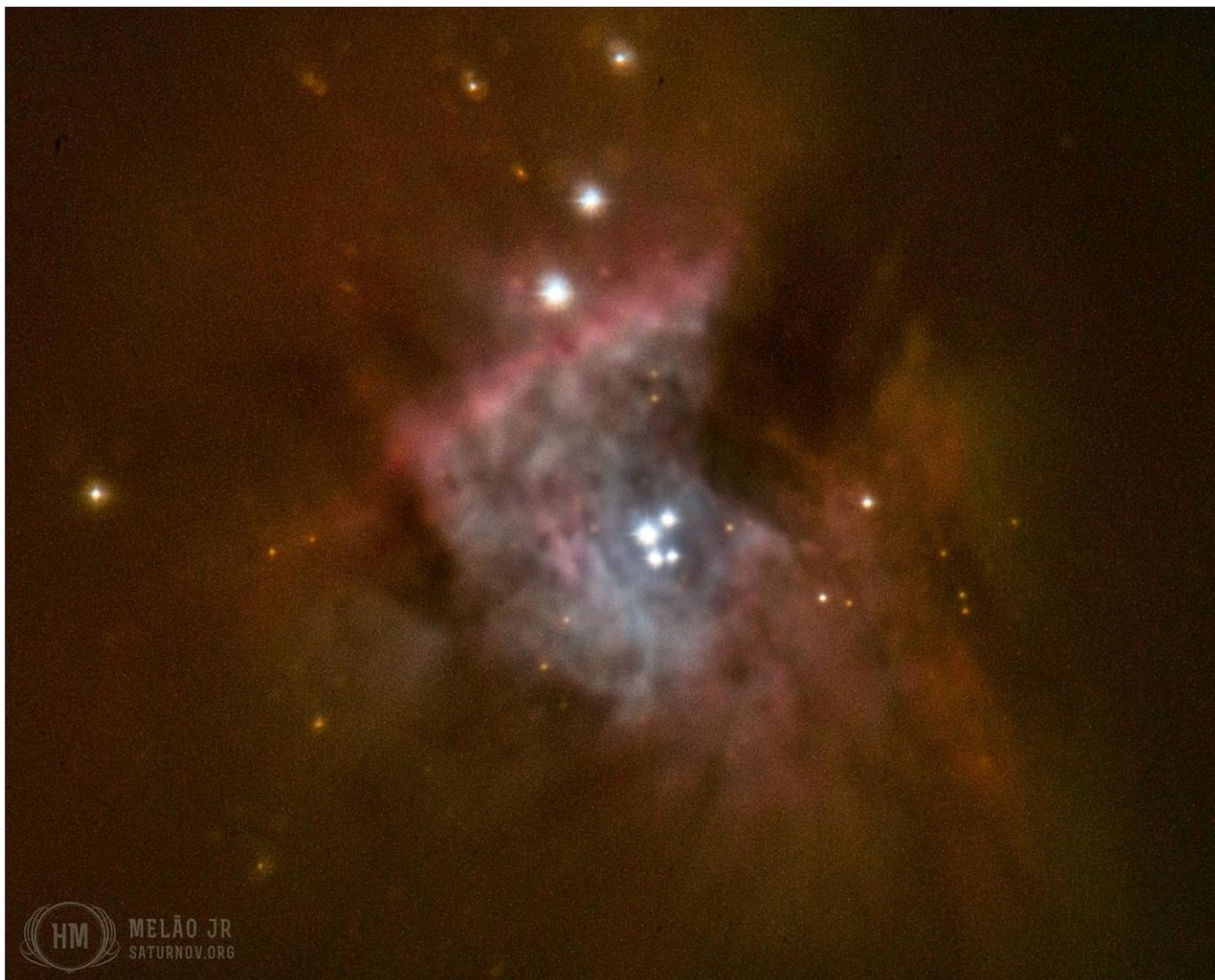
L70 Manchinha de algodão

JC76 Manchinha de algodão

M60 Manchinha de algodão

N40 fumacinha





Aglomerados globulares (ex.: 47 Tucanae):

C8 Sensação de que resolve algumas estrelas individuais

M127 Mancha com gradiente de brilho

B114 Mancha com gradiente de brilho

L70 Manchinha circular

JC76 Manchinha

M60 Manchinha circular

N40 fumacinha

As cores de nebulosas exigem aberturas acima de 400 mm para serem percebidas por observação direta, embora sejam facilmente fotografadas com instrumentos de 50 mm ou até menos. Os satélites de Marte seriam visíveis com um 200 mm ou 250 mm, não fosse pela grande proximidade ao planeta, que os ofusca. Com 300 mm é possível ver Fobos e Deimos, Titânia e Oberon, Tritão, Plutão. Devido à inevitável interferência da atmosfera, o limite prático de abertura para perceber o máximo de detalhes em planetas é cerca de 400 mm com aumentos de 300x a 700x. Em casos excepcionais se pode chegar a pouco mais de 1000x. Nos observatórios situados a grandes altitudes, onde a atmosfera é mais rarefeita e tranquila devido ao frio, há casos de 2000x para observação de Titã e Marte. Há fontes que afirmam que Herschel teria usado algumas vezes 6000x. Contudo, em condições “normais” boas, raramente se consegue alguma vantagem usando mais de 700x.

Alguns detalhes interessantes: o Lomo 70 mm, apesar da obstrução maior que a do Jason Comet 76 mm e da abertura menor, produz imagens melhores, possibilita observar mais objetos e mais detalhes, graças à sua superior qualidade óptica e ao fato de ter espelho parabolóide, enquanto o Jason Comet usa espelho esférico. O Meade 60 mm refrator acromático apresenta pouca aberração cromática se comparado a refratores acromáticos de outras marcas inferiores, com os quais não se consegue ver boa parte do que é possível ver com o Meade. Por exemplo: Titã é facilmente visível no Meade, mas não em outros de baixa qualidade porque vira uma manchinha, em vez de um ponto, reduzindo o contraste com o fundo escuro e dificultando a percepção. Detalhes em Júpiter são visíveis com ele, mas não com similares de outras marcas, e até mesmo maiores de outras marcas, como o Jason Comet 76 mm. O Bushnell 114 mm é inferior ao Lomo 70 mm para observar detalhes em planetas, devido à qualidade óptica do Lomo, no entanto o Bushnell é melhor do que Lomo 70 para céu profundo, porque sua maior abertura possibilita captar mais luz.

Para ter uma idéia geral sobre o que é possível observar com cada instrumento, convém calcular sua magnitude visual limite. Para saber a mv limite de cada telescópio, uma fórmula básica é:

Refletor com 20% de obstrução, 90% de reflexão em cada espelho, 95% de transmissão na ocular

$mv_limite = 0,7 + 5 \times \log(D)$, em que D é a abertura em milímetros.

Refrator sem diagonal, com 95% de transmissão na objetiva, 95% de transmissão na ocular

$mv_limite = 1,1 + 5 \times \log(D)$, em que D é a abertura em milímetros.

Há fórmulas menos realistas. Na prática, estas fórmulas que citei fornecem os limites reais do que se consegue ver. Um dos erros comuns nos cálculos é dividir o diâmetro da abertura pelo diâmetro da pupila humana dilatada (7 mm), elevar ao quadrado, tirar o logaritmo, multiplicar por 2,5 e somar com 6,2. O problema é que temos 2 olhos, portanto captamos o dobro da luz que é captada por uma lente de 7 mm, além disso é preciso considerar as perdas por absorção, obstrução e ineficiência na reflexão. Geralmente isso resulta na perda de mais de 1 magnitude.

Com fotografias os limites aumentam muito. Em regiões com céu suficientemente limpo, pode-se fotografar Plutão com uma câmera e uma lente 50 mm, sem telescópio. Aqui o céu é bom, mas há vários postes a Norte e Nordeste. Apesar disso, é possível registrar alguns objetos muito tênues, como Haumea, Makemake e Hidalgo.

Mitos x Fatos

Há vários mitos sobre telescópios que são amplamente disseminados, e não daria para analisar todos aqui. Mas gostaria de abordar um, em especial: uma das ideias errôneas mais amplamente difundidas é de que refratores e catadióptricos são bons para planetas, enquanto refletor são bons para galáxias, nebulosas, cometas. Outra lenda é de que não é possível fazer boas fotos de DSOs com montagem azimutal. O que pude verificar, com vários equipamentos diferentes, em diferentes circunstâncias, é que quando se tem boa vontade e dedicação, consegue-se obter resultados muito bons com qualquer instrumento. Com um simples celular é possível fazer excelentes fotos da Via-Láctea, de algumas constelações, das Nuvens de Magalhães etc. A foto da página 6, da galáxia Centaurus A, por exemplo, foi tirada com um Schmidt-Cassegrain em montagem azimutal. A foto a seguir com uma lente 50 mm, sem telescópio, mostrando a região do Cruzeiro do Sul e a nebulosa escura Saco de Carvão, à esquerda, e a nebulosa Eta Carinae, o aglomerado Poço dos desejos e outros à direita. Se seu objetivo principal for fotografia, é muito importante aprender a utilizar os principais softwares de processamento, que são responsáveis por mais de 50% do resultado final.



Novos x usados:

Para começar, é interessante considerar que existe um preconceito largamente disseminado contra produtos usados, que acaba por depreciá-los abaixo do que realmente valem. Se um produto teve a embalagem aberta, embora continue tão novo como era enquanto a embalagem estava lacrada, este simples ritual de abrir a embalagem já reduz o valor em 30%. Porém existem também depreciações reais que resultam de desgaste do tempo.

O mais importante a ser analisado na compra de um produto usado é se sua óptica está em perfeitas condições, sem riscos ou manchas, sem defeitos de fábrica etc. Depois se analisa a parte mecânica, se não está com folgas ou deformações irreparáveis. Se estiver tudo ok, provavelmente a depreciação será puramente cosmética, além de a vida útil do espelho ser um pouco menor do que quando ele era novo. De modo geral, o valor intrínseco de um usado bem conservado deveria ser cerca de 95% de um novo, mas na prática custa de 40% a 60%. Isso, em si, já representa uma vantagem interessante em preferir usados, e dos meus últimos 9 telescópios, 8 foram usados. O ganho que se tem no preço pode ser investido numa abertura maior, em acessórios extras, em uma marca melhor etc. É muito mais vantajoso levar um Meade usado 10" do que um Zhumell novo 10", ambos com mesma montagem e mesmas características gerais, porque a qualidade óptica do Meade usado continua superior à do Zhumell novo. Ou então é muito melhor um Meade 12" usado do que um Meade 8" novo, sendo que os preços podem ser quase iguais.

Além desses detalhes mais óbvios, há também alguns mais sutis que podem justificar a preferência por telescópios usados: embora os produtos da China estejam se tornando cada vez melhores e conquistando um importante espaço no mercado, ainda estão longe de se igualar

aos produtos japoneses. Os Takahashi ainda são muito superiores aos Guan Shen Optics. E como até poucos anos atrás a qualidade dos produtos chineses era bem inferior à atual, empresas americanas e européias não contratavam mão-de-obra chinesa para fazer partes de seus produtos, mas sim compravam peças japonesas. Os Meade, Celestron e Orion antigos possuem várias partes produzidas no Japão, enquanto os novos têm estas partes produzidas na China. Há alguns reviews sobre oculares que apontam a Meade 9.7 mm antiga, feita no Japão, como uma das melhores oculares planetárias, enquanto a 9,7 mm atual nem sequer é considerada muito boa. Isso significa que tanto a óptica quanto a mecânica de alguns telescópios usados podem ser superiores às dos mesmos modelos mais novos.

Outra vantagem importante é que um produto usado já passou pela avaliação de um usuário, por isso se tinha algum defeito, foi substituído, logo é improvável que um produto usado apresente qualquer defeito de fabricação. Um novo não passou pelas mãos de ninguém e se tiver defeito precisa ser enviado de volta ao fabricante para substituição, e como o frete internacional não é barato, isso significa que assumir o risco de trazer um produto com defeito de fábrica não é algo muito convidativo. Além do problema de ser tributado duas vezes, porque geralmente a alfândega não aceita a explicação de que o produto havia sido enviado para troca, a menos que você siga todos os protocolos de exportação temporária. Há uma empresa nos EUA chamada Company Seven que faz testes nos produtos novos antes de vendê-los, e cobra uma pequena taxa por isso (cerca de 10% do produto). A maioria dos compradores experientes prefere comprar usados ou comprar da Company Seven, porque sabem que o risco de um defeito de fábrica é grande o bastante para justificar investir 10% a mais num teste antes da compra.

Portanto ao adquirir um produto usado, além de pagar menos, levar um produto que pode ter melhor qualidade óptica e mecânica, ter menos riscos de apresentar defeito de fabricação, ainda por cima é comum receber maior quantidade de acessórios e ter flexibilidade para escolher/trocar acessórios, enquanto os novos são configurados em kits fechados.

Isso não é uma apologia aos produtos usados. Isso é uma desmistificação da falsa supremacia que se costuma atribuir aos produtos novos. Lembrando que alguns destes critérios só se aplicam às marcas Meade, Celestron e Orion. Os Takahashi e Vixen, por exemplo, sempre foram feitos no Japão e praticamente não há casos de defeitos de fabricação, portanto dois dos argumentos em favor dos usados não seriam aplicáveis a estas marcas.

O que se pode dizer a favor dos novos? Em primeiro lugar, muitos oferecem frete gratuito dentro dos EUA, o atendimento costuma ser mais profissional e cordial, se houver defeito você tem para quem chorar e será consolado com uma troca por um novo, o tempo de vida útil de todas as partes é um pouco mais longo, a estética geral é superior, alguns produtos novos usam fibra de carbono em lugar de aço ou alumínio dos modelos antigos, com ganho em leveza, resistência e indeformabilidade. Na verdade, a maioria destas vantagens é bastante ilusória. Um risco no tubo, por exemplo, não afeta em nada a performance. Os usados, se forem vendidos sem defeito, não deve aparecer defeito de um momento para outro, e se o dano for causado por queda ou mal uso, a garantia do novo não cobriria também. Pagar o dobro do preço por um atendimento mais profissional não é muito razoável, e o frete gratuito dentro dos EUA não pode ser desfrutado por quem vive no Brasil. Eu levei cerca de 2 anos até renunciar aos meus preconceitos iniciais e admitir que produtos usados podem ser mais vantajosos, DESDE que se compre em algum sistema no qual os vendedores sejam avaliados publicamente por vários compradores, como no eBay ou Mercado Livre, recebendo pontos, estrelas ou algo que permita estimar sua credibilidade, e assim se consegue evitar o risco de comprar algo com problemas não informados no anúncio ou algo do gênero.

Onde comprar?

No Brasil não existem muitas lojas especializadas, e as poucas que existem praticam preços cerca de 3 a 50 vezes maiores que as lojas nos Estados Unidos. Contudo existem vantagens práticas que podem justificar compras no Brasil, tais como entrega quase imediata, possibilidade de parcelamento no cartão, suporte pós-venda e facilidade para troca em caso de defeito de fábrica.

Uma antiga loja famosa era Omnilux, que agora se especializou em instrumentos de grande porte. A AstroShop é talvez a mais famosa do Brasil atualmente. O Armazém do Telescópio também é famoso e comercializa novos e usados. Sites como Que Barato, Mercado Livre e OLX são opções interessantes para usados, mas pode ser mais vantajoso trazer usados do exterior por 1/3 a 1/20 do preço que costumam vender usados no Brasil. Um dos melhores centros de comércio e permuta de produtos astronômicos usados é a Astromart, com alguns itens de alto padrão que não são encontrados em outros lugares, de marcas como Lomo, Pentax, Zeiss, Astropysics, TMB, Questar etc. O eBay é outra fonte interessante em que se pode encontrar pechinchas fantásticas. Eu consegui comprar um Jason Comet 76 mm, produzido no Japão, com 4 oculares, 2 lentes barlow, tudo junto por \$ 5! E há meios de envio promocionais com frete muito barato. Um telescópio de 76 mm, oculares japonesas, adaptador de câmera fotográfica, não custa menos de R\$ 1.000 no Brasil. Por ser usado, digamos que R\$ 500,00 seria um preço normal. Mas paguei \$ 5! É comum encontrar no eBay os famosos Meade ETX 60 mm por menos de \$ 50, enquanto no Mercado Livre já vi um usado de mesmo modelo anunciado por R\$ 1.900,00. Há poucos dias uma pessoa comentou que um binóculo Tasco Bak4, 7x 50, usado, estava barato por R\$ 300,00. Nos EUA um novo custa \$ 29,90 e um usado se consegue até por R\$ 0,99 no eBay! Aliás, um dos melhores lugares para compra de telescópios usados é o eBay, onde se consegue alguns instrumentos por preço quase 100 vezes menor. Também no Japão e alguns países europeus alguns telescópios são praticamente “descartáveis” e quando o proprietário adquire um instrumento maior e melhor, acaba vendendo o antigo a um custo irrisório. Já houve casos de eu adquirir produtos que valeriam facilmente \$ 800,00 por menos de \$ 10,00, por haver algum risco no corpo do tubo ou alguma pequena avaria que não afetava em nada a qualidade óptica ou a funcionalidade mecânica.

Enfim, a diferença de preços é gritante. Além disso há alguns procedimentos do tipo: se preciso de um motor para acompanhamento, e o motor custa \$ 39,00, mas existe um telescópio inteiro usado por \$ 4,95, eu compro o telescópio inteiro, removo o motor de que preciso e ainda fico com um telescópio de brinde. Não é fácil achar itens tão baratos, porque dependem de o leilão avançar sem que haja muitos lances até o final, mas pesquisando com paciência se consegue encontrar negócios fantásticos. Entre os produtos novos, também se consegue excelentes negócios com itens fora de linha. Logo após o lançamento de um produto novo, os similares que ficam obsoletos caem substancialmente de preço, e as lojas que não trabalham em consignação ficariam com estes itens “encalhados”, por isso preferem vender ao preço de custo ou até menor que o preço de custo, outras vezes oferecem como brindes promocionais a quem compra determinados itens.

Onde comprar no exterior:

<http://www.ebay.com/>
<http://www.astromart.com/>
<http://www.telescopes.ru/>
<http://www.amazon.com/>
<http://www.telescope.com/>
<http://www.buytelescopes.com/>
<http://www.opticsplanet.com/>
<http://www.telescopes.com/>

Onde comprar no Brasil:

<http://www.quebarato.com.br/>
<http://www.astroshop.com.br/>
<http://www.techs.com.br/users/dariopires/>
<http://www.telescopioscoletti.astrodatabase.net/>
<http://telescopios.sites.uol.com.br/>
<http://www.telescopios.com.br/>
<http://www.mercadolivre.com.br/>
<http://www.binoculos.net/>
<http://www.paraquedas.net/>

Lojas não-especializadas, como Americanas, Submarino, Shoptime, costumam fornecer informações incorretas e produtos de baixa qualidade a preços elevados. Fiz uma busca nas Americanas e só encontrei marcas “Weifeng” (chinesa?) e Bayard. Ambas desconhecidas, presumivelmente ruins, e a preços altíssimos. Um refrator 60 mm por R\$ 569,00! Nos EUA se compra um refrator 60 mm com ocular eletrônica para ver as imagens na TV e da marca Meade, muito superior, por cerca de \$ 55 novo ou menos de \$ 5 por um usado! Aqui devo fazer mais um update: recentemente li reviews sobre tripés Weifeng para câmeras DSLR, em que os usuários alegam ter qualidade comparável a um manfrotto. Mesmo que haja algum exagero na comparação, se fossem ruins não daria para fazer tal comparação, portanto é possível que Weifeng seja uma boa marca. Tenho um micrômetro chinês e um japonês (Mitotuyo), ambos digitais e com mesmas propriedades gerais. A qualidade é muito similar, a repetibilidade é praticamente igual e a acurácia também, com a diferença que o chinês custa 10x mais barato.

Em muitas lojas especializadas também há diversos produtos ruins, bem como no Mercado Livre a grande maioria, talvez mais de 95%, são de péssima qualidade. No entanto nas três lojas citadas acima, o mais grave que não há nenhum produto bom que eles ofereçam, enquanto nas outras há alguns bons que podem ser garimpados em meio aos diversos ruins, desde que se faça uma triagem com bons critérios. O perigo é quando não adianta tentar filtrar por simples falta de opção. Aqui também cabe um update: ultimamente o ML tem anunciado alguns produtos melhores, da Meade e Celestron, por exemplo, mas a preços muito altos se comparados aos mesmos itens nos EUA, geralmente 5x a 10x mais caros.

Como comprar no exterior?

Compras no exterior são mais simples do que muitos imaginam. Se a pessoa tiver cartão internacional, pode usar o próprio cartão ou pode cadastrar o cartão no PayPal (www.paypal.com). Se não tiver cartão, pode cadastrar sua conta no PayPal. Alguns sites aceitam pagamentos em wiretransfer e withdrawall, entre outras opções, mas a opção mais barata, prática, rápida, segura e aceita em praticamente todos os sites internacionais de compra é o PayPal. A principal vantagem é a segurança, porque depois que você cadastra seu cartão ou sua conta, não precisa ficar digitando número, prazo de validade e código de segurança do cartão em cada site de compra. Estes números ficam registrados no PayPal e basta você usar uma senha num login seguro no próprio PayPal para autorizar o pagamento à loja. Alguns vendedores cobram a diferença de 3% que eles precisam pagar ao PayPal, mas a maioria mantém o preço normal. Aqui é necessário fazer update. De 2009 para cá ficou muito mais “difícil” comprar no exterior, não tanto no sentido burocrático, mas sim no sentido de não ser tributado. Antes a maioria dos itens com valor declarado abaixo de \$ 50 não eram tributados. Atualmente quase tudo é tributado, sendo que os impostos incidem sobre o preço do produto mais o preço do frete.

O preço do frete depende do peso, do tamanho de a opção de envio. Geralmente o peso define o valor na maioria das vezes, e em poucos casos o tamanho acaba sendo necessário para o cálculo. Pode-se encontrar uma tabela de preços para envios dos EUA ao Brasil nesta página: http://pe.usps.gov/text/Imm/ab_028.htm#ep1769232

As principais empresas que transportam produtos dos EUA a outros países são DHL, FedEx, USPS e UPS:

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

<http://fedex.com/>

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

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

Para quantidades pequenas e leves, a mais barata é USPS, com limite de 70 libras (32kg).

Existem algumas restrições de marcas que impedem que se importe produtos da Meade, Celestron, Orion, TeleVue e outras. Isso cria algumas dificuldades consideráveis, mas ainda restam algumas alternativas interessantes:

- 1) Comprar na Europa ou Oceania, a preços um pouco maiores (cerca de 30% maiores), e há lojas européias que enviam produtos destas marcas ao Brasil sem restrição.
- 2) Quem tem parente nos EUA pode fornecer o endereço do parente para efetuar a compra, e depois pedir ao parente que envie ao Brasil.
- 3) Ir buscar pessoalmente, e as passagens (econômicas) ficam em cerca de \$ 1.500,00, o passaporte e o visto levam alguns meses até ficarem prontos.
- 4) Comprar outras marcas menos consagradas, como Zhumell ou Bushnell, ou marcas mais caras, como Takahashi, Vixen, William Optics, StellarVue, para as quais não existem restrições de importação.

Para itens abaixo de \$ 50 (produtos + frete abaixo de \$ 50), teoricamente há isenção da taxa de importação desde que o remetente e o destinatário sejam pessoas físicas. Na prática pode ocorrer de tributarem mesmo que estas condições sejam atendidas, e também pode ser que não seja tributado em alguns casos em que as condições não sejam atendidas. Apesar de ser teoricamente bem interessante, na prática se tem verificado dois problemas: muita burocracia e muita lentidão, podendo levar vários meses e quando algum item do formulário, que tem várias páginas, é preenchido incorretamente, a pessoa não consegue retirar quando chega.

Uma interessante informação fornecida pelo astrônomo Roberto é que o CNPq criou um programa de incentivo à importação de equipamentos científicos, isentando pesquisadores da taxa de importação. Portanto você pode pedir a seu professor, por exemplo, que traga instrumentos para você em nome dele.

Se você representa uma escola pública, de uma região periférica e carente, e deseja adquirir um instrumento para sua escola, mas não consegue trazer por intermédio do CNPq ou MEC, eu posso trazer a preço de custo ou posso orientar passo a passo como você deve proceder para trazer. Dependendo de qual é o instrumento desejado para sua escola, eu posso trazer por minha conta e doar à sua escola. É necessário comprovar seu vínculo com a escola e a direção precisa emitir uma carta descrevendo brevemente como será usado o instrumento.

Se você ganhou medalhas em Olimpíadas Internacionais da Astronomia, Física ou Matemática, e quer importar, mas não tem como fazer, eu também me coloco à disposição para ajudar sem custo. É necessário comprovar suas premiações informando link oficial onde seu nome seja citado, ou alguma evidência equivalente.

Quais as melhores marcas?

Existem muitas marcas diferentes, com diferentes especializações. Alguns especialistas afirmam que a Lomo produz as melhores lentes do mundo, outros preferem Zeiss ou Takahashi. A marca mais famosa de instrumentos ópticos é provavelmente a Zeiss, talvez seguida pela Pentax. Binóculos Fujinon são considerados os melhores, por alguns especialistas, ao passo que entre os catadióptricos se considera que os Takahashi são os melhores, talvez rivalizados pelos Lomo e Questar. Os refratores Astrophysics, Lomo, TeleVue, TEC e William Optics são famosos. Os Newtonianos Starmaster (com espelho Zambuto) ou NightSky (com espelho Pegasus) estão

entre os melhores, talvez superiores aos JMI e Takahashi na parte óptica, porém talvez os Takahashi sejam melhores na parte mecânica e eletrônica.

Entre as marcas mais populares, os que combinam boa qualidade com baixo custo são os Intes, Vixen, Meade, Orion, Celestron, GSO, Zhumell, Bushnell.

A importância da marca na escolha do instrumento precisa ser ponderada com cuidado, porque nem sempre o mais caro atende melhor a determinadas finalidades. Por exemplo: um Lomo 70 mm sem montagem pode custar mais do que um Celestron 203 mm com montagem equatorial alemã, e com esta abertura 3 vezes maior o Celestron bate o Lomo em imagens planetárias e esmaga o Lomo em céu profundo. Por outro lado um Meade 60 mm pode ser superior a um Bushnell 70 mm de mesmo preço.

De modo geral, se a qualidade óptica estiver acima do limite de $\lambda/4$, a abertura pode ser mais importante que melhorar a qualidade óptica, e para qualidade inferior a $\lambda/4$ pode ser preferível um ganho em qualidade do que num aumento na abertura. Isso não é uma regra geral, e depende também se a finalidade principal é observação de planetas, cuja nitidez depende muito da qualidade óptica, ou de céu profundo, que depende mais do tamanho da abertura.

Não fiz um update completo (2021) no tópico sobre “onde comprar” porque há mais de 2 anos não compro novos itens e não teria muito a acrescentar ao que foi dito acima. Só lembrando que algumas lojas citadas já não existem mais, como o Armazém do Telescópio, enquanto outras novas podem ter sido abertas. Mas uma pesquisa no Google é suficiente para ajudar a encontrar vários locais que venham equipamentos ópticos, e com as informações deste artigo pode-se avaliar adequadamente a qualidade dos produtos e fazer boas escolhas.

Para quem teve paciência de ler até aqui, espero que tenha obtido informações úteis que lhe ajudem a fazer boas escolhas, e que desfrute com boas observações e boas fotografias.

Estimo que mais de 80% das informações apresentadas aqui foram aprendidas com o amigo Alexandre Prata Maluf, a quem agradeço imensamente pela tão amável prontidão em sempre me ajudar na escolha e na avaliação de instrumentos ópticos. Alexandre foi um dos primeiros membros de Sigma Society, e um dos mais ativos. Lamentavelmente faleceu precocemente, em 2/12/2010, e dedico este texto a ele.