


Rosa Maria Fernandes Scalvi
Gustavo Iachel
Marcelo Gomes Bacha
Anderson Alexandre Andriatto

CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE LUNETAS NO ENSINO DE ASTRONOMIA



CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE LUNETAS NO ENSINO DE ASTRONOMIA

unesp  **Universidade Estadual Paulista**

<i>Vice-Reitor no exercício da Reitoria</i>	Julio Cezar Durigan
<i>Pró-Reitora de Graduação</i>	Sheila Zambello de Pinho
<i>Pró-Reitora de Pós-Graduação</i>	Marilza Vieira Cunha Rudge
<i>Pró-Reitora de Pesquisa</i>	Maria José Soares Mendes Giannini
<i>Pró-Reitora de Extensão Universitária</i>	Maria Amélia Máximo de Araújo
<i>Pró-Reitor de Administração</i>	Ricardo Samih Georges Abi Rached
<i>Secretária Geral</i>	Maria Dalva Silva Pagotto
<i>Chefe de Gabinete</i>	Carlos Antonio Gamero

Cultura
Acadêmica



Rosa Maria Fernandes Scalvi
Gustavo Iachel
Marcelo Gomes Bacha
Anderson Alexandre Andriatto

CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE LUNETAS NO ENSINO DE ASTRONOMIA

**CULTURA
ACADÊMICA**
Editora

unesp

Pró-reitoria de Graduação / UNESP
prograd

São Paulo
2012

Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria Geral de Bibliotecas da Unesp

C758

Construção e utilização de lunetas no ensino da astronomia / Rosa Maria Fernandes Scalvi ... [et al]. – São Paulo : Cultura Acadêmica : Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2012.

78 p.

ISBN 978-85-7983-270-3

1. Astronomia – Estudo e Ensino. 2. Lunetas – Construção. I. Scalvi, Rosa Maria Fernandes. II. Iachel, Gustavo. III. Bacha, Marcelo Gomes. IV. Andriatto, Anderson Alexandre.

CDD 522.2



Pró-reitora Sheila Zambello de Pinho

Secretária Joana Gabriela Vasconcelos Deconto
Silvia Regina Carão

Assessoria José Brás Barreto de Oliveira
Laurence Duarte Colvara
Maria de Lourdes Spazziani

Técnica Bambina Maria Migliori
Camila Gomes da Silva
Cecília Specian
Eduardo Luis Campos Lima
Gisleide Alves Anhesim Portes
Ivonette de Mattos
Maria Emília Araújo Gonçalves
Maria Selma Souza Santos
Renata Sampaio Alves de Souza
Sergio Henrique Carregari

Projeto gráfico Andrea Yanaguita

Diagramação Printfit (Renata Kuba)

PROGRAMA DE APOIO À PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO

Considerando a importância da produção de material didático-pedagógico dedicado ao ensino de graduação e de pós-graduação, a Reitoria da UNESP, por meio da Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) e em parceria com a Fundação Editora UNESP (FEU), mantém o Programa de Apoio à Produção de Material Didático de Docentes da UNESP, que contempla textos de apoio às aulas, material audiovisual, *homepages*, *softwares*, material artístico e outras mídias, sob o selo CULTURA ACADÊMICA da Editora da UNESP, disponibilizando aos alunos material didático de qualidade com baixo custo e editado sob demanda.

Assim, é com satisfação que colocamos à disposição da comunidade acadêmica mais esta obra, “Construção e utilização de lunetas no ensino de astronomia”, de autoria da Profa. Dra. Rosa Maria Fernandes Scalvi, do Prof. Ms. Gustavo Iachel, do Ms. Marcelo Gomes Bacha, do Lic. Anderson Alexandre Andriatto, do Departamento de Física, Faculdade de Ciências do Câmpus de Bauru, esperando que ela traga contribuição não apenas para estudantes da UNESP, mas para todos aqueles interessados no assunto abordado.

SUMÁRIO

Introdução 9

- 1. CONCEITOS BÁSICOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA 11**
 - 1.1. Formação de imagens em lentes 12**
 - 1.2. Formação de imagens em espelhos 14**
 - 1.3. Aberrações 18**

- 2. CONCEITOS BÁSICOS DE ASTRONOMIA 21**
 - 2.1. A Esfera Celeste 21**
 - 2.2. O Sistema Solar 24**
 - 2.3. As escalas na Astronomia 34**
 - 2.4. As estrelas 36**
 - 2.5. Um pouco de observação do céu 42**

- 3. INSTRUMENTOS ÓPTICOS 47**
 - 3.1. Olho humano, lupa, binóculos e telescópios 47**
 - 3.2. Luneta 49**

- 4. CONSTRUÇÃO DE LUNETAS 53**
 - 4.1. Materiais necessários 53**
 - 4.2. Avaliação dos materiais para construção da objetiva 55**
 - 4.3. Custos e onde comprar 56**
 - 4.4. Confecção da lente objetiva 57**
 - 4.5. Determinação da distância focal 60**
 - 4.6. Lente ocular 61**
 - 4.7. Preparação dos tubos 65**
 - 4.8. Montagem 66**
 - 4.9. Alinhamento 67**
 - 4.10. Opções para construção do tripé 68**
 - 4.11. Opcional: suporte para inverter ocular e mira 70**

- 5. UTILIZANDO A LUNETA CONSTRUÍDA 73**

Bibliografia 77

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Astronomia foi inserida gradualmente nas disciplinas que compõem o ensino médio, como na Física, ao se abordar a óptica ou a relatividade, na Biologia, ao se debater sobre a vida no planeta e a possibilidade dela fora da *Terra*, na Química, ao se estudar a formação de elementos químicos pesados no ciclo de vida de uma estrela ou, ainda, na Matemática, quando as funções trigonométricas podem ser associadas ao movimento aparente do *Sol* durante o período de um dia, um mês ou um ano. Apesar disso, pelo distanciamento da Astronomia do cotidiano dos alunos, nem sempre tais abordagens cumprem seu principal objetivo, que é o de motivar cada vez mais os estudantes a desenvolverem o gosto pelas Ciências.

Uma das formas de diminuir a distância entre o aluno e a Astronomia poderia ser a introdução da observação astronômica regular no dia a dia dos estudantes. Para que isso se tornasse possível, cada escola, pública ou privada, deveria possuir ao menos um equipamento astronômico, de uma simples luneta a um sofisticado telescópio. No entanto, uma aquisição pode se tornar dispendiosa aos caixas das escolas, além de obsoleta com muita rapidez, agravada pela falta de conhecimento de expressiva parte dos professores em exercício, quanto à utilização dos instrumentos.

O entrave é motivo suficiente para a intensificação da presença da disciplina Astronomia nos cursos de licenciaturas, em especial os de Física, Matemática, Química, Biologia e Pedagogia, fundamental para a formação do futuro profissional da educação, permitindo que atue de maneira inovadora e motivadora. À parte apenas construir o conhecimento, cada profissional tem a responsabilidade de formar cidadãos comprometidos com o rumo de nosso planeta, tarefa que se torna bem mais atraente quando se conhece um pouco do universo no qual se vive.

Assim, a ideia de elaboração do presente texto teve início com a realização da primeira oficina de construção de lunetas, pelo grupo de estudos de Astronomia do departamento de Física da Unesp – Bauru, em 2006. Desde então, outras oficinas ocorrem a cada semestre e o interesse, não só pela construção das lunetas, mas pela Astronomia em geral, expande-se junto aos estudantes e professores, tanto os do ensino fundamental e médio como os dos cursos de

graduação do campus da Unesp, em Bauru, e de outras instituições de ensino superior da Região Centro-Oeste do estado de São Paulo. As oficinas são realizadas com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão Universitária da Unesp (Proex), Fundação para o Desenvolvimento da Unesp (Fundunesp), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Núcleo de Ensino da Unesp/Faculdade de Ciências (Bauru). O objetivo principal é a obtenção de um instrumento astronômico de excelente qualidade, com o uso de materiais acessíveis e de baixo custo, que possa ser utilizado para a popularização da matéria, com ênfase nas escolas de ensino fundamental e médio.

A construção das lunetas permite relacionar cada etapa do processo com os conceitos da óptica física e geométrica, tais como formação de imagens em lentes e espelhos, ocorrência de aberração esférica e cromática, dispositivos e alinhamento óptico, entre outros tópicos abordados na sequência do texto, de forma resumida. Durante a realização das oficinas são discutidas também as dificuldades encontradas para a construção de equipamentos astronômicos por amadores e as vantagens dos instrumentos artesanais e dos comerciais.

Com o crescente interesse de professores em exercício pelas oficinas, além de outros profissionais da comunidade local, considerou-se que o conteúdo abordado deva ser oferecido aos alunos matriculados na disciplina (optativa) Astronomia, presente na estrutura curricular do curso de licenciatura em Física, do departamento de Física, Unesp – Bauru. Com isso, um expressivo contingente de professores, tanto em exercício quanto em formação, poderá se beneficiar do material proposto. Em um futuro próximo, há a pretensão de oferecer a disciplina Astronomia Básica para outros cursos de licenciatura, como Biologia, Química, Matemática e Pedagogia, uma vez que os professores em formação em tais áreas atuarão no ensino de Ciências, abordando conteúdos relacionados à Astronomia, conforme se verifica na estrutura curricular vigente pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.¹

Complementando a abordagem do presente texto, fazem parte conteúdos básicos da Astronomia, com destaque para os relacionados à observação e o reconhecimento do céu noturno com uso de lunetas e telescópios, atuando como fonte de consulta e referência para professores em formação ou em exercício.

1. Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

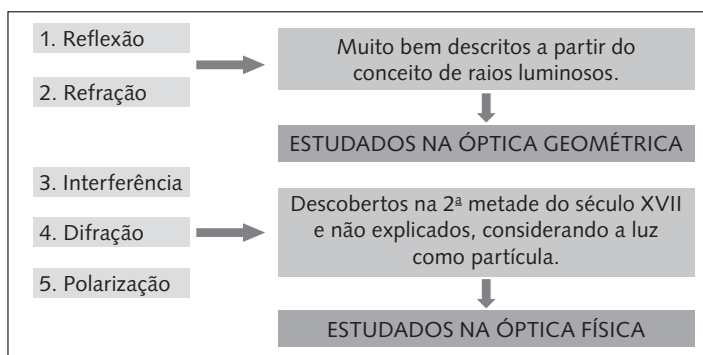
1

CONCEITOS BÁSICOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

A construção e a utilização de lunetas astronômicas envolvem determinados conceitos que, neste capítulo, são apresentados de maneira sintetizada. Para maiores detalhes e aprofundamento no estudo dos conteúdos abordados, sugere-se o apoio em livros de física básica usados em cursos de graduação. No caso específico do curso de licenciatura em Física da Unesp – Bauru, os conteúdos ora apresentados são abordados na disciplina Física IV, oferecida no 4º termo da grade curricular. Os alunos matriculados na disciplina optativa Astronomia, no 8º termo da grade curricular, já possuem o conhecimento básico. Durante as oficinas de construção de lunetas, por outro lado, a abordagem se dá de forma aplicada e apenas em seus aspectos fundamentais, por envolverem a participação de profissionais e estudantes de outras áreas de ensino, tais como Matemática, Biologia, Geografia, Química, além de Filosofia, Português e Educação Física.

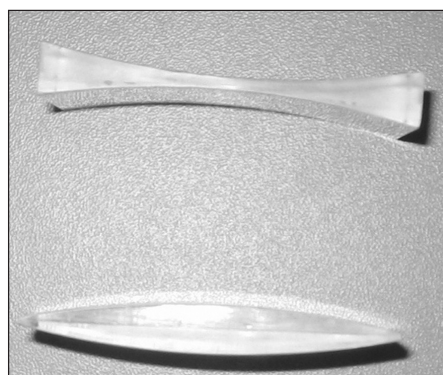
A óptica geométrica estuda a formação de imagens com base na geometria formada pelos raios de luz, sem preocupação com o fenômeno da natureza da luz¹ e se baseia em três princípios fundamentais: da propagação retilínea, da reversibilidade e da independência dos raios de luz.² Os fenômenos de interferência, difração e polarização são estudados no ramo da Física conhecido como óptica física. O conhecimento desses fenômenos básicos da óptica data do século XVII e pode ser sintetizado da seguinte forma:

-
1. BARTHEM, R., 2005.
 2. KELLER, J. F.; GETTYS W. E. & SKOVE, M. J., 1999.
TIPLER, P.A. & MOSCA, G., 2006.

Figura 1.1 Fenômenos Ópticos estudados na Física.

1.1. FORMAÇÃO DE IMAGENS EM LENTES

Ao atravessar diferentes meios a luz sofre um desvio, fenômeno que recebe o nome de refração e depende do índice de refração dos meios envolvidos, que pode ser representado numericamente.³ Assim, quando um raio de luz atravessa uma lente (com seu respectivo índice de refração), ele é desviado, o que depende também do formato ou do tipo de lente. As lentes mais utilizadas são as esféricas, classificadas como *convergentes* e *divergentes*, conforme ilustrado na Figura 1.2.

Figura 1.2 Ilustração das lentes bicôncava (divergente) e biconvexa (convergente)

3. KELLER, J. F.; GETTYS, W. E. & SKOVE, M. J., 1999.

TIPLER, P. A. & MOSCA, G., 2006.

Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/refracao.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Os raios paraxiais (oriundos de objetos muito distantes e considerados quase paralelos) que atravessam uma lente convergente ou divergente são representados nos diagramas mostrados nas Figuras 1.3 e 1.4, respectivamente.

Figura 1.3 Raios paraxiais incidentes em uma lente convergente, com F sendo o foco da lente.

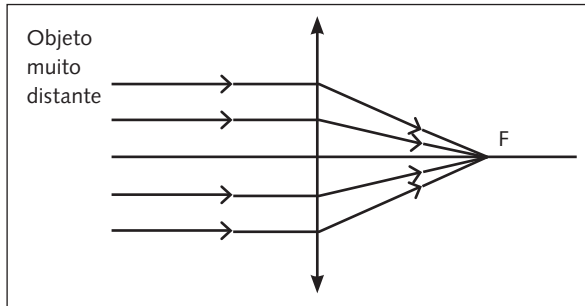
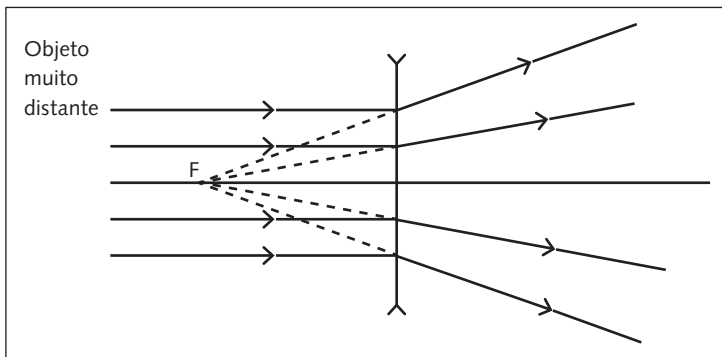


Figura 1.4 Raios paraxiais incidentes em uma lente divergente, com F' sendo o foco da lente.



Ao passar pela lente, ou seja, ao mudar de um meio para outro, os raios de luz sofrem refração. Os raios tendem a se encontrar no mesmo ponto, nas lentes convergentes, enquanto nas divergentes eles se afastam, quando incidem paralelos.

Na abordagem da construção de uma luneta astronômica, a formação de imagens com o uso de lentes é de fundamental importância e seu estudo se torna ainda mais atraente quando vistos de forma aplicada. A Figura 1.5 apresenta uma lente convergente plano-convexa utilizada como lente objetiva da

luneta proposta. Detalhes de sua obtenção são indicados no capítulo destinado à confecção da lente objetiva e da lente ocular de uma luneta.

Figura 1.5 Lente convergente plano-convexa.



1.2. FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS

O fenômeno da reflexão é observado quando a formação de imagens ocorre utilizando-se superfícies polidas, como os espelhos. A reflexão é dita *especular*, quando em superfícies lisas, e *difusa*, no caso das rugosas, como se vê nas Figuras 1.6 e 1.7, respectivamente.

Figura 1.6 Reflexão especular da luz incidente em superfície polida.

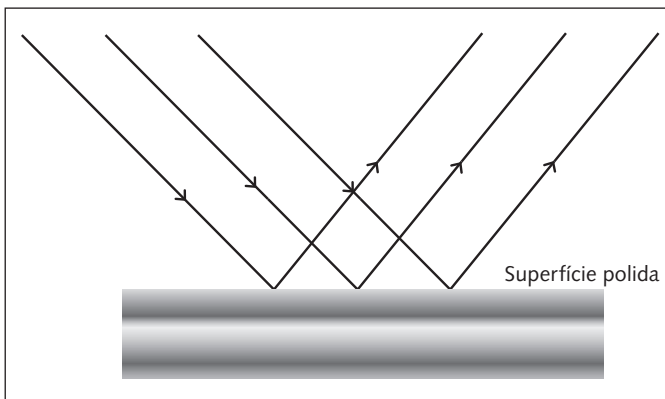
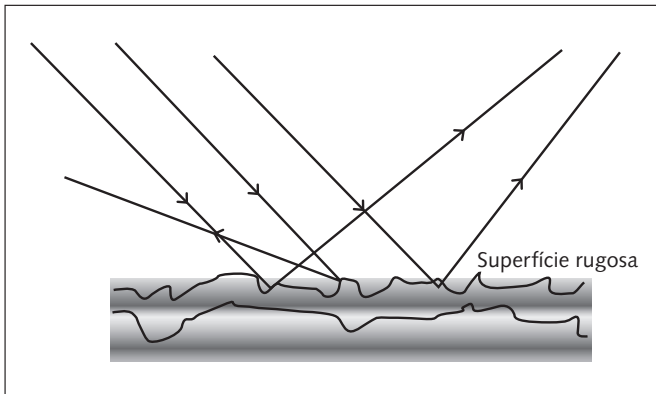


Figura 1.7 Reflexão difusa da luz incidente em superfície rugosa.



Em um espelho plano, os raios de luz são refletidos com o mesmo ângulo de incidência em relação a uma reta perpendicular à superfície (chamada normal). A imagem é formada atrás do espelho e a distância entre a imagem e o espelho é a mesma entre ele e o objeto. Nesse caso, a imagem tem o mesmo tamanho do objeto. A Figura 1.8 mostra os raios incidente e refletido em um espelho plano e a Figura 1.9 a formação de uma imagem nesse tipo de espelho, representada aqui por uma ilustração esquemática da constelação do *Cruzeiro do Sul*.

Figura 1.8 Reflexão da luz em um espelho plano.

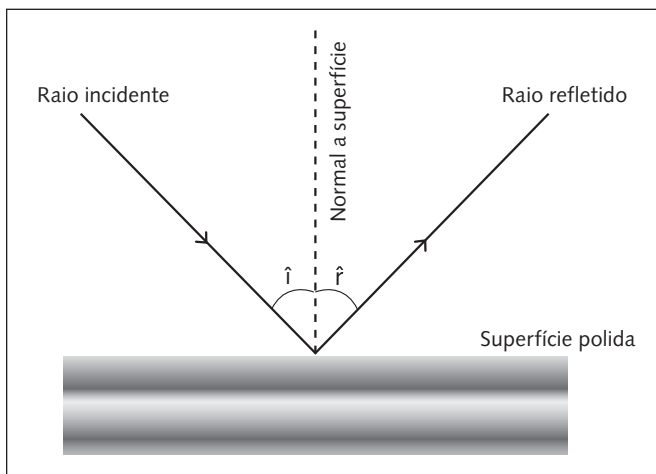
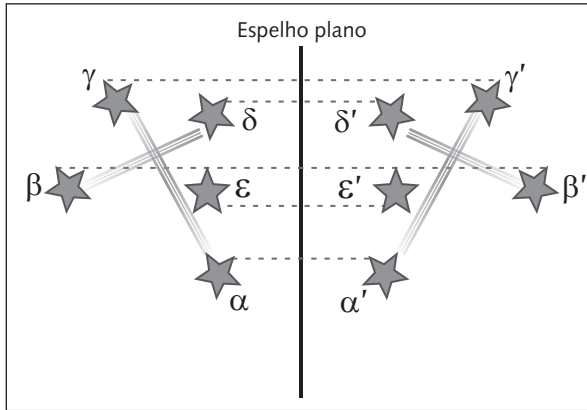
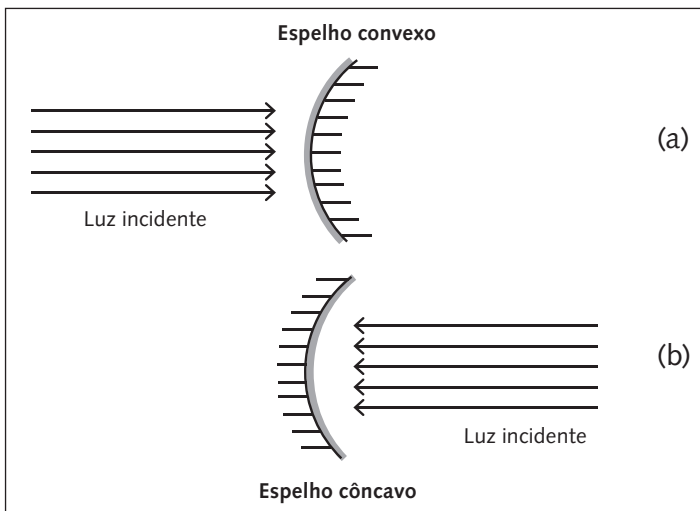


Figura 1.9 Representação de distâncias em um espelho plano. Denominação brasileira das estrelas da constelação do Cruzeiro do Sul: *Magalhães* (α), *Mimosa* (β), *Rubídea* (γ), *Pálida* (δ), *Intrometida* (ϵ). Desenho sem escala de distância entre a representação das estrelas.



Em espelhos esféricos, a imagem pode se formar atrás ou na frente do espelho e a distância entre o espelho e a imagem não é necessariamente a mesma entre o objeto e o espelho. Ela depende de onde está colocado o objeto, podendo estar, por exemplo, a uma distância maior ou menor do que a distância focal do espelho em questão. Os espelhos esféricos, chamados *côncavos* e *convexos*, são representados na Figura 1.10.

Figura 1.10 Representação esquemática de um espelho convexo (a) e côncavo (b).

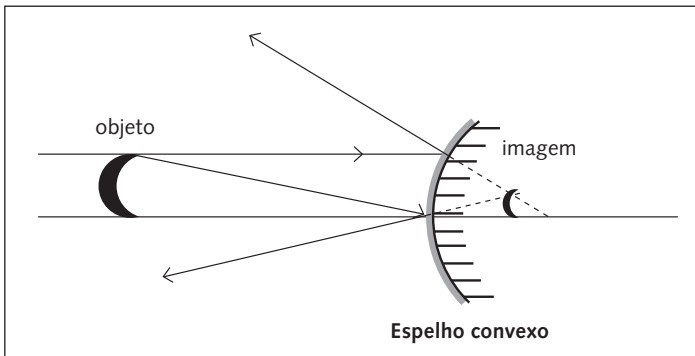


Há alguns elementos importantes em um espelho esférico: o centro de curvatura (centro da esfera que contém a calota que forma o espelho), vértice (ponto na superfície do espelho), eixo principal ou eixo óptico (reta que une o centro de curvatura e o vértice) e o foco do espelho (metade da distância entre o centro de curvatura e o vértice). No caso de espelhos esféricos, a imagem pode ser maior, menor ou ter o mesmo tamanho do objeto, o que também depende da disposição do objeto em relação à superfície do espelho.⁴ Para se determinar o tamanho e a posição da imagem de um objeto ao se utilizar um espelho esférico utilizam-se três das quatro regras básicas estudadas na óptica geométrica.⁵

- Qualquer raio de luz, paralelo ao eixo óptico, e que se reflita no espelho passa pelo ponto focal.
- Qualquer raio incidente no vértice é refletido com o mesmo ângulo.
- Um raio que passe pelo ponto focal, após a reflexão, torna-se paralelo ao eixo óptico.
- O raio que passa pelo centro de curvatura se reflete sobre si próprio.

A Figura 1.11 ilustra um exemplo de uma dessas situações. Outros exemplos podem ser obtidos nos livros de física básica, nos capítulos referentes à óptica geométrica.

Figura 1.11 Formação de imagem em um espelho convexo.



4. TIPLER, P. A. & MOSCA, G., 2006.

Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/refracao.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

5. KELLER, J. F.; GETTYS, W. E. & SKOVE, M. J., 1999.

TIPLER, P. A. & MOSCA, G., 2006.

Durante as oficinas, a utilização de espelhos esféricos é discutida como o principal dispositivo encontrado em telescópios refletores, enquanto para o uso de lentes isso vale para os telescópios refratores (como as lunetas). Além disso, nas etapas de construção, utiliza-se um pequeno espelho plano, cujo objetivo é mudar a direção de observação do objeto de interesse, conforme será visto.

1.3. ABERRAÇÕES

De maneira geral, diz-se que não existe uma lente esférica opticamente perfeita. Invariavelmente, todas apresentam defeitos ópticos, chamados de aberrações, inerentes à sua estrutura. Entre as aberrações, existem as *esféricas* e as *cromáticas*, quase inevitáveis nas lunetas construídas artesanalmente.

A aberração esférica ocorre porque os raios de luz incidentes próximos à borda das lentes são muito mais refratados que os raios que incidem próximos ao eixo óptico. Em vez de se refratar no ponto focal, os raios se refratam na frente ou atrás dele, formando ao redor do ponto focal um halo luminoso concêntrico, que altera a qualidade da imagem. Isso explica o motivo do usuário de lentes corretivas ter uma visão melhor através do centro da lente do que de sua periferia. A Figura 1.12 traz o fenômeno de aberração esférica em uma lente.

Sendo o funcionamento de lentes baseado na mudança de direção da luz devido aos diferentes índices de refração, cada cor do espectro luminoso tem um desvio diferente. Assim, como a luz branca é composta por todas as cores, ao atravessar uma lente cada cor apresenta um desvio diferente, não se dirigindo exatamente para um mesmo ponto.⁶ O fenômeno leva o nome de aberração cromática e uma maneira de se evitar ou se minimizar seus efeitos é o uso de uma lente composta,⁷ formada, por exemplo, por uma lente convergente e uma divergente, como ilustrado na Figura 1.13.

6. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node2.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

7. Disponível em: <http://observatoriophoenix.astrodatabase.net/n_telesc/24_N01.htm>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Figura 1.12 Exemplo de aberração esférica em uma lente convergente.

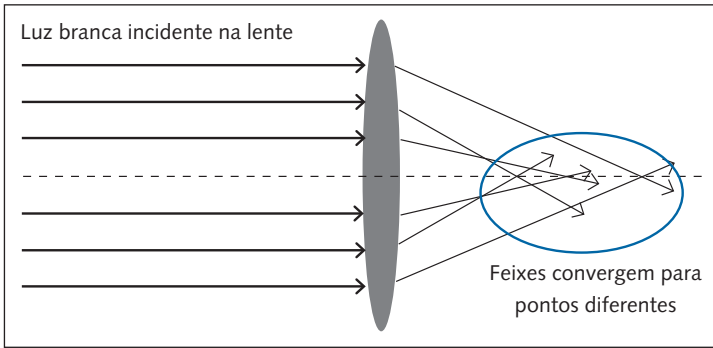
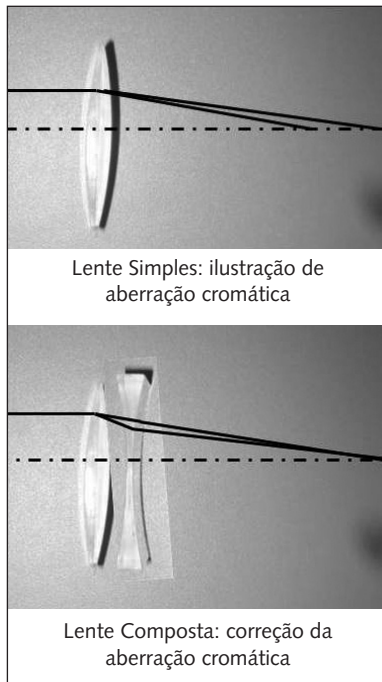


Figura 1.13 Caso de lente composta, minimizando o efeito de aberração cromática.



A utilização de um conjunto de lentes, como na imagem inferior da Figura 1.13, pode minimizar ou até eliminar os efeitos de aberração. O fenômeno é explorado de forma prática na construção artesanal de lunetas, quando se obtém sua lente ocular utilizando-se três ou mais lentes combinadas. A aberração esférica também pode ser verificada, com facilidade, quando se usam lentes objetivas obtidas por diferentes processos, como se verá.

2

CONCEITOS BÁSICOS DE ASTRONOMIA

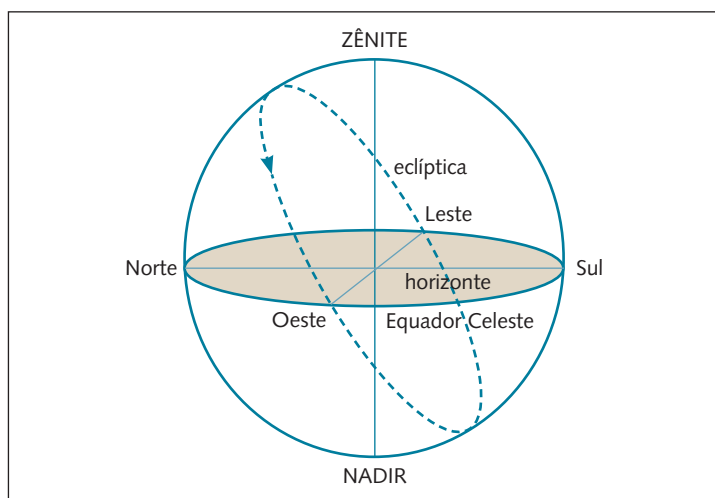
Este capítulo traz os principais conceitos necessários para uma boa prática observacional utilizando a luneta proposta e outros tipos de instrumentos, como binóculos e telescópios refletores.

O conteúdo aqui abordado é explorado tanto nas oficinas, para professores do ensino fundamental e médio, quanto na disciplina de Astronomia, para alunos do curso de licenciatura de Física.

2.1. A ESFERA CELESTE

Quando se olha para o céu noturno tem-se a impressão de que os corpos celestes estão todos à igual distância da Terra, como se estivessem colados em uma grande esfera. A sensação é apenas aparente. Desde a antiguidade, o homem percebeu que poderia se localizar na Terra observando o movimento aparente dos astros nessa grande esfera, conhecida como *esfera celeste*¹ (Figura 2.1). É muito comum dizer-se que os astros “surgem” ou “nascem” a leste e “se põem” ou “morrem” a oeste dessa grande esfera aparente. Um dos pontos básicos da prática observacional utilizando um instrumento óptico, como uma luneta, ou à vista desarmada (a olho nu) é saber localizar os pontos cardeais por meio do reconhecimento de um astro e da observação do local em que ele surgiu ou se pôs.

1. LANGHI, R., 2005.

Figura 2.1 Representação da esfera celeste.

Além dos pontos cardeais, outros elementos na esfera celeste também são muito importantes para a localização de um objeto no céu e como referência de orientação na superfície da Terra, entre eles:²

- *Horizonte*: plano formado pelo observador e o limite de sua visão.
- *Zênite*: ponto situado acima da cabeça do observador.
- *Nadir*: ponto situado a 180° do zênite, abaixo do observador e não visível.
- *Equador celeste*: projeção do Equador terrestre na esfera celeste.
- *Polo celeste Norte*: prolongamento do polo Norte terrestre na esfera celeste.
- *Polo celeste Sul*: prolongamento do polo Sul terrestre na esfera celeste.
- *Eclíptica*: plano contendo o Sol e os planetas. Caminho aparente do Sol no céu.

É importante, ainda, conhecer as coordenadas terrestres e celestes, aproveitando a oportunidade para abordar assuntos discutidos na Geografia, de forma interdisciplinar, relacionando a Astronomia com outras ciências. Este é um fator bastante importante nas oficinas propostas, uma vez que são dirigidas também para professores em exercício nas três grandes áreas de conhecimento: exatas, humanas e biológicas.

2. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/esf.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

As coordenadas terrestres são:³

- *Latitude geográfica*: ângulo medido sob o meridiano local, com origem no Equador e fim na posição do observador, com variação entre -90° (polo Sul) e $+90^\circ$ (polo Norte).
- *Longitude geográfica*: ângulo medido com referência no *Meridiano de Greenwich*. Por definição, seu intervalo varia de -180° (leste) a $+180^\circ$ (oeste). É o ângulo entre o meridiano de referência e o meridiano do local do observador. Assume valores negativos a leste de Greenwich e positivos a oeste deste.

Conhecer as coordenadas terrestres é fundamental para um astrônomo amador, pois sabendo os valores da altitude e latitude do local de observação é possível configurar *softwares* astronômicos e cartas celestes que auxiliam na prática observacional.

Já as coordenadas celestes (sistema horizontal) são compostas por:⁴

- *Azimute (A)*: ângulo medido sobre o horizonte, com origem no norte e fim no círculo vertical do astro. Círculo vertical é o análogo ao meridiano terrestre, mas para a esfera celeste ($0^\circ < A < 360^\circ$).
- *Altura (h)*: ângulo medido sob o meridiano vertical do astro, com origem no horizonte e fim no astro. Varia de -90° até $+90^\circ$. Neste sistema, as coordenadas de um astro dependem apenas do lugar e da hora de observação.

Os elementos mencionados (altitude, latitude, azimute e altura) permitem ao observador do céu localizar os astros na esfera celeste e a si próprio na Terra. Nas lunetas construídas é dada atenção especial ao tripé escolhido, procurando obter sistemas inteligentes que possam buscar os astros solicitados, com o uso dos conceitos aqui explorados.

Uma maneira simples de adquirir noção da localização terrestre é, a partir do Sol, apontar o braço direito para o lado no qual ele “nasceu” (lado leste). Em seguida, com os braços abertos em um ângulo de 180° , posicionar o braço esquerdo para o lado oeste, no qual o Sol “se põe”. À sua frente está o

3. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/coord.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

4. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/esf.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

norte e atrás o sul. Porém, é preciso observar que o Sol não surge sempre no mesmo ponto do horizonte, ou seja, o ele não “nasce” sempre no ponto leste, mas sim no lado leste. Tal fato se dá devido ao eixo de inclinação da Terra em relação à eclíptica, em torno de $23,5^\circ$. Portanto, o método de apontar o braço para o Sol nascente para se detectar o leste pode indicar um ponto distante até $23,5^\circ$ para a esquerda ou direita do verdadeiro leste geográfico, dependendo da época do ano.⁵

Para uma localização precisa deste ponto geográfico e dos outros pontos cardeais sugere-se a utilização de um *gnomon*, cujos métodos para construção são bastante simples e divulgados na literatura.⁶ Outra maneira, ainda mais simples, de se obter os pontos cardeais é o uso de uma bússola, que pode ser facilmente construída em sala de aula.⁷ Neste texto, tais objetos (*gnomon* e bússola) não são abordados, mas podem ser incorporados na prática pedagógica em sala de aula durante a utilização das lunetas construídas. A sua confecção pode, por exemplo, ser proposta para os alunos do curso de licenciatura, futuros professores.

2.2. O SISTEMA SOLAR

As principais características dos objetos que compõem o *Sistema Solar* são tópicos que podem estar presentes em qualquer nível de ensino que se trabalhe. Portanto, é fundamental que elas sejam abordadas na disciplina Astronomia, na qual os futuros professores têm a oportunidade de entrar em contato com seus conceitos básicos. No estado de São Paulo, o estudo do Sistema Solar ocorre na disciplina de Ciências, durante a 6ª série (7º ano) e no 1º ano da disciplina de Física,⁸ no ensino médio. Como já foi dito, no entanto, a Astronomia pode ser tratada de maneira interdisciplinar nos cursos de formação de profes-

5. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/esf.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

6. Disponível em: <<http://cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc93/index.html#r000>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

7. Disponível em:
<http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rip&cod=_construindoumabussola>.
Acesso em: 25 jul. 2012.

8. Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

sores, principalmente de Física, Biologia, Geografia e Pedagogia. A discussão do conteúdo assume grande importância, pois proporciona um conhecimento prévio necessário para o desenvolvimento da prática pedagógica do futuro docente, eliminando possíveis inseguranças ao abordar o assunto em sala de aula. Além disso, na aplicação da luneta construída, as superfícies lunares e planetárias são identificadas com facilidade, motivando alunos e demais usuários a buscar conhecimento mais profundo no tema.

O Sistema Solar é formado pelo Sol, planetas, asteroides, planetas-anões e cometas. Os planetas orbitam em torno do Sol, em órbitas elípticas, pouco excêntricas (praticamente esféricas), de acordo com as leis de Kepler.⁹ Serão citados, na sequência, certos aspectos dos objetos do Sistema Solar e mais alguns detalhes. Maior aprofundamento pode ser obtido na literatura¹⁰ proposta na disciplina Astronomia. Sugerem-se, também, *sites* confiáveis na internet, como as referências citadas ao final do livro.

2.2.1. Mercúrio

Rochoso, é o primeiro planeta quanto à proximidade do Sol. Não possui satélites em sua órbita e sua atmosfera é muito rarefeita, o que faz com que sua superfície fique desprotegida e seja coberta de crateras provocadas por choques de asteroides. Tem aspecto e tamanho semelhante ao da *Lua*. As variações de temperatura são as mais extremas do Sistema Solar, entre $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$. É possível ser observado com um pequeno telescópio, luneta, binóculos ou até à vista desarmada. Porém, sua visão não é muito facilitada, pelo fato de estar sempre muito próximo do Sol, cujo “nascer” e “pôr” acaba por ofuscá-lo. Algumas características deste e dos demais planetas são apresentadas na Tabela 2.1.

2.2.2. Vênus

Segundo em ordem de afastamento do Sol, é o planeta que está mais próximo da Terra. É o terceiro objeto mais brilhante do céu, perdendo para

9. OLIVEIRA FILHO, K. S. & SARAIVA, M. F. O., 2004.

10. OLIVEIRA FILHO, K. S. & SARAIVA, M. F. O., 2004; HORVATH, J. E., 2008; BOCZKO, R., 1984; RIDPATH, I., 2007; CANIATO, R., 1994.

o Sol e a Lua. Sua atmosfera é composta, em sua essência, por gás carbônico e é tão espessa que se torna muito difícil observar sua superfície com o telescópio. A densa atmosfera produz um forte efeito estufa que aumenta a temperatura do planeta. A pressão atmosférica é cerca de 90 vezes maior do que a da Terra.

A observação de Vênus pode ser feita com telescópio, luneta, binóculo e à vista desarmada. O planeta, muitas vezes, é chamado de *estrela d'Alva* ou *estrela da manhã*. Quando visto ao telescópio, é possível verificar suas fases, assim como a Lua.

2.2.3. Marte

Possui uma atmosfera muito fina, composta de dióxido de carbono (~95,3%), nitrogênio (~2,7%), argônio (~1,6%), traços de oxigênio (~0,15%) e água (~0,03%) e é o quarto planeta em distância do Sol. A pressão atmosférica em sua superfície é de cerca de 1/100 da pressão atmosférica terrestre. Tem duas calotas permanentes de gelo seco, localizadas nos polos, quase metade do diâmetro da Terra e dois satélites, chamados *Fobos* (medo) e *Deimos* (terror). Devido à coloração vermelha do óxido de ferro, presente em sua superfície, é comum que seja chamado de *planeta vermelho*. Pode ser observado com telescópio, luneta, binóculo e à vista desarmada.

2.2.4. Júpiter

Quinto planeta em ordem de afastamento do Sol e o maior do Sistema Solar, possui diâmetro em torno de onze vezes maior que o da Terra e massa 381 vezes a da terrestre. É um planeta gasoso composto de hidrogênio (86%), hélio (14%) e traços de metano, água e amônia. Possui anéis em seu redor, assim como Saturno, sendo apenas quatro, muito escuros e fracos. É o quarto objeto mais brilhante do céu. Possui inúmeros satélites conhecidos, em números controversos na literatura, e quatro deles (os maiores) são as chamadas *luas galileanas* (*Io*, *Ganimedes*, *Calisto* e *Europa*). As quatro são visíveis apenas com telescópio e binóculos, mas o planeta pode ser visto a olho nu. A observação dessas luas é sempre muito atraente para os iniciantes

na observação do céu, refazendo os passos executados pelo astrônomo Galileu Galilei.¹¹

2.2.5. Saturno

Tem anéis compostos, em sua maioria, de cristais de várias substâncias e é o sexto planeta a partir do Sol. É composto de hidrogênio (75%) e hélio (25%), com traços de água, amônia e metano e, por tal fato, o menos denso do Sistema Solar. Sua densidade específica (0,7) é menor que a da água (1,0). Pode ser observado com telescópio, luneta, binóculo ou à vista desarmada. Seus anéis, porém, são visíveis apenas com um telescópio. Possui inúmeros satélites conhecidos, acreditando-se na existência de muitos outros.

2.2.6. Urano

Sétimo planeta em ordem de afastamento do Sol, sua constituição é 89% de hidrogênio, 11% de hélio, com traços de metano, água e amônia. O núcleo é composto de hidrogênio metálico líquido e a atmosfera é espessa e extensa. Por isso, tem aspecto semelhante ao de Júpiter, Saturno e Netuno, que são planetas gasosos. Tanto quanto seus irmãos gigantes e gasosos tem anéis e 21 satélites em sua órbita. Pode ser visto com um telescópio de médio porte e um bom binóculo, mas dificilmente é visível a olho nu.

2.2.7. Netuno

Último planeta do Sistema Solar, foi descoberto a partir de cálculos teóricos. É composto por 89% de hidrogênio, 11% de hélio, com traços de metano e água. Possui oito satélites conhecidos em sua órbita. Foi observado pela primeira vez em 1846, pelo astrônomo alemão Johann Gottfried Galle (1812-1910), podendo ser visto apenas com telescópios de médio ou grande portes.

Na Tabela 2.1, as principais características dos planetas do Sistema Solar, tomando o planeta Terra como referência. À frente, são fornecidas algumas orientações para observação dos planetas.

11. IACHEL, G., 2009.

Tabela 2.1 Algumas das características dos planetas do Sistema Solar.

Característica	Mercúrio	Vênus	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno
Massa (vezes a massa da Terra)	0,0558	0,815	0,107	318	95,18	14,5	17,2
Diâmetro equatorial (km)	4.880	12.100	6.790	143.000	120.000	51.800	49.500
Densidade média (g/cm ³)	5,43	5,25	3,93	1,314	0,71	1,21	1,67
Período de rotação (em dias terrestres)	58,7	243	1,03	0,409	0,426	0,451	0,658
Período orbital (em dias terrestres)	87,969	224,701	1,88	11,86	29,46	84	164
Distância média ao Sol (U.A.)	0,387	0,723	1,52	5,203	9,54	19,2	30
Satélites	Não possui	Não possui	2	18(?)	30(?)	21	13

2.2.8. Os asteroides

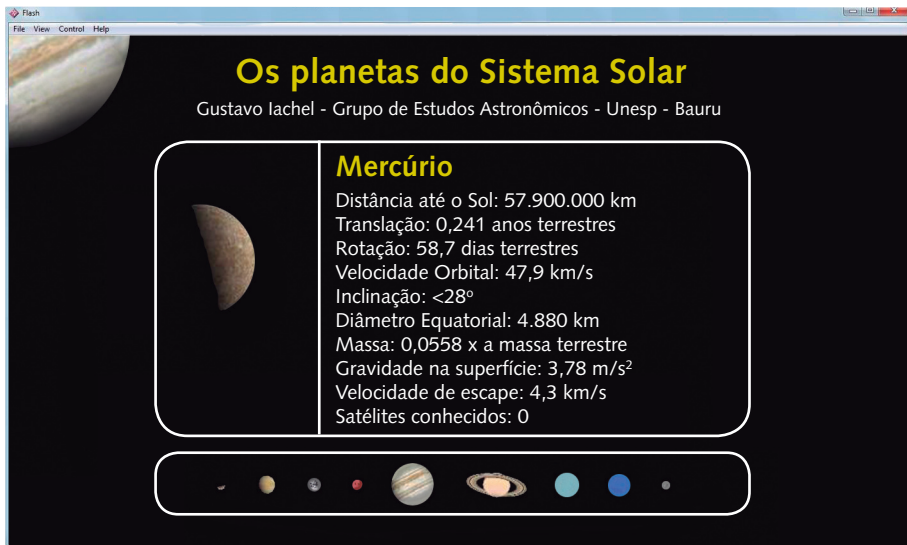
Entre as órbitas de Marte e Júpiter localiza-se o cinturão de asteroides no qual, com certa probabilidade, deva ter-se formado um dos planetas. Na região, são conhecidos cerca de 20 mil asteroides e muitos outros são descobertos, a cada ano. Asteroides pequenos, contudo, são observados da Terra com enorme dificuldade. Dentre os conhecidos, 99% possuem diâmetro acima de 100 km e os menores de 1 km são pouco conhecidos. *Ceres*, o maior asteroide conhecido, posteriormente promovido à categoria de planeta-anão, foi descoberto em 1801, por Giuseppe Piazzi.

2.2.9. Planetas-anões

Plutão é um planeta-anão. Em 2006, perdeu seu *status* de planeta, devido ao seu tamanho e irregularidade na órbita. Foi descoberto pelo astrônomo americano Clyde W Tombaugh. Possui um satélite chamado *Caronte*, descoberto em 1978 e gira na direção oposta dos planetas do Sistema Solar, com a órbita mais inclinada dentre os demais.

Para abordagem das principais características dos planetas do Sistema Solar, é interessante a utilização das animações multimídia criadas por alunos que já fizeram parte do Grupo de Estudos de Astronomia (GEA), do curso de licenciatura de Física, da Faculdade de Ciências, Unesp – Bauru. A Figura 2.2 representa uma animação criada no GEA, que pode ser obtida por meio de contato com seus autores.

Figura 2.2 Sistema Solar (crédito de Gustavo Iachel).



2.2.10. Interações Sol–Terra–Lua

A Terra é o terceiro planeta em ordem de afastamento do Sol, o único que contém uma quantidade significativa de oxigênio na atmosfera e, talvez, só ele possua água em abundância. Quase $\frac{2}{3}$ de sua superfície é coberta de água. Possui somente um satélite natural, a Lua. É estudada com sondas e satélites artificiais, postos em sua órbita para “fotografá-la” do espaço.

Das interações gravitacionais entre a Terra, o Sol e a Lua resultam as marés, fenômeno abordado nas salas de aulas de ensino médio e, na maioria das vezes, considerado de difícil compreensão pelos estudantes e professores. De maneira bastante simplificada, a força gravitacional depende do inverso da dis-

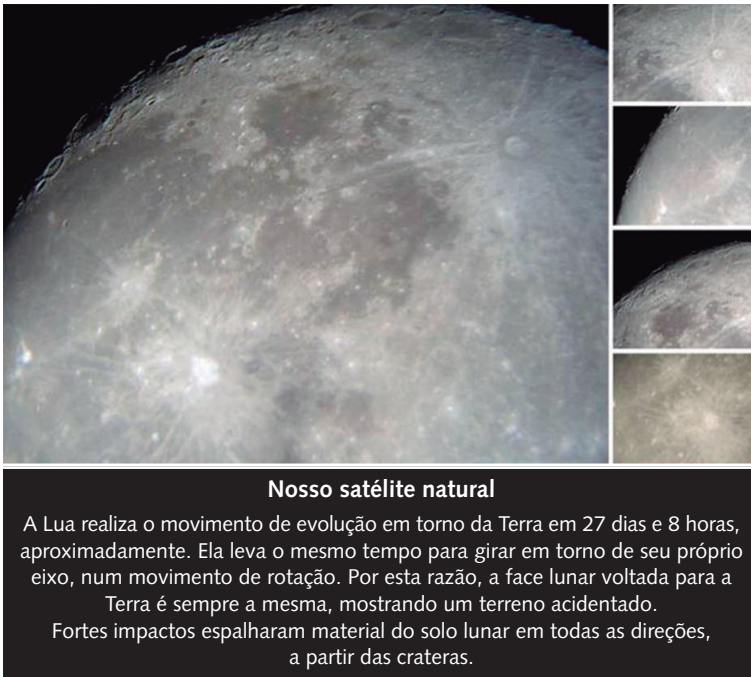
tância entre os corpos,¹² a Lua exerce uma força maior no lado da Terra que está mais próximo dela e como a água flui com facilidade, ela se move em direção à Lua. Assim, o lado da Terra voltado para a Lua apresenta maré alta e, como o movimento de rotação da Terra é maior do que o da Lua, seis horas mais tarde, a maré alta se encontra em outra região, separada da primeira por um ângulo de 90°. No entanto, a maré alta ocorre também no lado da Terra que está no sentido oposto à Lua. Isso se deve ao fato da Terra girar, “jogando” a água para fora. Sugere-se, outra vez, um estudo mais detalhado das referências ao final do livro e em outras publicações pertinentes.

2.2.11. Fases da Lua

A Lua reflete a luz solar, não possuindo luz própria. A face iluminada da Lua é a que está voltada para o Sol. Dependendo das posições dos astros do sistema Sol-Terra-Lua, parte da face iluminada da Lua é visível da Terra. A Lua (Figura 2.3) realiza seu movimento em torno da Terra em aproximados 27 dias e 8 horas, levando o mesmo tempo para girar em torno de seu próprio eixo, em um movimento de rotação. Por essa razão, a face lunar voltada para a Terra é sempre a mesma.

Cada fase da Lua representa, por consequência, o quanto da face iluminada também se encontra voltada para a Terra. O aspecto das fases não é o mesmo ao longo dos dias, mudando gradualmente até iniciar uma próxima fase. Assim, o ciclo lunar é dividido em quatro fases principais, nos quais a Lua é chamada de *nova*, *quarto crescente*, *cheia* e *quarto minguante*.

12. KELLER, J. F.; GETTYS, W. E. & SKOVE, M. J., 1999.
TIPLER, P. A. & MOSCA, G., 2006.

Figura 2.3 Fotografia da Lua (crédito de Rodolfo Langhi).¹³

- *Lua nova*: a face iluminada não pode ser vista na Terra. Ainda assim, é possível observá-la durante o dia, pois a Lua “nasce” perto das 6 horas da manhã e “se põe” perto das 18 horas, encontrando-se na mesma direção do Sol.
- *Lua quarto crescente*: metade da face iluminada pode ser vista da Terra. Quando observada do hemisfério Sul terrestre apresenta a forma de um “C”, mas quando vista do hemisfério Norte tem a forma de um “D”. É possível observá-la durante o dia, pois “nasce” por volta das 12 horas e “se põe” próximo das 24 horas. Por estar separada do Sol por um ângulo de 90°, quando o Sol se encontra no zênite, a Lua deve estar surgindo a leste.
- *Lua cheia*: a face iluminada pelo Sol está inteiramente voltada para a Terra. É possível observá-la durante toda a noite, já que “nasce” próxi-

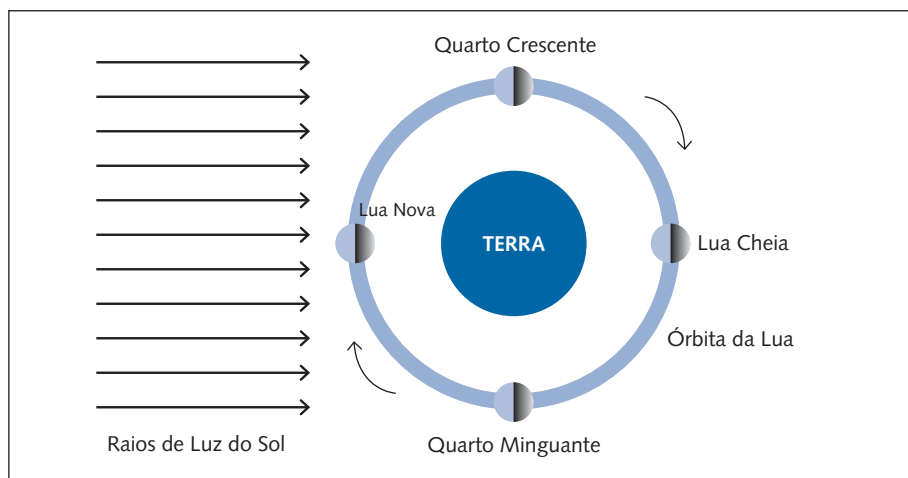
13. Disponível em: <<http://sites.google.com/site/proflanghi/astrofotografia/astrofotografias>>. Acesso em 25 jul. 2012.

mo das 18 horas e “se põe” perto das 6 horas da manhã seguinte. Está na direção oposta ao Sol, separados por um ângulo de 180° . Assim, quando o Sol se põe no oeste a Lua surge no Leste.

- *Lua quarto minguante*: apenas metade da face iluminada pelo Sol é vista da Terra, configurando o lado oposto visto na fase quarto crescente. Se observada do hemisfério Sul terrestre tem a forma de um “D” e de um “C”, se vista do hemisfério Norte. “Nasce” por volta das 24 horas e “se põe” perto das 12 horas do dia seguinte.

Um desenho esquemático das fases¹⁴ da Lua é apresentado na Figura 2.4.

Figura 2.4 As fases da Lua.



2.2.12. Eclipses

Eclipse solar: dá-se quando a Lua eclipsa o Sol, ou seja, a Terra é atingida pela sombra da Lua, conforme ilustrado na Figura 2.5, que se refere a uma animação multimídia criada por membro da equipe do Observatório Didático de Astronomia, Lionel José Andriatto.

14. Disponível em: <<http://www.uranometrianova.pro.br/circulares/circ0037.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Figura 2.5 Eclipse solar e lunar (crédito de Gustavo Iachel).



Eclipse lunar:¹⁵ ocorre quando a Terra eclipsa a Lua, ou seja, a Lua entra na sombra da Terra, como ilustrado na Figura 2.6 e, em astrofotografia, na Figura 2.7.

Figura 2.6 Eclipse lunar.



15. OLIVEIRA FILHO, K. S. & SARAIVA, M. F. O., 2004.

Figura 2.7 Astrofotografia de eclipse da lua (crédito de Rodolfo Langhi).¹⁶

Os eclipses lunares não ocorrem todos os meses. A órbita da Lua é quase 5° inclinada em relação ao plano que contém a Terra e o Sol e os eclipses só se dão quando a órbita da Lua cruza com o plano da órbita da Terra-Sol.¹⁷

2.3. AS ESCALAS NA ASTRONOMIA

As distâncias astronômicas são imensas e é conveniente que o assunto seja abordado durante as observações do céu noturno. Para isso, diversos endereços na internet e trabalhos encontrados na literatura¹⁸ apresentam experi-

16. Disponível em: <<http://sites.google.com/site/proflanghi/astrofotografia/astrofotografias>>. Acesso: em 25 jul. 2012.

17. ROSVICK, J., 2008.

18. CANALLE, J. B. G. O., 1994.

Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/PlanetasEstrelas/>>. Acesso: em 25 jul. 2012.

mentos simples para demonstrar a escala do Universo. Durante uma observação astronômica para um público específico, é sempre interessante chamar a atenção para as distâncias as quais os objetos observados se encontram da Terra, despertando a curiosidade do observador e fazendo-o refletir sobre a capacidade do instrumento que está sendo utilizado para a observação, como a luneta astronômica construída. Seguem algumas comparações entre medidas cotidianas e algumas distâncias observadas da Terra, que podem ser consultadas em *softwares* como o *Stellarium* (obtido na internet, gratuitamente).

- $1\ m$ = próximo da distância de um passo largo;
- $10\ m$ = altura de um pequeno edifício;
- $100\ m$ = a distância média entre duas esquinas de uma mesma quadra;
- $1\ km$ = uma rua pequena, de dez quadras;
- $10\ km$ = o raio de uma cidade pequena;
- $100\ km$ = o raio de uma cidade grande;
- $1\ mil\ km$ = o tamanho aproximado de um estado;
- $10\ mil\ km$ = o diâmetro aproximado da Terra, que é de 12.700 km;
- $100\ mil\ km$ = comparável a $\frac{1}{4}$ da viagem para a Lua, que fica distante 384 mil km;
- $1\ milhão\ de\ km$ = comparável com a órbita da Lua ao redor da Terra, que é de quase 1,3 milhões de km;
- $10\ milhões\ de\ km$ = a distância orbital percorrida pela Terra em quatro dias ao redor do Sol;
- $100\ milhões\ de\ km$ = a distância aproximada entre Vênus e o Sol, que é de 108 milhões de km;
- $1\ unidade\ astronômica\ (U.A.)$ = cerca de 150 milhões de quilômetros, que é a distância média entre a Terra e o Sol;
- $1\ bilhão\ de\ km$ = 6,66 U.A. = ultrapassa a órbita de Júpiter, que é de 5,2 U.A.;
- $10\ bilhões\ de\ km$ = 66,6 U.A. = distância que ainda cabe no Sistema Solar;
- $100\ bilhões\ de\ km$ = 667 U.A. = a distância ainda está sob o domínio do Sol, em uma região quase na fronteira do Sistema Solar;

- *1 trilhão de km* = A *Nuvem de Oort* ainda ocupa esse espaço e é uma região que limita o Sistema Solar;
- *1 ano-luz (A.L.)* = $9,460 \times 10^{12}$ km = O ano-luz é uma unidade de distância. Sabendo-se que a luz percorre 300 mil km/s e multiplicando-se pelos segundos de um ano, obtém-se esta medida, que é muito usada na Astronomia. A distância é o limite do Sistema Solar, no qual finda a *Nuvem de Oort*. A estrela mais próxima do Sol está a 4,04 A.L. de distância;
- *1 parsec (pc)* = $3,084 \times 10^{13}$ km;
- *100 A.L.* = o tamanho aproximado da região central de um aglomerado fechado (globular);
- *10 mil A.L.* = um décimo do tamanho da *Via Láctea*. O Sistema Solar se encontra na periferia da galáxia, a 30 mil AL do centro;
- *100 mil A.L.* = o tamanho aproximado da *Via Láctea*. As galáxias mais próximas, como as *Nuvens de Magalhães*, estão a cerca de 150 mil A.L. de distância;
- *1 milhão de A.L.* = a distância que outras galáxias estão da *Via Láctea*. Estas formam o *Grupo Local de Galáxias* (ou aglomerado local), que contém 25 galáxias e possui um tamanho estimado de 3 milhões de A.L.;
- *100 milhões de A.L.* = o tamanho de um superaglomerado de galáxias, como o de *Virgem*;
- 10^{26} m = 100 sextilhões, o limite do Universo observável = $1,06 \times 10^{10}$ A.L. = $3,24 \times 10^9$ parsecs.

2.4. AS ESTRELAS

São corpos gasosos em cujo interior ocorrem reações nucleares, dando origem a elementos mais pesados. Essas reações liberam uma grande quantidade de energia. Observando o céu noturno, com facilidade, nota-se que as estrelas apresentam diferentes brilhos e colorações. Algumas características são exploradas no capítulo, a fim de aplicá-las na prática observacional. Inúmeras referências podem ser consultadas para o aprofundamento dos conteúdos.¹⁹

19. OLIVEIRA FILHO, K. S. & SARAIVA, M. F. O., 2004; HORVATH, J. E., 2008; BOCZKO, R., 1984; RIDPATH, I., 2007.

2.4.1. Magnitude das estrelas

O céu noturno apresenta estrelas com diferentes brilhos. O fato já era observado desde a antiguidade. Hiparco de Niceia, astrônomo grego, no século II a.C. atribuiu seis grandezas (magnitudes) para as estrelas. Os números estavam relacionados com o brilho da estrela, sendo a magnitude 1 para a estrela mais brilhante do céu e 6 para a menos brilhante.

Diversos outros astrônomos contribuíram para a classificação das magnitudes, que se distinguem, nos dias atuais, em dois tipos:

- *Aparente*: que não leva em conta sua distância da Terra e é medida a partir da quantidade de luz que chega até a Terra.
- *Absoluta*: que considera a distância até a Terra e é a magnitude que a estrela apresentaria se estivesse a 10 parsec daqui, distância estabelecida como padrão, a partir da qual é possível apurar o brilho e a luminosidade.

Tais magnitudes são descritas por números inteiros, fracionários e também negativos, com uma ordem inversa da estabelecida por Hiparco: números maiores estão relacionados com os menores brilhos e valores menores com os maiores brilhos.

2.4.2. Luminosidade estelar

A quantidade de energia que ela emite por unidade de tempo, em todas as direções. A grandeza está diretamente relacionada com sua magnitude absoluta. Assim, conhecendo-se uma é possível calcular a outra.

2.4.3. Tipo espectral

As estrelas apresentam tipos espectrais diferentes, quando observadas por espectroscópios. Os tipos espectrais mais frequentes são designados pelas letras O, B, A, F, G, K, M, seguindo uma ordem decrescente de temperatura, sendo caracterizados por alguns elementos.

- *Tipo O*: raias de hélio ionizado.
- *Tipo B*: raias de hidrogênio.

- *Tipo A*: raias de hidrogênio, com máxima intensidade.
- *Tipo F*: raias de ferro e magnésio.
- *Tipo G*: raias de cálcio.
- *Tipo K*: bandas moleculares de óxido de titânio.
- *Tipo M*: bandas moleculares de óxido de titânio, em máxima intensidade.

2.4.4. Cor e temperatura das estrelas

Quando se observa o céu é fácil notar que as estrelas apresentam diferentes cores, como *Antares*, uma estrela vermelha situada na constelação do *Escorpião*. As estrelas mais distantes e menos luminosas têm a sua cor atenuada pela distância, baixa luminosidade e o efeito da atmosfera terrestre.

A temperatura superficial da estrela e sua cor (vide Tabela 2.2) estão diretamente relacionadas e a primeira pode ser obtida de duas formas:

- Pelas relações de Wien e de Stefan-Boltzmann, segundo as quais, por meio do espectro das estrelas pode-se estimar sua temperatura, com base em cálculos teóricos.
- Pela relação de Henry Norris Russell (1877-1957), que relaciona a temperatura com seu índice de cor.

Tabela 2.2 Relação entre o tipo espectral, a temperatura e a cor das estrelas.

Classe espectral	Temperatura superficial aproximada (K)	Cor
O	30.000	Azul
B	21.000	Branco-azulada
A	10.000	Branca
F	7.200	Branco-amarelada
G	6.000	Amarela
K	4.700	Alaranjada
M	3.000	Vermelha

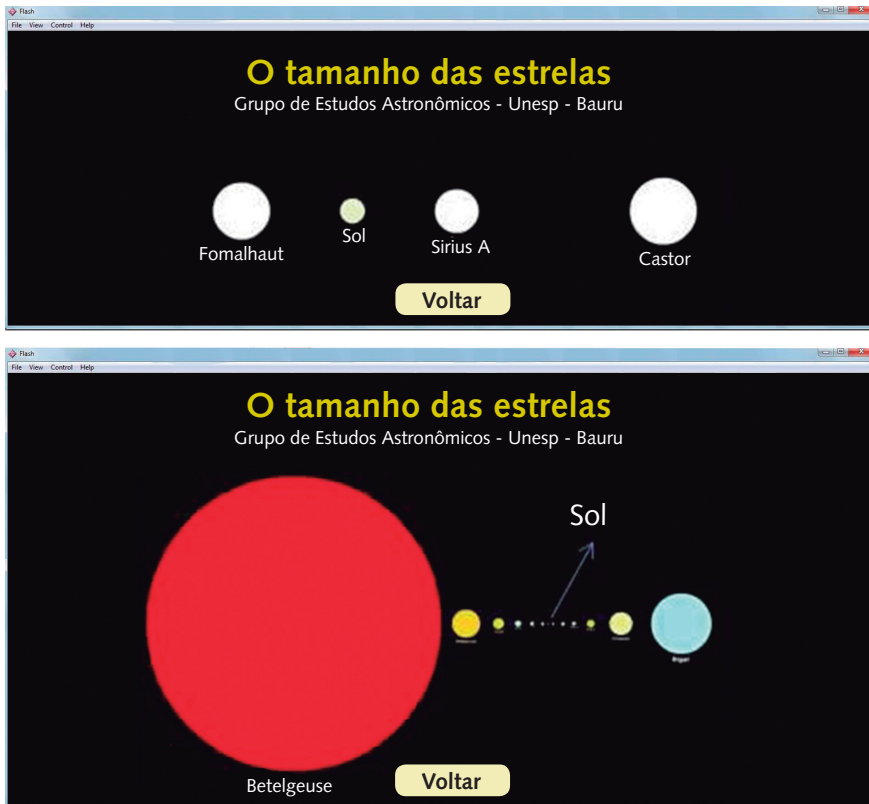
2.4.5. Dimensões das estrelas

As estrelas têm a aparência de serem pequenos pontos no céu, por estarem a enormes distâncias da Terra, quando na verdade possuem diferentes tamanhos, como ilustrado na Figura 2.8, variando entre:

- *Supergigantes*: como exemplo, tem-se a estrela *Mu Cephei*, cujo diâmetro aproximado é 1.420 vezes o diâmetro solar.
- *Gigantes*: como *Arcturus*, 17 vezes maior que o Sol.
- *Anãs*: assim como *Sirius B*, com diâmetro de 8.400 km e menor que a Terra.

O tamanho de uma estrela é estimado com base numa relação entre sua luminosidade, temperatura e raio estelar. Assim, é possível determinar o raio da estrela quando a temperatura superficial e a luminosidade são conhecidas.

Figura 2.8 Comparação entre o tamanho de algumas estrelas (crédito de Gustavo Iachel).



2.4.6. Sistemas binários

Quando se observa o céu a olho nu, tem-se a impressão de que as estrelas estão à mesma distância da Terra, embora elas estejam a diferentes distâncias daqui e esta proximidade seja apenas aparente.

De posse de um telescópio veem-se estrelas indistinguíveis a olho nu. Elas podem formar agrupamentos aparentes, por estarem na mesma região do céu, enquanto, na realidade, encontram-se a diversas distâncias da Terra. Podem, enfim, ser vistas em agrupamentos reais, nos quais as estrelas observadas estão próximas de si e, por consequência, quase a mesma distância da Terra. Tais sistemas são influenciados pela atração gravitacional e giram em torno de um centro comum.

2.4.7. Aglomerados estelares e sistemas múltiplos

Os sistemas estelares podem ser formados por duas, três, quatro, centenas ou milhares de estrelas. Um exemplo de sistema múltiplo é *Castor*, a estrela mais brilhante da constelação de *Gêmeos*, que apresenta três estrelas visuais, cada uma delas um sistema binário. Assim, *Castor* é um sistema com seis estrelas, das quais quatro são maiores do que o Sol.

As estrelas podem se agrupar, ainda, em sistemas com centenas ou milhares de estrelas, formando os aglomerados estelares, que interagem gravitacionalmente entre si e podem ser de dois tipos:

- *Abertos*: formados por centenas de estrelas jovens, relativamente distantes entre si. Tem-se como exemplo são as *Plêiades*, na constelação de *Touro*.
- *Fechados*: constituído de milhares de estrelas mais velhas, relativamente próximas entre si e que apresentam aspecto esférico. Um exemplo é o aglomerado *Ômega*, na constelação de *Centaurus*, ilustrado na Figura 2.9.

Figura 2.9 Aglomerado de Ômega Centauro (astrofotografia de Rodolfo Langhi).²⁰

2.4.8. Constelações

São agrupamentos aparentes de estrelas, uma vez que as estrelas que as formam em geral estão a enormes distâncias entre si. Para um observador na Terra, elas se encontram, a princípio, a iguais distâncias daqui. Levados pela imaginação, os antigos povos uniam as estrelas por linhas imaginárias, formando figuras associadas as suas crenças.

20. Disponível em: <<http://sites.google.com/site/proflanghi/astrofotografia/astrofotografias>>. Acesso: em 25 jul. 2012.

Sabendo-se a época em que uma constelação nasce no horizonte, pois não são visíveis durante todo o ano, é possível determinar o início ou fim de uma estação do ano, bem como se orientar a partir delas.

Toda esfera celeste é dividida em 88 regiões demarcadas com clareza, que são as constelações. Estas não são designadas por figuras imaginárias, mas sim por regiões delimitadas do céu. Por um acordo institucional, as constelações recebem nomes latinos e têm sua abreviação designada por três letras.

Em uma constelação, a estrela mais brilhante é identificada pela letra grega α , seguida do nome em latim da constelação. Por exemplo, a estrela mais brilhante do Cruzeiro do Sul é chamada de α *Crux*. A classificação é utilizada para todas as estrelas de uma constelação, sendo β a segunda estrela mais brilhante e assim por diante. Esgotado o alfabeto grego, usam-se as letras, maiúsculas e minúsculas, do alfabeto latino. Há catálogos estelares que só utilizam números para classificá-las.

As constelações não foram criadas apenas na Antiguidade, tendo surgido algumas entre os séculos XVII e XIX, devido às grandes navegações.

Softwares astronômicos atuais dispõem imagens das constelações. Os desenhos podem ser encontrados com facilidade na internet, por meio de buscadores de imagens.

As constelações *zodiacais* são as dispostas na esfera celeste ao longo do caminho percorrido pelo Sol durante seu movimento aparente diário. As *circumpolares* são aquelas acima das regiões circumpolares da Terra. No Brasil, situado no hemisfério Sul, não é possível ver certas constelações do hemisfério Norte. As constelações *austrais* estão dispostas entre as zodiacais e as circumpolares Sul. Já as *boreais* estão dispostas entre as zodiacais e circumpolares Norte. As equatoriais estão sobre a projeção do Equador terrestre na esfera celeste.

2.5. UM POUCO DE OBSERVAÇÃO DO CÉU

Para poder observar o céu e seus inúmeros objetos celestes, como planetas, estrelas, galáxias, nebulosas, dentre outros, é necessário reconhecê-lo. A observação à vista desarmada, quando realizada com frequência, auxilia a reconhecer cada vez mais os pontos cardeais, as estrelas mais brilhantes, as

principais constelações nas diferentes épocas do ano e o movimento aparente dos corpos celestes. Para isso, o uso de cartas celestes²¹ ou *softwares* astronômicos é bastante útil. Como sugestões de *softwares* para observação astronômica podem ser consultados o *Stellarium*, *Cartes du Ciel*, *Starry Night*, dentre outros.

As observações devem ser feitas, de preferência, em uma noite em que a Lua não esteja visível (lua nova), em lugar livre de obstáculos, como prédios, e sem poluição atmosférica e luminosa. Após sentir-se seguro com as posições de alguns planetas, estrelas e constelações, a próxima etapa da observação é realizada com binóculos, em seguida com uma luneta e, por fim, com um telescópio. A sequência não é obrigatória, mas, ao segui-la, o observador consegue ter uma noção melhor da relação entre o aumento e o campo visual que um instrumento óptico possui. Em ambientes propícios para observação, é possível detectar, a olho nu, uma faixa leitosa que atravessa o céu, um dos braços da Via Láctea.

Apreciando o hábito todos os dias, o observador percebe que as estrelas surgem no céu cerca de quatro minutos mais tarde que na noite anterior. Ao longo de um mês esse avanço será em torno de duas horas. Assim, o céu de 1° de abril, às 21 horas, será o mesmo de 1° de maio, às 23 horas. Dessa forma, ao longo do ano nota-se que, observando o céu sempre no mesmo horário, algumas estrelas já não são visíveis e outras, não visíveis antes, começam a surgir.

Em cada constelação há uma ou mais estrelas que se destacam dentre as demais. Sabendo reconhecê-las, torna-se fácil identificar a qual constelação elas pertencem, podendo se basear na posição delas para encontrar os demais corpos celestes. Um bom exemplo é a constelação do Cruzeiro do Sul, que apresenta estrelas brilhantes e de fácil localização. Para identificar a cruz, formada por quatro estrelas mais brilhantes, basta procurar por duas estrelas muito brilhantes, apontando para o lado menor da cruz, que são *Alfa* e *Beta*, do Centauro, conforme ilustrado na Figura 2.10, obtida através do *software Stellarium*.

21. Disponível em: <<http://www.heavensabove.com>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Figura 2.10 O Cruzeiro do Sul e suas guardiãs, Alfa e Beta, do Centauro.



Para identificar outras estrelas, o observador pode utilizar uma carta celeste ou um *software* astronômico. Para o uso da carta celeste, sugere-se o uso de uma lanterna com papel celofane vermelho sobre a lâmpada, pois a luz avermelhada é a que menos afeta a sensibilidade do olho humano, não incomodando tanto na observação do céu noturno.

As cartas celestes impressas em papel, em geral, apresentam o céu estrelado planejado. Ao redor do mapa celeste, encontram-se os pontos cardeais. O observador deve levantar o mapa sobre sua cabeça e alinhar o ponto cardeal da carta com o geográfico. Fazendo isso, ele pode perceber semelhanças entre o céu real e o céu impresso em sua carta e se localizar com facilidade. Para completa abordagem do uso de um mapa do céu e o reconhecimento do céu noturno, sugere-se a leitura do livro *Aprendendo a Ler o Céu*, de Rodolfo Langhi.²²

2.5.1. Observando os objetos celestes a olho nu

Todas as estrelas são visíveis como pontos brilhantes e aparentam variações no brilho, causadas por mudanças de umidade, temperatura e densidade

22. LANGHI, R., 2012.

da atmosfera, que refratam inúmeras vezes a luz emitida por esses objetos, antes de chegar aos olhos do observador. Quanto mais próximo do horizonte o objeto celeste estiver, maior será a perturbação causada pela atmosfera, devido a maior quantidade de gases que a luz atravessa.

Os planetas não apresentam tanta variação no brilho quanto as estrelas, deslocam-se em relação às estrelas fixas e são sempre, ao mesmo tempo, visíveis próximos da eclíptica e parte das constelações zodiacais.

Mercúrio e Vênus, chamados de interiores, não se afastam muito do Sol, e sendo sempre visíveis perto do nascer e do pôr desse astro. Mercúrio, sempre muito próximo do Sol, é um planeta de difícil observação, por se encontrar visível perto do horizonte, região, de hábito, tomada pelas nuvens. Vênus é muito brilhante e pode ser localizado com facilidade ao amanhecer ou ao entardecer.

Marte é facilmente observado no céu noturno, aparentando ter o brilho de uma estrela avermelhada. Júpiter se apresenta com coloração branca prateada e possui brilho superior a muitas das estrelas, sendo, portanto, de fácil localização.

Saturno, apesar de possuir brilho esbranquiçado, é de difícil localização. O observador deve recorrer a cartas celestes até se habituar a reconhecê-lo. Urano e Netuno são de mais fácil observação com binóculos e muito difíceis de ser localizados à vista desarmada (as condições devem ser perfeitas para uma tentativa).

Em noites escuras, é possível perceber uma grande quantidade de aglomerados estelares, como os aglomerados *M6* e *M7*, na constelação de Escorpião, e as Plêiades, na constelação de Touro. Com sorte, pode-se detectar o fraco brilho de algumas galáxias, como a *Pequena* e a *Grande Nuvem de Magalhães* e *Andrômeda*.

Ao aprender a identificar os objetos apresentados a olho nu tem-se grande vantagem, pois para a observação detalhada, basta apontar os equipamentos para lá.

3

INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Os mais simples instrumentos ópticos têm seu funcionamento baseado na formação de imagens, quando os raios de luz provenientes de uma fonte incidem sobre lentes e/ou espelhos. Como exemplos, citam-se o próprio olho humano, a lupa, os projetores, binóculos, microscópios, câmeras fotográficas, telescópios e as lunetas (telescópio refrator). Na prática de construção de uma luneta, é interessante abordar também outros instrumentos, pois o construtor percebe com facilidade que um ajuste adequado de diferentes tipos de lentes e espelhos forma um ou outro instrumento óptico. Porém, os conceitos de Física, em específico os da óptica geométrica, servem para qualquer instrumento estudado.

3.1. OLHO HUMANO, LUPA, BINÓCULOS E TELESCÓPIOS

O *olho humano* é um instrumento óptico bastante sensível e de funcionamento relativamente simples de ser compreendido. É formado por uma associação de duas lentes, chamadas córnea e cristalino.¹ A córnea refrata os raios de luz que chegam até o olho, a íris (parte colorida do olho) tem a função de regular a entrada de luz pela pupila e o cristalino é uma espécie de lente que auxilia na focalização da imagem na retina (uma membrana fina que contém fotorreceptores, que transformam a luz em impulsos elétricos que o cérebro interpreta como imagem).

Para uma eficiente observação do céu noturno, é recomendável aguardar entre 10 e 15 minutos para que os olhos se acomodem na escuridão, em especial se o local escolhido estiver livre de efeitos da poluição luminosa. Isso aumenta a sensibilidade dos olhos, com a dilatação da pupila, permitindo visualizar um número maior de objetos no céu escuro.

A *lupa* é uma simples lente convergente, utilizada quase sempre para aumentar a dimensão dos objetos.

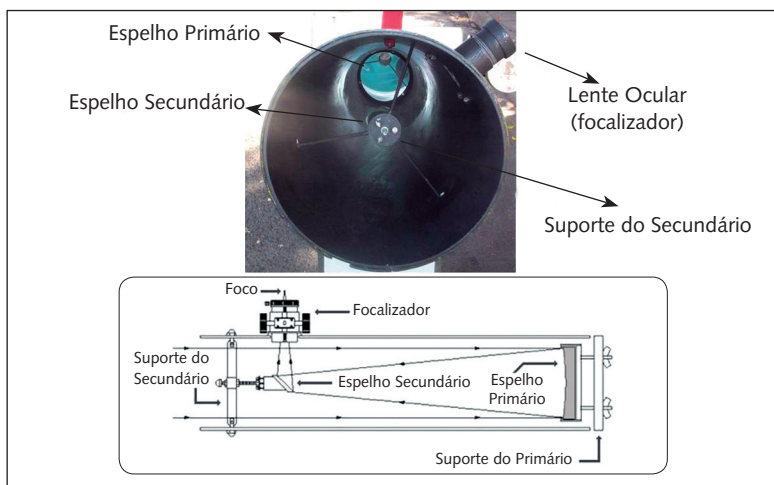
1. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

O *binóculo* é um instrumento provido de lentes tais que possibilitam um grande alcance da visão. O mais primitivo era composto de uma objetiva com uma lente convergente, no meio de duas lentes divergentes, e uma lente ocular de sentido inverso. Nos dias atuais, é constituído de uma lente ocular e de outra objetiva baseada nas lunetas astronômicas, utilizando o método poliprisma.²

Os *telescópios* podem ser refratores ou refletores.³ Os refratores são mais conhecidos como lunetas, pois utilizam somente uma associação de lentes para a formação das imagens, enquanto os refletores fazem uso de espelhos, o que acarreta uma diminuição de aberrações. As lunetas são abordadas em detalhes nos capítulos seguintes. Os tipos mais comuns de telescópios são apresentados a seguir.

O do tipo newtoniano é composto por dois espelhos, um primário e outro secundário. O primário (espelho curvo) é o principal e fica localizado em uma das extremidades do telescópio e o secundário (espelho plano) se encontra próximo ao foco do primário, fornecendo a imagem que chega à ocular, como se vê na Figura 3.1.

Figura 3.1 Esquema de um telescópio newtoniano. Imagem adaptada.⁴



2. Disponível em: <<http://www.astroshop.com.br/iniciantes/binoculos.asp>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

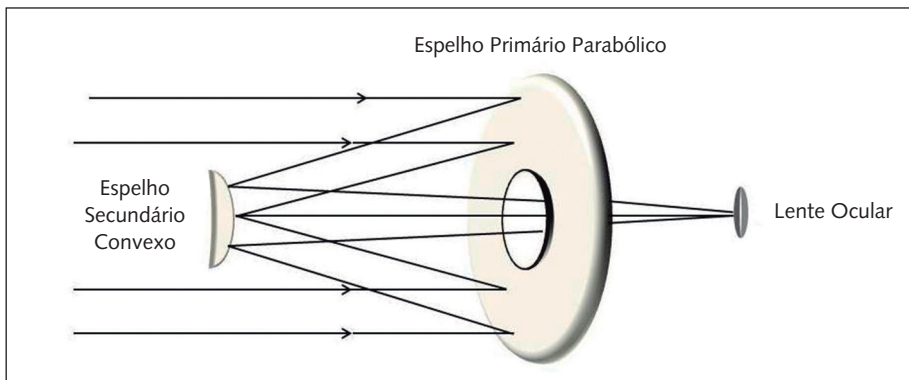
3. MOURÃO, R. R. F., 2001.

4. SCHERMAN, J. & VIOLA, H. A., 1960.

O do tipo Cassegrain⁵ também é composto por dois espelhos, primário e secundário, ambos esféricos e seu esquema óptico foi elaborado por Guillaume Cassegrain, em 1672. Na época, Isaac Newton apresentava o seu telescópio newtoniano e dizia que a montagem de Cassegrain não apresentava qualquer vantagem sobre a sua. Devido ao grande prestígio que Newton tinha na época, o telescópio do tipo Cassegrain foi ignorado por um bom período. A principal vantagem que a montagem desse último apresenta é o comprimento do seu corpo, em média metade do comprimento do corpo de um telescópio newtoniano de mesma potência, facilitando a sua locomoção e diminuindo o seu peso.

Com o tempo, a montagem de Guillaume Cassegrain (conhecida como Cassegrain clássica) sofreu modificações. Hoje, o telescópio Cassegrain Dall-Kirkham é tido como o mais fácil de ser construído dentre os de tipo Cassegrain. Seu espelho primário é elíptico e côncavo e o secundário é esférico e convexo, enquanto na montagem clássica o espelho primário é parabólico côncavo e o espelho secundário é hiperbólico convexo. O esquema⁶ é mostrado na Figura 3.2.

Figura 3.2 Esquema óptico do telescópio Cassegrain Dall-Kirkham.



3.2. LUNETAS

A proposta fundamental deste texto é descrever o funcionamento e um método de construção artesanal de uma luneta, utilizando tanto as etapas de cons-

5. MOURÃO, R. R. F., 2001.

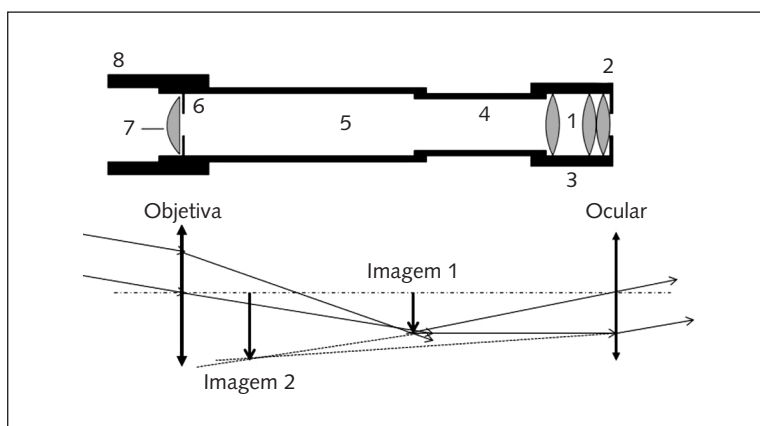
6. TEXERAU, J., 1984.

trução como o aparelho finalizado no desenvolvimento da disciplina de Astronomia para alunos do curso de licenciatura, assim como para professores em exercício, por meio de oficinas de construção. Além desse, outros métodos utilizando diversos materiais podem ser encontrados na literatura⁷ e na internet.

3.2.1. Sistema óptico

A luneta é uma associação de lentes esféricas,⁸ como mostrado na Figura 3.3.

Figura 3.3 Associação de lentes numa luneta astronômica.



No caso da luneta astronômica, a imagem vista pelo observador é invertida. Quando os raios luminosos passam pela primeira lente do dispositivo, convergente e chamada objetiva, dão origem à Imagem 1, mostrada na Figura 3.3. Essa serve como objeto para a segunda lente convergente, chamada ocular, dando origem à Imagem 2, maior e invertida.

A luneta terrestre é semelhante à astronômica, porém a imagem vista é direita (ou direta). No dispositivo, a imagem I_2 é formada obedecendo às mesmas regras, entretanto, a lente ocular é divergente, dando origem a uma imagem direta (ou direita). Na luneta terrestre, também pode ser utilizado um prisma, a fim de tornar a imagem direta. A utilização de um dispositivo desse

7. CANALLE, J. B. C., 1994, 2005

8. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

tipo é discutida na prática na oficina de construção de lunetas e pode ou não ser uma opção para o construtor.

Em geral, uma luneta é do tipo Galileu, uma combinação de uma lente positiva de pequeno diâmetro (objetiva convergente) com uma lente negativa (ocular divergente), que fornecem imagens virtuais. Ela é assim chamada porque foi Galileu Galilei (1564-1642) quem, pela primeira vez, em 1609, a usou para observar o céu e registrar suas descobertas.⁹ Ele observou pela primeira vez os satélites mais brilhantes de Júpiter (conhecidos como galileanos), identificou estruturas que depois foram compreendidas como os anéis de Saturno. Também estudou, em detalhes, as crateras da Lua, as fases de Vênus e percebeu que o céu possuía muito mais estrelas do que aquelas visíveis a olho nu. A repercussão de seu trabalho observacional é, em termos históricos, incalculável. Em termos imediatos, a identificação dos satélites de Júpiter e das fases de Vênus tornou mais aceitável a ideia de que o Sol poderia ser o centro do sistema ao qual a Terra pertencia, abrindo caminho para a constituição da física inercial, cuja forma seria dada por Newton, em detrimento da física aristotélica.¹⁰

9. MARTINS, J. B., 2008.

10. VERDET, J. P., 1991.

4

CONSTRUÇÃO DE LUNETAS

Neste capítulo, abordam-se as etapas de construção de uma luneta astronômica, proposta para os alunos do curso de licenciatura em Física e para os professores em exercício. No decorrer das oficinas, que se iniciaram em 2006, as lunetas foram modificadas, com destaque ao que se refere à obtenção do tripé e da lente objetiva. Com isso, procurou-se obter um aparelho de qualidade cada vez melhor a um custo cada vez menor, possibilitando sua construção por docentes de qualquer nível de ensino, em conjunto com seus respectivos alunos.

O leitor, por seu lado, pode optar pelo modelo que deseja construir, por exemplo, incluindo ou não um tripé mais sofisticado ou uma buscadora (espécie de mira para primeira visualização do objeto de interesse). Importa, sim, que o método para sua obtenção leve em conta os conceitos da Física, com ênfase para a óptica geométrica e que sua utilização seja fator plenamente motivador no ensino e no aprendizado da Astronomia.

4.1. MATERIAIS NECESSÁRIOS

Para a construção artesanal de uma luneta podem ser utilizados diversos modos e materiais, visando a obtenção de um aparelho de boa qualidade e com baixo custo. A proposta que se segue tem custo que varia entre R\$ 15,00 e R\$ 40,00 (dependendo da opção para a lente objetiva), com ótima qualidade, ideal para observação lunar e planetária. Os materiais necessários para a construção são:

1. Lente positiva de grau esférico, plano-convexa e com 50 mm de diâmetro (construída ou comprada em lojas especializadas na venda de óculos ou em ópticas). O diâmetro da lente pode ser maior ou menor do que o sugerido, dependendo do aparelho que se deseja construir.

2. Três lupas simples com 40 ou 50 mm de diâmetro e aumento angular de quatro vezes. Dar preferência às lupas confeccionadas com vidro e não plástico e que tenham foco mais curto possível.
3. Duas arruelas (sugestão: 2" de diâmetro externo e 1" de diâmetro interno).
4. Tubo de PVC branco, com 2" de diâmetro.
5. Tubo de PVC branco, com 1,5" de diâmetro.
6. Tubo preto (conduíte elétrico), com 2" de diâmetro interno (15 cm/8 cm).
7. Adesivo para cano de plástico (cola para tubo de PVC).
8. Fita isolante preta.
9. *Spray* preto fosco (de secagem rápida).
10. Pedacos de madeira, para construção do tripé.
11. Pequeno pedaço de espelho plano, como a parte de um espelho retrovisor de carro (item opcional).
12. Pedacos de tubo de PVC de tamanhos variados, para a buscadora (item opcional).
13. Parafusos de bitolas variadas.
14. Demais itens opcionais: CD usado, pregos, pedaço de acrílico transparente, arame cozido, transferidor de 360°.

As Figuras 4.1 e 4.2 mostram desenhos esquemáticos das lunetas propostas para construção, indicando seus respectivos componentes. A diferença entre as duas é apenas a utilização de um espelho para inversão da posição de observação, espelho que não inverte a imagem formada.

Figura 4.1 Luneta astronômica com observação ao longo do corpo. 1) Lente ocular (3 lupas); 2) Arruela para ocular; 3) Tubo da ocular; 4) Tubo intermediário; 5) Tubo principal da luneta; 6) Arruela para a objetiva; 7) Lente objetiva; 8) Luva para acoplar lente objetiva.

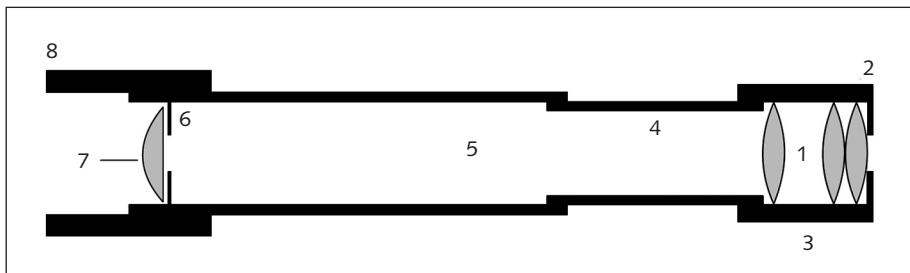
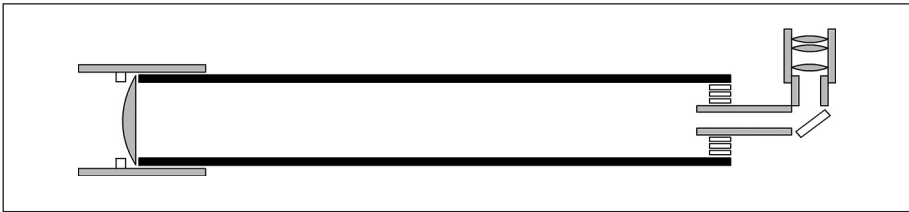


Figura 4.2 Corte transversal da luneta astronômica.

4.2. AVALIAÇÃO DOS MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO DA OBJETIVA

Antes de definir qual a melhor opção para a confecção da lente objetiva deve-se analisar os materiais, considerando critérios de qualidade e custo/benefício. A análise pode ser incorporada à construção da luneta, criando a oportunidade de se discutir custos e benefícios, além de permitir que outras sugestões sejam apresentadas e avaliadas.

- Peça de vidro comum.
- Bloco de cristal.
- Lupa simples (encontrada em lojas populares).
- Lente confeccionada em laboratórios de lojas fabricantes de óculos (ópticas).

Uma lente obtida a partir do bloco de cristal tem qualidade superior às obtidas com pedaços de vidro e lupas. Porém, devido ao seu valor mais elevado (aproximados R\$ 40,00, o bloco) e à demora em sua preparação, torna-se inviável sua utilização em cursos destinados à construção de lunetas nas escolas públicas, por vezes desprovidas de recursos para tal finalidade. Lentes feitas de lupa apresentam um desempenho baixo e, apesar de sua preparação ser a mais rápida, são inviáveis para uma oficina de construção, pois os equipamentos finais têm a qualidade comprometida. As lentes fabricadas em ópticas não precisam ser modificadas e, embora apresentem desempenho razoável, o custo mais elevado (em torno de R\$ 36,00) torna seu uso quase sempre inviável. Além disso, as lentes fabricadas em ópticas possuem efeitos de aberração, nas bordas, mais drásticos do que as construídas a partir de pedaços de vidro. Portanto, a lente de vidro tem boa qualidade e sendo inferior apenas à de cristal é considerada a melhor opção, face seu baixo custo (cerca de R\$ 1,00,

cada pedaço de vidro de tamanho adequado) e menor tempo necessário para sua preparação.

Na relação de custo, do maior para o menor, temos:

Bloco de cristal ► lente comercial ► vidro comum ► lupa simples

Na relação qualidade, da maior para a menor, temos:

Bloco de cristal ► vidro comum ► lente comercial ► lupa

Na relação custo/qualidade, da melhor para a pior, temos:

Vidro comum ► lente comercial ► bloco de cristal ► lupa simples

Como sugestão para o iniciante em construção de lunetas, a lente comercial é a mais indicada, pois é fácil de ser adquirida. Após o construtor obter um pouco mais de experiência, ele próprio pode construir sua lente objetiva, a partir de um pedaço de vidro comum, tornando o equipamento de maior qualidade e de menor custo. Após isso, a lente comercial pode ser substituída, com facilidade, no aparelho construído.

4.3. CUSTOS E ONDE COMPRAR

Os principais materiais usados na construção da luneta são de fácil aquisição, podem ser adquiridos conforme descrito e têm custos com pequena variação, dependendo do local de compra.

Aquisição e custo dos materiais
<ul style="list-style-type: none"> • Lente objetiva – encomendada em ópticas: ~ R\$ 36,00. <ul style="list-style-type: none"> – Vidro comum: ~ R\$ 1,00. – Lupa: ~ R\$ 2,00. – Bloco de cristal: ~ R\$ 40,00. • Lupas para lente ocular – lojas populares ou papelarias: ~ R\$ 6,00. • Arruelas – ferros-velhos ou lojas de material de construção: ~ R\$ 2,00. • Tubos de PVC (diâmetros variados) – ferros-velhos ou lojas de material de construção: ~ R\$ 8,00. • Fita adesiva – lojas, em geral: ~ R\$ 4,00. • Cola para cano plástico – lojas de material de construção: ~ R\$ 12,00 (um tubo pode ser utilizado para quatro lunetas, ou mais). • Pedacos de madeira – madeiras ou depósitos: sem custo estimado, podendo até ser obtidos de maneira gratuita. • Pedaço de vidro (retrovisor de carro) – ferros-velhos: sem custo estimado, podendo até ser obtido de maneira gratuita.

4.4. CONFECÇÃO DALENTE OBJETIVA

No caso da confecção da lente objetiva a partir de um pedaço de vidro comum, o procedimento envolve a necessidade de obter uma pequena quantidade de abrasivo, como o *carborundum* (carbeto de silício), um pouco de breu e pedaços de madeira, que servem de apoio para a lente. Se surgir alguma dificuldade para a obtenção do abrasivo, pode-se substituir por lixas moídas, de numeração variável.

O pedaço de vidro é trabalhado sempre de uma forma: cortado no diâmetro desejado para a lente (40, 50 ou 60 mm) e colado, com breu, em um disco espesso de madeira, com o mesmo diâmetro da lente. O vidro é desgastado em chapas de ferro molhadas por uma solução de água e abrasivo, com a lente resultante tendo uma face curva e outra plana.

Para ser chegar à lente, pode ser utilizada uma placa de ferro com curvatura de um grau, com um dos lados do vidro sendo desgastado por *carborundum* de grana 180, até ficar com a curvatura desejada. Em seguida, usa-se o abrasivo com grana 500 para diminuir a porosidade da lente e assim, sucessivamente, até a grana 2000. O processo é chamado de esmerilhamento. Assim, o conjunto montado para trabalhar o pedaço de vidro que dá origem à lente objetiva é composto por: uma base de madeira retangular, um disco de madeira que possa girar sobre a base, um molde de ferro, pedaço de vidro e de madeira com o diâmetro da lente. A Figura 4.3 ilustra o conjunto, no qual são realizados os movimentos ilustrados na Figura 4.4:

- O pedaço de vidro, preso com fita isolante ao pedaço de madeira de igual diâmetro, é deslizado de $\frac{1}{3}$ de seu diâmetro sobre o molde de ferro (preso ao disco de madeira maior e móvel).
- O disco de madeira maior e móvel é girado em torno do eixo do conjunto em um ângulo aproximado de 30° .

Figura 4.3 Conjunto para se obter a lente objetiva da luneta. Para maiores detalhes, um filme do sistema em operação pode ser obtido com os autores.

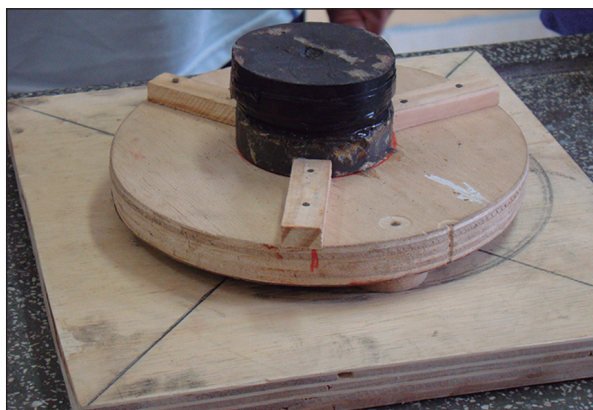
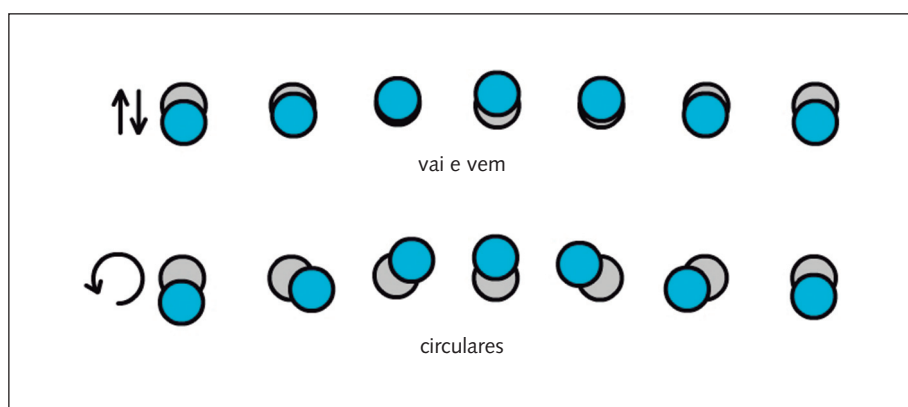


Figura 4.4 Movimentos para obter a curvatura do pedaço de vidro comum.



Após essas etapas, realiza-se o polimento com óxido de ferro, utilizando-se de movimentos idênticos aos do esmerilhamento. O óxido de ferro para o polimento do vidro é extraído de uma tintura em pó, como as usadas para pisos de construções (conhecido como “vermelhão”). Testes indicaram que o produto da cor vermelha é o melhor dentre todas as cores, devido à baixa granulação e ao número reduzido de impurezas. A tintura pode ser encontrada em lojas de material para construção ou em casa de tintas (as marcas mais utilizadas podem ser recomendadas por ATMs em listas de discussão na rede mundial de computadores).

Em torno de 15% dos 500g do produto são aproveitados, pois é preciso misturá-lo com água e coá-lo no mínimo por três vezes seguidas em coadores ultrafinos de café (quanto menor os poros, melhor a seleção do produto). Durante a mistura com a água, o líquido não pode ficar muito concentrado nem muito diluído. Ao coar, retira-se todo tipo de fragmento do material que possa riscar a superfície esférica do vidro. Por esse motivo, o que restar no coador deve ser descartado. É importante deixar o líquido ser coado naturalmente, sem pressões manuais, evitando que uma diminuta pedra consiga passar por um dos poros do coador. Após o líquido vermelho ser coado três vezes, deve ser guardado e protegido em pequenas garrafas plásticas, possibilitando o manuseio seguro, sem que haja riscos de contaminá-lo.

Há, ainda, a possibilidade de se utilizar óxido de cério no polimento do vidro. No entanto, é um produto prejudicial à saúde, além de mais caro. Já o óxido de ferro é barato e pode ser manuseado sem o uso de luvas.

Para a lente de cristal, as duas faces são trabalhadas: uma em chapa de ferro de um grau, igual ao da lente que se quer obter, e outra em chapa plana, usando o método anterior de desgaste até o polimento. Para a lente feita de lupa é usada apenas uma chapa de ferro plana, com igual método. A lente objetiva obtida por meio de um pedaço de vidro comum é mostrada na Figura 1.5.

Como já mencionado, a construção da lente objetiva, para um construtor iniciante, pode apresentar dificuldades extras que, dependendo das condições, trazem resultados negativos, tanto na qualidade da lente obtida quanto na motivação para construir uma primeira luneta. Para evitar que isso aconteça, sugere-se que ele adquira uma lente comercial (nas lojas comercializadoras de óculos) e se familiarize primeiro com o método de construção da luneta, antes do da lente objetiva. Nesse caso, o único cuidado que se deve ter com a lente comercial é o de realizar o polimento de suas bordas, aparando-as com lixa, minimizando o surgimento de efeitos de aberração esférica, como demonstrado na Figura 1.11.

Entretanto, se o construtor tiver interesse em produzir sua própria lente objetiva, ele pode se dirigir à Oficina de Instrumentação Óptica e Astronomia, do Observatório Didático de Astronomia, Lionel José Andriatto, cuja equipe responsável prestará auxílio, bastando entrar em contato com um dos autores deste livro.

4.5. DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA FOCAL

Uma lente objetiva de 50 mm de diâmetro, por exemplo, deve apresentar distância focal (ou foco da objetiva, F_{ob}) de 1 m, cujo valor pode variar ligeiramente, dependendo da construção. Quando da determinação da distância focal, os conceitos abordados sobre lentes convergentes e divergentes podem ser lembrados, na prática. O foco da lente é determinado fazendo-se com que os raios de luz solar incidentes na lente converjam para um único ponto (o foco), deslocando-se a lente, com suavidade. Medindo-se o valor observado, a distância focal é obtida, como indica a Figura 4.5 (itens a e b).

Figura 4.5 Determinação da distância focal da lente objetiva, em (a) e (b).



Após a determinação da distância focal da lente, o tubo de PVC que forma o corpo principal da luneta é cortado com 10 cm a mais do que a distância determinada (depois ele é cortado no tamanho final necessário). A Figura 4.5b ilustra a medida da distância focal, utilizando o tubo que forma o corpo principal da luneta e que deve ser cortado em tamanho maior do que a distância focal obtida para a lente. Antes de fixar a lente no tubo adequado, realiza-se uma excelente limpeza nesta, com pano ou papel macio embebido em álcool ou detergente. Outros cuidados devem ser tomados, como lixar a borda cortada do tubo e pintar seu interior usando *spray* preto fosco. Na etapa, é possível abordar o tema da reflexão e absorção da luz por objetos pretos ou brancos, uma vez que a pintura pretende evitar a sua reflexão durante a observação.

4.6. LENTE OCULAR

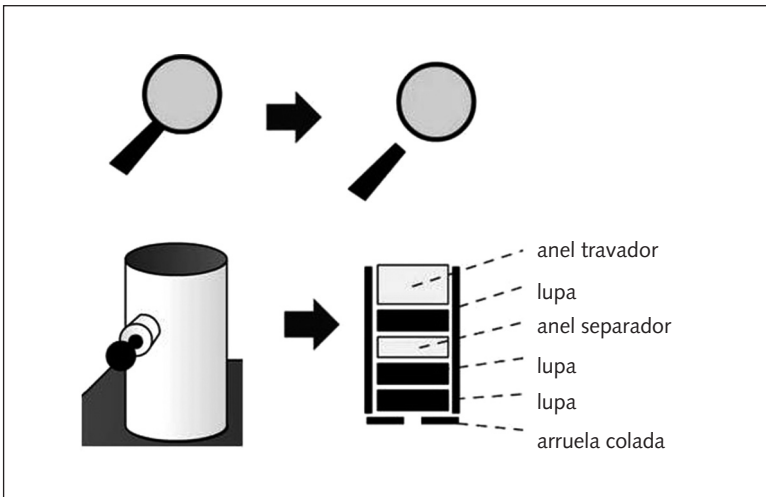
A ocular é uma lente, ou conjunto de lentes, disposta na parte dianteira do tubo da luneta, ficando próxima ao olho durante a observação. A qualidade da imagem obtida depende muito da ocular e isso torna sua confecção de fundamental importância na construção de uma luneta. Um método barato e eficiente para a obtenção de uma lente ocular é a combinação de três pequenas lupas, obtidas em papelarias ou lojas populares, por meio do seguinte procedimento:

- I. Os cabinhos que sustentam as lupas são retirados, sem remoção de seu envoltório plástico, conforme mostrado na Figura 4.6 (item a). Elas devem ser limpas com detergente e pano macio. Dependendo do diâmetro das lupas (com seus envoltórios plásticos), deve se encontrar um tubo de PVC com diâmetro interno igual. Os tubos e os anéis devem ter os interiores pintados de tinta preta fosca.
- II. Utilizando duas lentes, uma é colocada sobre a outra, sendo unidas com fita isolante enrolada nas bordas, conforme a Figura 4.6 (item b).
- III. Na extremidade de um tubo de PVC, com diâmetro um pouco maior do que as lupas, cola-se uma arruela, pintada de tinta preta fosca, como mostra a Figura 4.6 (item c). Nesse “copo furado” são postas duas lupas, um anel (feito com um pedaço de tubo de PVC) de 1,5 cm de altura, outra lupa e, por último, outro anel, que trava o sistema. As lupas unidas, conforme item II, são fixadas dentro do tubo, utilizando-se fita isolante preta o quanto for necessário para mantê-las justas, no tubo. Ao inserir o conjunto no tubo é preciso se certificar de que ele não está desalinhado (torto). A Figura 4.6 (item d) ilustra uma lente ocular construída com pequenas lupas e a Figura 4.7 esquematiza o processo de confecção da ocular, cujo comprimento fica a critério do construtor. O anel entre as duas lupas e a terceira serve para ampliar o campo de visão da ocular.

Figura 4.6 Confeção da lente ocular, com pequenas lupas, em (a), (b), (c) e (d).



Figura 4.7 Montagem de uma ocular de baixo custo



A arruela também pode ser substituída por um aro de tubo em PVC. O importante é associar as três pequenas lupas de modo a se ajustarem no tubo. A distância entre elas deve ser mantida, conforme a seguinte explicação:

Lupas são lentes convergentes que quando associadas funcionam como uma única lente, cujo foco é o do conjunto. No caso do uso de lupas com 50 mm de diâmetro, elas devem ser arranjadas de forma tal que o foco total do conjunto óptico seja 2,5 cm. O valor é obtido através da seguinte equação.¹

$$F_T = \frac{\left(\frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - d_{12}} \right) F_3}{\left(\frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - d_{12}} \right) + F_3 - d_{23}} \quad (1)$$

Onde:

F_1 : foco da lente 1;

F_2 : foco da lente 2;

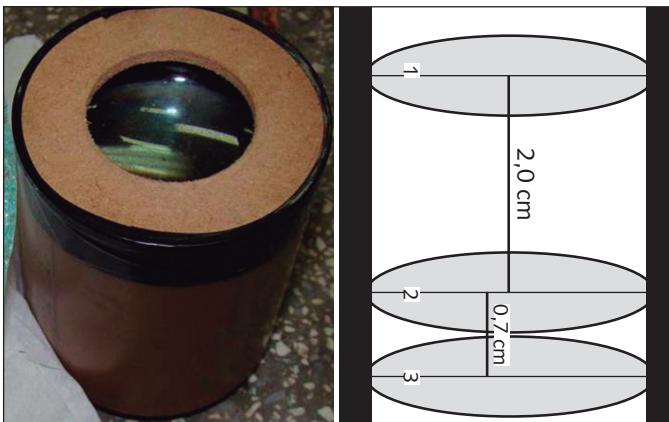
F_3 : foco da lente 3;

d_{12} : distância entre as lentes 1 e 2;

d_{23} : distância entre as lentes 2 e 3.

A Figura 4.8 traz outro arranjo das lupas para a confecção da ocular.

Figura 4.8 Variação de esquema para arranjo de lupas.²



1. Disponível em: <http://www.astronomyboy.com/eyepieces/ep_calc.shtml>. Acesso em: 25 jul. 2012.

2. Idem.

A lente ocular também pode ser confeccionada com o uso de bolinhas de gude como molde para a lente. O processo é realizado através dos seguintes passos:

1. Cortam-se dois planos da bolinha de gude.
2. O vidro é colado em tais planos.
3. O conjunto é esmerilhado em um torno, para que o vidro tome o formato da bolinha.
4. O conjunto é polido com óxido de ferro.
5. Os pedaços de vidro são descolados.
6. As bordas das lentes são lixadas, para ficar no formato circular.

A Figura 4.9 mostra os vidros já colados na bolinha de gude e, à direita, o conjunto sendo esmerilhado no torno. Entretanto, o método exige um pouco mais de prática do construtor de lunetas, sendo a iniciativa anterior mais recomendada, de início.

Figura 4.9 Obtenção da ocular utilizando bolinhas de gude.



4.7. PREPARAÇÃO DOS TUBOS

Eles devem ser cortados com as medidas adequadas para a construção do corpo da luneta e da ocular. Todos os tubos cortados precisam ter suas bordas lixadas, para a retirada de rebarbas.

Em seguida, cada tubo é lixado em sua parte externa, a fim de que se retire a sujeira e as marcas do fabricante, tornando a aparência da luneta melhor. Depois de lixados, os tubos são lavados e, na sequência, pintados com *spray* preto fosco em suas partes internas, em especial, daquele que formará o corpo da luneta. O procedimento é feito apenas para os brancos. A Figura 4.10 (itens a, b e c) mostra o corte dos tubos e suas etapas de preparação.

Figura 4.10 Corte, limpeza e preparação dos tubos de PVC, em (a), (b) e (c).



A Figura 4.11 ilustra os tubos de PVC utilizados e cortados nos respectivos tamanhos para uso na confecção da lente ocular.

Figura 4.11 Pedacos de tubo em PVC para instalação da lente ocular.



4.8. MONTAGEM

Os seguintes passos são seguidos para montar a luneta:

- I. Ajuste de foco: no tubo branco de 50 cm deve ser colada uma pequena tira de cano, evitando que a peça de ajuste do foco caia dentro do corpo da luneta, após a finalização da construção. O tubo de ajuste de foco deve ser colocado no maior tubo, de maneira que a pequena tira de cano aponte para o lado oposto ao do encaixe. Dentro do corpo da luneta deve ser colocado um tubo preto de 8 cm de comprimento, com uma arruela colada.
- II. O cano deve ser posto dentro do tubo, com a arruela virada para as oculares. Tal procedimento é realizado para diminuir a aberração cromática da objetiva. A lente objetiva deve ser colocada com a curva convexa da objetiva apontando para fora do corpo da luneta, com a parte plana para dentro do corpo da luneta.
- III. Posiciona-se a luva com cuidado para não apertar em demasia, pois a lente objetiva é fina e pode trincar.
- IV. A lente ocular é fixada na ponta do ajuste de foco, com o auxílio da fita isolante. A Figura 4.12 ilustra o corpo da luneta com objetiva e ocular, ambas acopladas.

Figura 4.12 Montagem da luneta.

4.9. ALINHAMENTO

O conjunto de lentes (objetiva e ocular) é disposto nos tubos de tal forma que fique alinhado, ou seja, os tubos devem permanecer em uma reta, para que a imagem formada pelo sistema não fique prejudicada. As lupas, por isso, são coladas com muito cuidado, para que fiquem perpendiculares ao tubo em que são encaixadas. Com a lente objetiva é preciso o mesmo cuidado e, caso fique desalinhada, basta retirar a luva do tubo e colocar a objetiva outra vez.

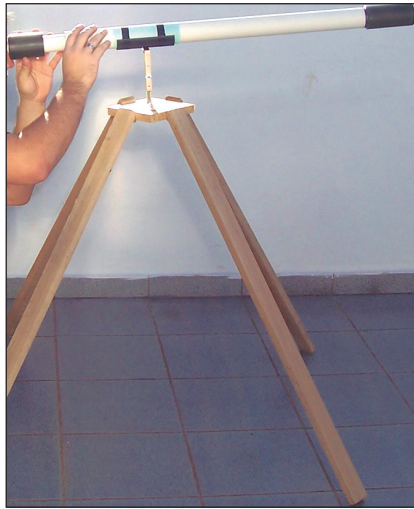
No processo de alinhamento, é recomendável que se defina um objeto distante, procurando focalizá-lo na ocular. Nessa etapa, o tubo de PVC é cortado no tamanho correto, considerando agora a ocular já colocada. Recomenda-se cortar o tubo aos poucos, para que não se perca o tamanho adequado da distância focal da lente objetiva. A Figura 4.13 ilustra o processo de alinhamento, indicando a medida do tubo que deve ser cortado.

Figura 4.13 Alinhamento e adequação do tubo da luneta.

4.10. OPÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DO TRIPÉ

Para utilização de uma luneta na prática observacional é mais adequado que seja acoplada a um tripé, pois segurar a luneta por muito tempo traz desconforto e o objeto observado sai do campo de visão, de costume, com o tremor dos braços. Para construtores iniciantes, diversos tripés de construção simples podem ser obtidos, embora o apoio em qualquer outro objeto permita estabilidade e o mínimo conforto. Um modelo simples de tripé é indicado na Figura 4.14.

Figura 4.14 Tripé simples, construído com madeira.



Tripé feito com tubo de PVC

A montagem do tripé com tubos de PVC é mostrada na Figura 4.16 (item a) e os materiais necessários são: tubo de PVC com 1 m de comprimento, base de madeira, dois cotovelos com o diâmetro do tubo de PVC.

Tripé feito com madeira

O tripé simples, obtido com pedaços de madeira, está ilustrado na Figura 4.16 (item b). São necessários três pedaços de madeira de dimensões 1 x 4 x 40 cm, uma viga de madeira de 5 x 5 x 30 cm, um cubo de madeira, com lado 5 cm.

Dois pedaços devem ser colados em um ângulo de 90°. Entre estes se cola a viga de madeira, fazendo-se um corte na diagonal de forma a encaixar o último pedaço de madeira que está colado ao cubo, conforme a figura.

Além dessas opções e de outras, obtidas na literatura, o construtor pode optar por um tripé mais detalhado, como o da Figura 4.15 (itens a e b), para o qual é necessário o uso de materiais simples, como pedaços de madeira, transferidores de 360°, cola, fita isolante, pregos e parafusos. A Figura 4.16 ilustra os componentes do tripé mostrado na Figura 4.15 (item a). A confecção de qualquer um dos modelos indicados depende da habilidade do construtor, havendo sempre a opção de adquirir um tripé comercial que pode encarecer o custo final.

Figura 4.15 Modelos de montagem de tripés para lunetas, em (a) e (b).

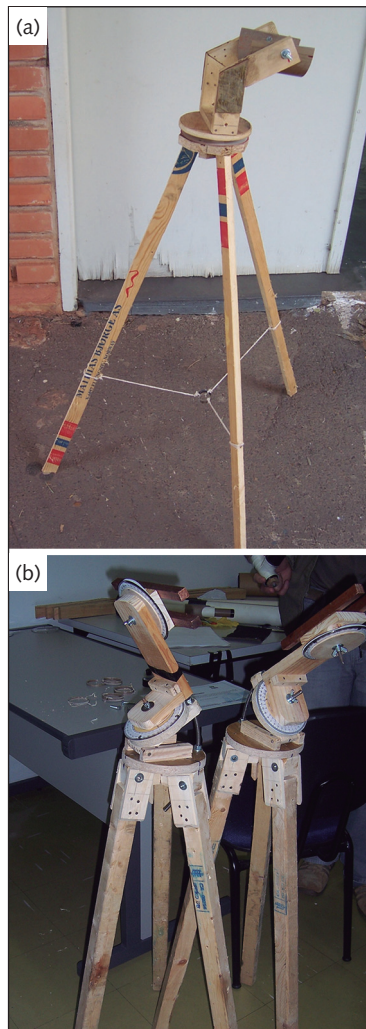
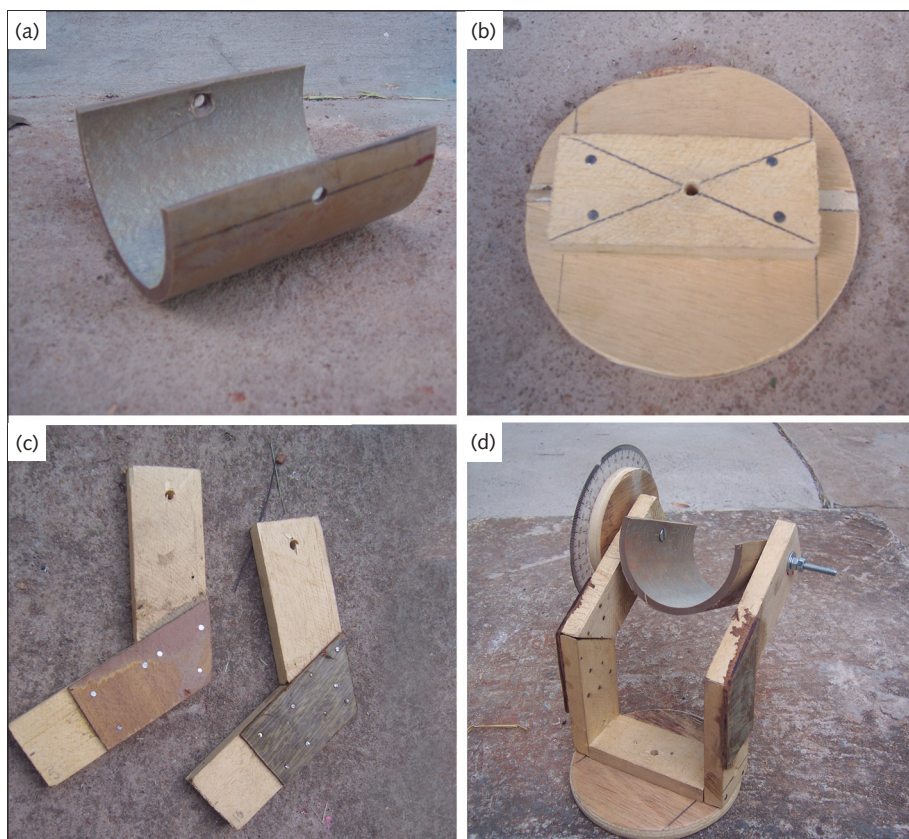


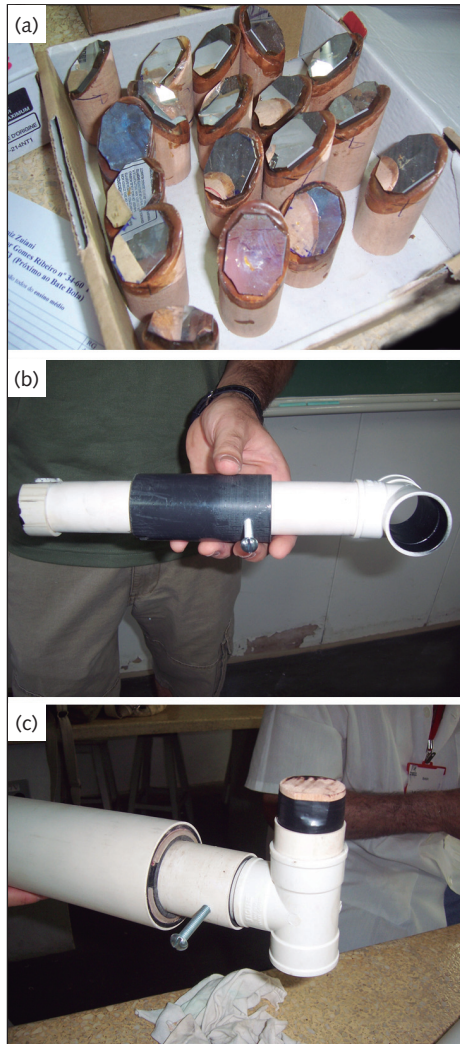
Figura 4.16 Componentes necessários para a montagem de um tripé, em (a), (b), (c) e (d).

4.11. OPCIONAL: SUPORTE PARA INVERTER OCULAR E MIRA

Os acessórios descritos agora são opcionais e sua obtenção exige apenas habilidade e criatividade do construtor.

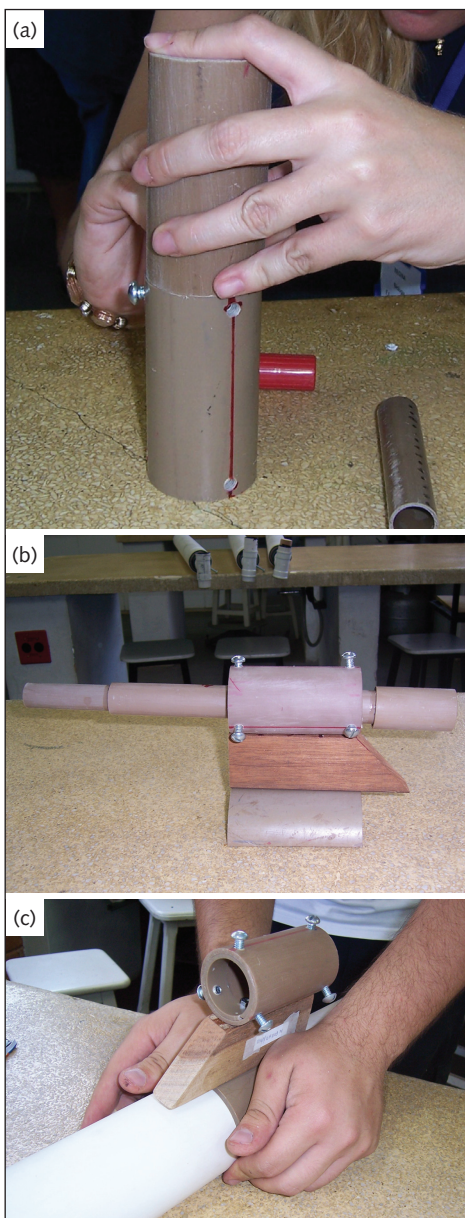
Por convenção, a ocular é disposta no mesmo eixo da objetiva, mas uma opção é colocá-la perpendicular ao eixo, permitindo uma observação mais confortável para o observador. A Figura 4.17 (itens a, b e c) mostra o espelho já no suporte de madeira, usando uma conexão em T de PVC para acoplá-lo (e à ocular) e o conjunto todo conectado ao corpo da luneta. Para detalhes, podem-se contatar estes autores.

Figura 4.17 Componentes para obtenção de um inversor de posição, em (a), (b) e (c).



Outro item que pode ser acoplado à luneta construída é uma buscadora, espécie de mira que auxilia na identificação dos objetos observados. Sua construção envolve habilidade, sendo necessários pedaços de tubos de PVC, pedaços de madeira, parafusos e cola para cano plástico. Tanto na execução quanto na utilização podem ser discutidos temas como o campo visual e a localização de objetos no céu. Os itens a, b e c da Figura 4.18 mostram o dispositivo e maiores detalhes para sua elaboração devem ser obtidos junto aos autores deste livro.

Figura 4.18 Montagem da buscadora de uma luneta, em (a), (b) e (c).



5

UTILIZANDO A LUNETAS CONSTRUÍDA

As características de observação de um instrumento óptico dependem, em sua essência, do diâmetro da objetiva. Essas características são as seguintes:

Aumento: o poder de ampliação da luneta, dado por:

$$A = \frac{F_T}{F_O} \quad (2)$$

Onde:

A : aumento (quantas vezes aumenta a imagem);

F_T : foco do espelho principal ou objetiva (em cm);

F_O : foco da ocular (em cm).

Luminosidade: em um local escuro, quantas vezes mais o aparelho consegue captar a luz do que o olho humano, dada por:

$$L = \frac{D^2}{0,36} \quad (3)$$

Onde:

D : diâmetro do espelho principal ou objetiva (em cm);

L : luminosidade que a luneta capta.

Magnitude-limite: magnitude da estrela menos luminosa que o aparelho consegue captar, dada por:

$$M = 5 \cdot \log(r) + 7,5 \quad (4)$$

Onde:

M : magnitude-limite;

r : raio da objetiva – metade do diâmetro (em cm).

Poder separador: capacidade que a luneta possui para separar pontos luminosos (por exemplo, estrelas duplas), dado por:

$$P_s = \frac{24''}{D} \quad (5)$$

Onde:

P_s : poder separador do instrumento (");

D : diâmetro do espelho principal ou lente objetiva (em cm).

Com o valor do diâmetro da objetiva obtêm-se as características de uma luneta construída artesanalmente, conforme apresentadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Características de observação da luneta.

Característica	Valor
Aumento	40 vezes
Luminosidade	70
Magnitude-limite	9,5
Poder separador	4,8"

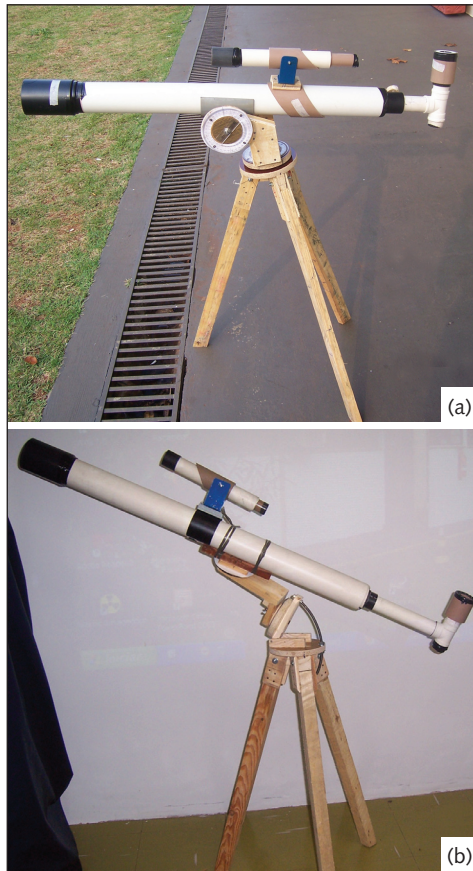
Desta forma com a luneta é possível observar:

- Planetas;
- Lua;
- Ocultações de planetas ou estrelas pela Lua;
- Aglomerados de estrelas;
- Nebulosas;
- Eclipses.

A Figura 5.1 (itens a e b) mostra duas das lunetas construídas nas oficinas já realizadas¹ e que também devem ser obtidas na disciplina Astronomia para os alunos de licenciatura em Física.

1. IACHEL, G. et al., 2009.

Figura 5.1 Lunetas astronômicas construídas artesanalmente, em (a) e (b).



BIBLIOGRAFIA

ABDALLA, M. C. & VILLELA NETO, T. *Novas janelas para o Universo*. São Paulo: Unesp, 2005.

BARTHEM, R. *Temas atuais de Física: A Luz*. São Paulo: Livraria da Física; Sociedade Brasileira de Física, 2005.

BOCZKO, R. *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.

CANALLE, J. B. C. A luneta com lente de óculos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 11, n. 3, p. 212-20, 1994.

_____. Simplificando a luneta com lente de óculos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p. 121-30, 2005.

CANALLE, J. B. G. O Sistema Solar numa apresentação teatral. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 11, n. 1, p. 27-32, 1994.

CANIATO, R. *O que é Astronomia*. São Paulo: Brasiliense, 1994.

Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/coord.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/esf.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node2.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc93/index.html#r000>>. Acesso: em 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/refracao.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <http://observatoriophoenix.astrodatabase.net/n_telesc/24_N01.htm>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://sites.google.com/site/proflanghi/astrofotografia/astrofotografias>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/PlanetasEstrelas/>>. Acesso: em 25 jul. 2012.

Disponível em: <http://www.astronomyboy.com/eyepieces/ep_calc.shtml> Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://www.astroshop.com.br/iniciantes/binoculos.asp>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?media=rip&cod=_construindo_umabussola>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://www.heavensabove.com>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

Disponível em: <<http://www.uranometrianova.pro.br/circulares/circ0037.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

HORVATH, J. E. *O ABCD da Astronomia*. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

IACHEL, G. Evidenciando as órbitas das luas galileanas através da astrofotografia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, v. 8, p. 37-49, 2009.

IACHEL, G. et al. A construção e utilização de lunetas como incentivo ao ensino de Astronomia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, p. 4502-07, 2009.

KELLER, J. F.; GETTYS, W. E. & SKOVE, M. J. *Física*. v. 2. São Paulo: Makron Books, 1999.

LANGHI, R. Astronomia observacional para professores de ciências: uma introdução ao reconhecimento do céu noturno. *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Rio de Janeiro, 2005.

———. *Aprendendo a ler o céu*. Campo Grande/MS: UFMS, 2012.

MARTINS, J. B. *A Vitória de Galileu, a Luta contra o Obscurantismo*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

MOURÃO, R. R. F. *Manual do astrônomo*. 5. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

OLIVEIRA FILHO, K. S. & SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

RIDPATH, I. *Guia ilustrado de Astronomia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.

ROSVICK, J. An Interactive Demonstration of Solar and Lunar Eclipses. *Astronomy Education Review*, v. 7, n. 2, 2008.

SCHERMAN, J. & VIOLA, H. A. *Construcción de telescopios: manual del aficionado*. Buenos Aires: Asociación Argentina Amigos de la Astronomia, 1960.

Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

TEXERAU, J. *How to make a telescope*. Virginia: Wilmann-Bell, 1984.

TIPLER, P. A. & MOSCA, G. *Física*. 5. ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VERDET, J. P. *Uma história da Astronomia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1991.

As etapas de construção de uma luneta, utilizando método totalmente artesanal, são abordadas de forma aplicadas ao ensino de Física e Astronomia. O construtor habilidoso tem como resultado final um instrumento com qualidade óptica suficiente para iniciar a prática observacional do céu noturno. Além da construção da luneta, os conceitos básicos de Astronomia também são explorados, incentivando estudantes de qualquer nível de ensino a conhecer mais sobre essa ciência.

ROSA MARIA FERNANDES SCALVI é Licenciada em Física pela Universidade de Bauru/UNESP, mestre em Física Aplicada pela Universidade de São Paulo/USP -IFSC e doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo /USP-IFSC. É professora assistente doutora do Departamento de Física e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais da Faculdade de Ciências/UNESP/Bauru, com experiência na área de Física da Matéria Condensada, com ênfase em Propriedades elétricas e ópticas de minerais. Atua também na área de ensino de astronomia, coordenando o Observatório Didático de Astronomia no Câmpus da UNESP-Bauru.

GUSTAVO IACHEL é licenciado em Física e mestre em Ensino de Ciências pela Faculdade de Ciências/UNESP/Bauru e, atualmente, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, FC/UNESP/Bauru. Tem experiência na área de Ensino de Ciências, com ênfase em Astronomia, atuando principalmente nos seguintes temas: formação de professores, construção de telescópios. É professor efetivo do Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina-UEL.

MARCELO GOMES BACHA é licenciado em Física e mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Faculdade de Ciência/UNESP/Bauru. Atualmente é doutorando do Programa Interunidades de Ciência e Engenharia de Materiais da Escola de Engenharia de São Carlos/USP/São Carlos.

ANDERSON ALEXANDRE ANDRIATTO é licenciado em Física pela Faculdade de Ciências/UNESP/Bauru. Atualmente desenvolve trabalhos autônomos na elaboração de lunetas e telescópios, colaborando também como voluntário no Observatório Didático de Astronomia da UNESP/Bauru.

ISBN 978-85-7983-270-3



978 85 79 83 27 03