

Guia de estudos “Astrofísica Estelar para o Ensino Médio”

Capítulo 3 – Conhecendo o céu noturno

3.1 Introdução: a poluição luminosa e o céu

Nos dias de hoje, o crescimento desordenado das grandes cidades tem provocado em todo o mundo um aumento desenfreado não só da poluição atmosférica, como também da poluição luminosa (PL). A primeira, mais conhecida, é causada por gases tóxicos e por partículas sólidas (resíduos da queima de combustíveis fósseis), que são lançados de forma descontrolada na atmosfera. A segunda, muitas vezes ignorada, é, na maior parte dos casos, resultante da iluminação artificial mal projetada ou excessiva, com enorme desperdício de energia e sérios prejuízos ao meio ambiente. As consequências mais nocivas da poluição ambiental, como um todo, são notórias: o aquecimento global, a degradação do clima, o aumento das doenças respiratórias e cardiovasculares, a devastação dos recursos naturais e a escassez de alimentos. A saúde e a qualidade de vida de milhões de pessoas estão sendo prejudicadas em todo o planeta.

Por outro lado, os efeitos da poluição luminosa ainda permanecem relativamente despercebidos. No entanto, além das perdas ambientais e econômicas, a PL é a maior responsável pela gradativa degradação da qualidade do céu noturno, que por milênios foi objeto de admiração e deslumbramento de todos os povos e culturas. Com o ofuscamento de nossa visão das estrelas, perde-se também o conhecimento do céu – e, com ele, também a percepção de nosso lugar no Universo que nos envolve¹.

Quantas estrelas conseguimos ver à noite? Estimativas recentes (SCHAAF, 2012) revelam que o número de estrelas visíveis a olho nu *em uma localidade com céu perfeitamente escuro, livre da poluição luminosa e sem Lua no céu* está em torno de 4.900 estrelas. Porém, quando considerada a poluição luminosa típica de uma grande cidade, esse número cai para algo em torno de 150 estrelas apenas². Em outras palavras, perde-se 97% das estrelas que poderiam ser vistas em um céu escuro. Não admira que, segundo as estatísticas mais recentes disponíveis, a Via Láctea, cuja visão tem fascinado a humanidade desde os tempos mais remotos, seja hoje invisível para nada menos que um terço da população total do planeta. Já no Brasil, as mesmas

¹ Algumas atividades e sugestões para aqueles (em especial, professores) que quiserem contribuir com ações efetivas para a conscientização do problema da PL junto ao público, bem como medidas simples para combatê-la, podem ser vistas no item 3.6 deste capítulo.

² Esse tipo de estatística não representa o número de estrelas visíveis *em uma única noite*, mas sim o *total de estrelas visíveis durante o ano* (devido à translação da Terra em torno do Sol, uma fração dessas estrelas não pode ser vista em cada noite pelo efeito da conjunção solar – ou seja, por sua proximidade aparente do Sol durante o dia). O número de estrelas *visíveis em uma única noite* é aproximadamente metade daquele total, em média. Porém, a proporção de 97% permanece a mesma.

estatísticas demonstram que 63% de nossa população vivem em locais afetados pela poluição luminosa (FALCHI et al., 2016). Esse, lamentavelmente, é o efeito da poluição luminosa sobre a nossa percepção do firmamento.

A consequência de tudo isso sobre nossa familiaridade com o céu estrelado é evidente: não mais que algumas décadas atrás, era bastante frequente encontrarmos – mesmo em nossas grandes cidades – pessoas que sabiam localizar facilmente algumas constelações marcantes no céu, como o Cruzeiro do Sul ou o Escorpião; ou então alguns asterismos³ famosos como as “Três Marias” (*Mintaka, Alnilam e Alnitak, as estrelas que formam o cinto do gigante caçador Orion, a constelação típica das nossas noites de verão*). Nos dias atuais isso é cada vez mais raro, com exceção dos locais mais recônditos, em que o céu ainda é escuro e a poluição luminosa ainda é insignificante. Tendo em vista essa possibilidade, iniciaremos este capítulo partindo da premissa de que o leitor tenha pouca familiaridade com o aspecto do céu noturno, com os sistemas de coordenadas celestes e a identificação dos objetos no céu. Caso isso não se aplique ao leitor, sugerimos que ele se dirija diretamente ao Capítulo 4.

3.2 Orientando-se no céu noturno

Em qualquer circunstância, o primeiro passo para orientar-se corretamente no céu é identificar os pontos cardeais no seu local de observação. Caso eles não sejam previamente conhecidos, uma primeira forma de determiná-los (*aproximadamente*) é identificar a região em que o Sol se põe no horizonte. Essa será, *grosseiramente*, a direção oeste⁴. Feito isso, coloque seu corpo na “posição do Cristo Redentor” (de pé, com seus braços abertos em cruz), de tal forma que o seu braço esquerdo aponte para a região oeste. Nessa posição, seu braço direito estará apontando para leste, à sua frente estará o norte e atrás de você estará o sul. O ponto do céu diretamente acima da sua cabeça é chamado de *zênite*, e a linha imaginária no céu que une as direções norte e sul, passando pelo zênite, de *meridiano celeste* (ou *meridiano celeste local*).

Embora aproximada, essa primeira orientação será suficiente para iniciarmos. Para determinar os pontos cardeais com precisão posteriormente, podemos optar por um dos métodos a seguir:

³ Dá-se o nome de “asterismos” a quaisquer grupos de estrelas que formem figuras imaginárias facilmente reconhecíveis no céu noturno. Eles podem ser parte de uma das 88 constelações oficializadas pela União Astronômica Internacional, ou não.

⁴ É importante notar que, quando dizemos “grosseiramente a direção oeste”, isso não é a mesma coisa que “o ponto cardeal Oeste”. Ao contrário do que se lê em alguns livros didáticos, o Sol **não** se põe exatamente no ponto cardeal Oeste em todos os dias do ano. A rigor, essa situação ocorre apenas nos dias dos equinócios de primavera e outono. Em todos os demais dias, podemos dizer que o Sol se põe “do lado oeste”, mas *não precisamente no ponto cardeal Oeste*.

- *Método 1: Sombras projetadas por um gnômon:* O gnômon é provavelmente o mais antigo instrumento astronômico de que se tem notícia; ele consiste simplesmente de uma haste ou vara fincada no chão, na vertical. Observando a sombra projetada por um gnômon ao longo de um dia, os astrônomos antigos notaram que ela era muito longa ao amanhecer e ao fim da tarde; e que o momento em que ela era mais curta era exatamente o meio-dia no horário solar. A direção da sombra do gnômon nesse preciso momento define com exatidão a linha Norte-Sul (ou seja, também o meridiano local).

Com um experimento prático (ver Figura 3.1), você pode fazer essa determinação em qualquer local ao ar livre durante um dia ensolarado. Com um giz na ponta de um barbante, trace uma circunferência tendo como centro a base do seu gnômon (lembre-se, *ele deve estar bem na vertical*). Marque os pontos em que a sombra do gnômon cruza exatamente a circunferência (uma dessas marcas será feita durante a manhã e a outra, à tarde). A reta que une essas duas marcas indica a linha Leste-Oeste (E-O). A linha perpendicular a ela indica a linha Norte-Sul (N-S).

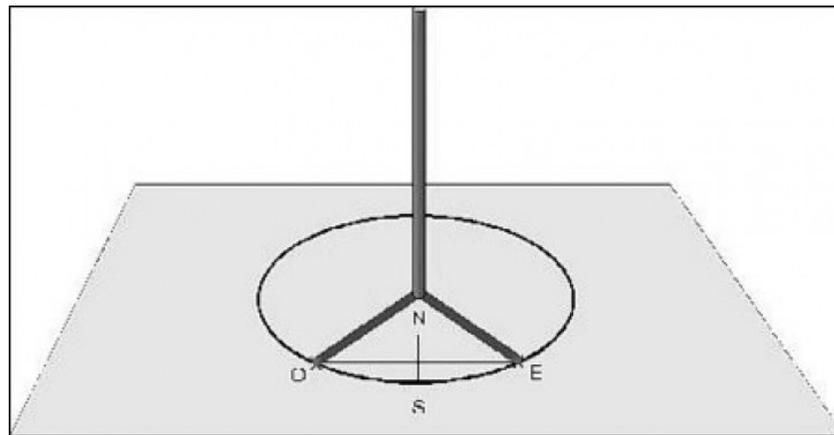


Figura 3.1 – Experimento para determinar os pontos cardeais com precisão usando um gnômon. (Crédito: Creative Commons – CC BY 3.0 – Pontos Cardeais – Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro.)

- *Método 2: Uso de bússola:* as bússolas tradicionais, também usadas para orientação e navegação há séculos, são dispositivos simples dotados de uma agulha magnetizada que permite indicar a direção do Norte-Sul magnético. Nos dias de hoje, uma variante mais comum é o uso das “bússolas digitais”, que usam os magnetômetros (sensores de campo magnético) existentes no interior de quase todos os *smartphones* modernos para atuarem da mesma forma que uma bússola tradicional (naturalmente, através de aplicativos ou softwares adequados). Tanto em um caso como em outro, é importante verificar que não haja a interferência de campos magnéticos espúrios nas proximidades do dispositivo e, se necessário, calibrá-lo antes da medida. Por fim, cabe lembrar que a direção Norte-Sul indicada pelas agulhas das bússolas tradicionais é a magnética e não a verdadeira (geográfica); assim, para encontrar a direção geográfica, é necessário fazer a

correção por um fator chamado *declinação magnética*, (o ângulo entre o Norte magnético e o Norte verdadeiro), cujo valor varia no tempo e depende de cada local da superfície terrestre⁵. No caso das bússolas dos *smartphones*, a maior parte dos aplicativos já permite ao usuário optar entre mostrar o Norte magnético ou o verdadeiro (o ajuste da declinação magnética nesse caso é calculado usando o próprio GPS do aparelho)⁶.

Existem ainda outras formas (menos precisas, porém tradicionais) de determinar os pontos cardeais, entre elas a famosa regra de encontrar o polo sul celeste pelo prolongamento do braço maior (ou “corpo”) do Cruzeiro do Sul por uma distância de 4,5 vezes a partir do pé da cruz. Um bom sumário desses métodos pode ser visto em SCHIEL, D.; OLIVEIRA, H.J.; HONEL, J. (2000).

Além da determinação dos pontos cardeais, é essencial o conhecimento das coordenadas geográficas (latitude, longitude) e, se possível, a altura do local de observação. Até poucos anos atrás, isso implicava a consulta a mapas urbanos ou rodoviários; hoje, essa é uma informação facilmente disponível a qualquer momento em computadores, *laptops*, *tablets* e *smartphones*, através de softwares do tipo *Google Maps* ou semelhantes.

3.3 Movimento aparente da esfera celeste

Como vimos no Capítulo 1, devido às imensas distâncias em que as estrelas se encontram, não conseguimos ter uma percepção tridimensional do céu noturno: ao contrário, as estrelas aparentam estar “projetadas” em uma imensa superfície esférica (mais ou menos a mesma impressão que temos quando assistimos a uma sessão de planetário). Essa esfera imaginária, centrada no observador, é denominada *esfera celeste*. Ela é uma abstração, é claro – mas é bastante útil para entendermos os movimentos aparentes dos astros.

Se nos detivermos por algumas horas observando o céu estrelado, perceberemos que o seu aspecto vai mudando no decorrer do tempo: enquanto algumas estrelas se põem no horizonte oeste, outras vão nascendo a leste. Exatamente como ocorre com o Sol durante o dia, e também com a Lua e os planetas durante a noite. Esse movimento de leste para oeste é chamado *movimento aparente (ou diurno) da esfera celeste*, e é causado simplesmente pela rotação da Terra em torno do seu eixo no sentido oposto.

⁵ O valor da declinação magnética para cada momento e cada ponto da superfície terrestre pode ser obtido *online* na internet pelo website da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), disponível em <<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>>. Acesso em: 16 de abril de 2017.

⁶ Uma série de aplicativos para converter o seu *smartphone* em bússola pode ser obtida gratuitamente no site <<https://play.google.com/store?hl=pt-BR>> (para o sistema operacional Android) ou então em <<https://itunes.apple.com/br/genre/ios/id36?mt=8>> (para IOS). Acessos em: 16 de abril de 2017.

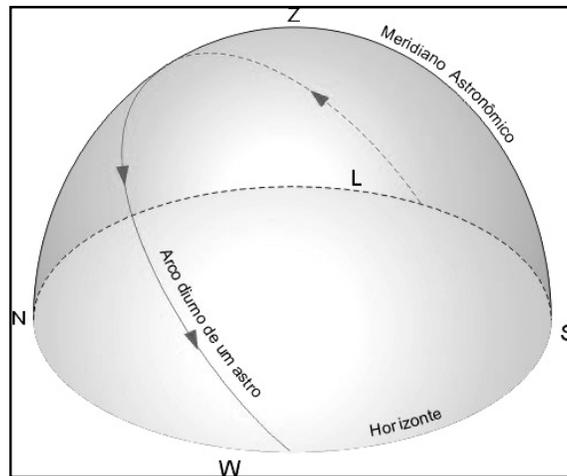


Figura 3.2 – Movimento diurno de um astro na esfera celeste. (Crédito: Santiago, UFRGS, 2005.)

A Terra leva 23h56m04s para efetuar uma rotação em torno de si mesma, em relação às estrelas. Esse período de tempo é denominado *dia sideral*. Dito de outra forma, o dia sideral é precisamente o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas de uma estrela qualquer pelo mesmo ponto do céu (em particular, pelo meridiano celeste local). Note que isso é diferente do *dia solar*, que é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas *do Sol* pelo meridiano celeste. A causa desses quase quatro minutos de diferença é o movimento de *translação da Terra em torno do Sol*, que é, em média, de aproximadamente um grau por dia (ou, mais precisamente, $0,986^\circ/\text{dia}$).

Sabemos portanto que um dia sideral é aproximadamente 4 minutos mais curto do que um dia solar médio (civil, no qual baseamos nosso calendário). Ora, mas isso significa que essa diferença, em uma base acumulada, é o mesmo que:

- 60 min (1 hora) após 15 dias civis
- 120 min (2 horas) após 30 dias civis
- 180 min (3 horas) após 45 dias civis
- 240 min (4 horas) após 60 dias civis
-e assim por diante.

Uma consequência disso é que, para qualquer ano, o aspecto do céu que vemos, por exemplo, no dia 30 de março às 22h30m será semelhante:

- Ao aspecto do céu no dia 15 de abril às 21h30m
- Ao aspecto do céu no dia 30 de abril às 20h30m
- Ao aspecto do céu no dia 15 de maio às 19h30m
- Ao aspecto do céu no dia 30 de maio às 18h30m
-e assim por diante.

Essa equivalência será de grande valia no planejamento de nossas observações, como veremos nos capítulos seguintes.

3.4 Estrelas e constelações

Voltemos agora ao aspecto do firmamento. Ao observá-lo casualmente a olho nu, nossa primeira percepção provavelmente será que as estrelas não são todas iguais: tanto seus brilhos aparentes como suas cores são diferentes entre si. Nos próximos capítulos, veremos por que isso acontece e o que pode ser deduzido a partir dessas duas características. Mas há mais algo que nos chamará a atenção em seguida: muitas das estrelas parecem formar pequenos grupos entre si (como se fossem figuras no céu). A essas figuras imaginárias denominamos *constelações*.

Ao longo dos séculos, diferentes povos e culturas procuraram representar no céu seus heróis, suas criaturas mitológicas, ou até mesmo objetos e animais do seu dia a dia. Foi dessa forma que cada cultura imaginou suas próprias constelações no céu: por exemplo, as mesmas estrelas que para os gregos antigos formavam as constelações de Orion (*o mítico gigante caçador, filho de Poseidon e Euryale*) e do Touro (*o touro branco em que Zeus se metamorfoseou para seduzir e raptar a bela Europa, filha do rei da Fenícia*), para a imaginação dos egípcios delineavam a constelação de Osíris, o deus da luz. Já para os habitantes das Ilhas Marshall (situadas na região da Micronésia, no Oceano Pacífico), delimitavam a figura de um polvo. Para os índios chimus, no Peru, um criminoso prestes a ser devorado por quatro abutres. Para os maoris da Nova Zelândia, a canoa de Tamarateti, o mítico ancestral do povo maori. Para os chineses, a figura de Tsan, o supremo comandante, defensor das aldeias agrícolas... e assim por diante (STAAL, 1988). A lista seria quase infindável, incluindo nossos indígenas tupis-guaranis, que ali viam a constelação do Homem Velho: um homem casado com uma mulher muito mais jovem, que acaba por matá-lo para ficar com o cunhado (AFONSO, 2006).

Modernamente, existem 88 diferentes constelações, conforme aprovado oficialmente em 1928 pela União Astronômica Internacional (no Apêndice A deste capítulo estão listados os seus nomes e abreviações). A maior parte delas teve origem na mitologia greco-romana, incluindo as 48 constelações relacionadas por Ptolomeu na sua famosa obra *Almagesto*, por volta de 150 d.C. As constelações restantes foram introduzidas na época das grandes navegações, sendo catalogadas por astrônomos dos séculos XVII e XVIII, principalmente Johannes Bayer (em 1604), Johannes Hevelius (em 1690) e Nicolas-Louis de Lacaille (em 1763). As conhecidas constelações do Zodíaco (a faixa do céu que os planetas, Lua e Sol percorrem durante o ano) fazem parte do primeiro grupo.

Convém lembrar que a associação entre as estrelas de uma constelação qualquer é apenas *aparente*. Não existe nenhuma relação, por exemplo, entre as distâncias a que se encontram as estrelas individuais de quaisquer constelações: se as vemos próximas, é apenas por um efeito de perspectiva. Por exemplo, duas estrelas podem ser vistas lado a lado no céu – mas na realidade uma delas pode estar apenas a poucos anos-luz

de distância, enquanto que a outra se encontra a milhares de anos-luz de nós. Como não temos uma percepção “tridimensional” do firmamento, nada podemos afirmar a esse respeito pela simples observação das constelações. Porém, se nos lembrarmos das imensas distâncias às quais as estrelas se situam, podemos entender por que o formato das constelações não muda significativamente no decorrer de anos, décadas ou mesmo alguns séculos. Por esse motivo é que na Antiguidade as estrelas eram referidas, de forma geral, como “estrelas fixas” – ao contrário dos planetas, que se movem por entre as estrelas de maneira facilmente perceptível no decorrer de dias, ou meses, ou poucos anos apenas. O nome “planeta”, por sinal, é de origem grega e significa “astro errante” – ou seja, aquele que se movimentava. Hoje sabemos que cada estrela possui um movimento próprio – porém só é possível detectá-lo ao longo de muito tempo e com o uso de instrumentos (astrométricos) extremamente precisos.

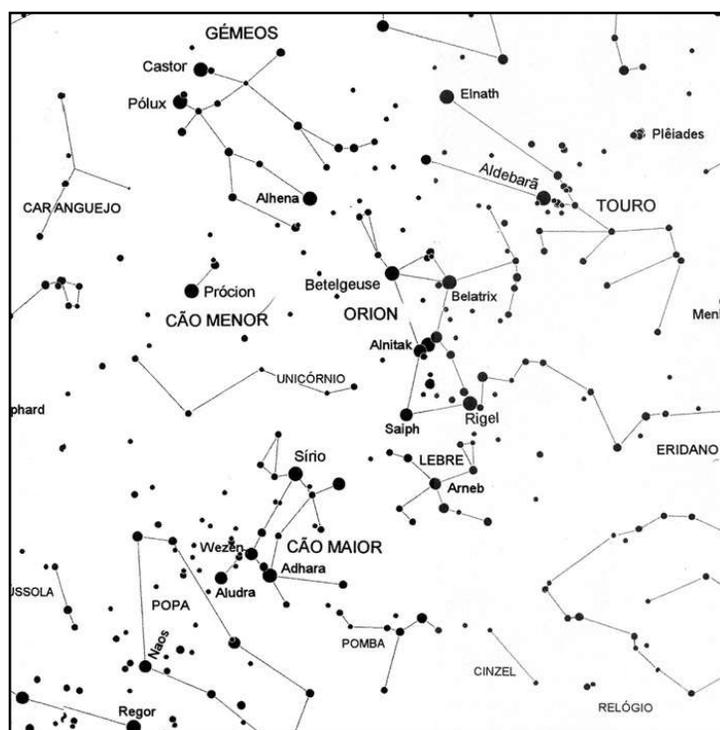


Figura 3.3 – Algumas constelações típicas do céu de verão no Hemisfério Sul. Ao centro, Orion, o gigante caçador. A norte dele, vemos o Touro e os Gêmeos. Ao sul, a Lebre e o Cão Maior. (Crédito: G. Almeida.)

Se não nos é possível perceber mudanças no formato das constelações, por outro lado é fácil notar que as constelações que podemos ver em cada estação do ano são diferentes. Isso se deve, é claro, ao movimento de translação da Terra em torno do Sol. Por exemplo, as figuras 3.3 e 3.4 mostram algumas das constelações típicas de nossos céus austrais, respectivamente no meio de verão (31 de janeiro) e no meio do outono (30 de abril). A configuração corresponde, aproximadamente, ao céu por volta de 22:00 no horário local (desconsiderado o horário de verão) nessas datas. Note que,

neste exemplo, o intervalo de datas entre o aspecto das duas cartas no mesmo horário é de *três meses*; ora, se levarmos em conta a relação de equivalência descrita no item 3.3, esses três meses equivaleriam a *seis horas* de diferença. Em outras palavras, o aspecto do céu visto na Figura 3.4 *também pode ser visto no dia 31 de janeiro* – não mais às 22:00, é claro, mas *seis horas depois* – ou seja, por volta de quatro horas da madrugada do dia 1 de fevereiro.

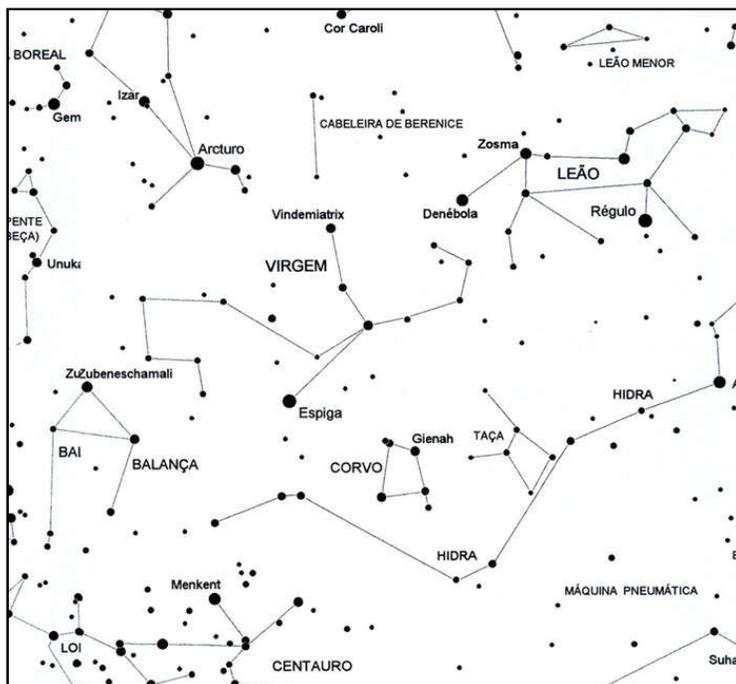


Figura 3.4 – Algumas constelações típicas do céu de outono no Hemisfério Sul. Na diagonal, três constelações zodiacais: Leão, Virgem e Balança. Ao sul, o Corvo e o Centauro. (Crédito: G. Almeida.)

A designação das estrelas de cada constelação geralmente segue a ordem dos seus brilhos aparentes, usando-se o alfabeto grego para indicá-las. A primeira letra grega, Alfa (α), é reservada para a mais brilhante; Beta (β) para a segunda; Gama (γ) para a terceira, e assim por diante. Após a letra grega, segue-se o nome da constelação ou sua abreviatura. Estas podem estar em português ou, se desejar, em latim, no genitivo. Por exemplo, Alfa do Centauro (ou Alfa Centauri) é a estrela mais brilhante da constelação do Centauro; Beta Centauri (ou Beta do Centauro), a seguinte, e assim por diante. Esse sistema foi originalmente proposto por Johannes Bayer em 1603, e usado em seu atlas celeste *Uranometria*. Quando o número de estrelas da constelação ultrapassa o número de letras do alfabeto grego, passa-se a usar o alfabeto latino e, depois, pares de letras latinas para designar as estrelas (LIMA NETO, 2017).

Embora o reconhecimento das constelações (ao menos as mais importantes) seja essencial para nos orientarmos no céu e principalmente como um passo inicial para

nos prepararmos para as etapas que veremos nos próximos capítulos, ele não é suficiente, para fins práticos, para a localização correta dos diferentes objetos celestes. Para isso, precisaremos definir sistemas de coordenadas universalmente aceitos. Esse será o objeto do próximo capítulo.

3.5 Cartas celestes

Após nos orientarmos inicialmente conforme os itens anteriores, necessitaremos agora de cartas ou mapas celestes para uma localização precisa das estrelas no céu. Existem várias alternativas para obtê-las: nos dias de hoje, a mais prática e de menor custo certamente é prepará-las pela internet através de websites ou softwares gratuitos, e *imprimir as cartas* para seu uso posterior. Não se recomenda o uso direto dos pequenos mapas de aplicativos de celular no momento da observação, nem olhar a tela do seu computador na mesma circunstância. A forma correta é sempre imprimir as cartas previamente e usá-las à noite, com o auxílio de uma lanterna vermelha. Um segundo método é preparar (ou adquirir) um planisfério celeste. Um terceiro, adquirir um atlas celeste de boa qualidade; existem vários disponíveis (mas, nesse caso, não gratuitamente).

Nos parágrafos a seguir e nas referências bibliográficas, detalharemos cada uma dessas opções. Porém, seja qual for a opção escolhida, é conveniente lembrar a posição correta para usar uma carta celeste no momento da sua observação (LANGHI, 2002): ela *não* deve ser colocada sobre uma mesa para sua leitura, mas sim posicionada sobre a sua cabeça, alinhando-se os pontos cardeais indicados na carta com aqueles que você determinou previamente segundo o item 3.2.

3.5.1 Obtenção das cartas pela internet

A maneira mais prática para o iniciante é preparar suas próprias cartas simples antes da observação a partir de um website específico na internet, o que também representará um aprendizado. Essa preparação pode ser feita pelo observador em qualquer um dos websites abaixo:

- Cartas Celestes: website desenvolvido pelo astrônomo Leandro Guedes (Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro):

<<http://cartascelestes.com/>>

- Heavens Above: website desenvolvido por Chris Peat (Heavens-Above GmbH, Alemanha):

<<http://www.heavens-above.com/>>

Qualquer que seja o website escolhido, o observador deverá inicialmente configurar a sua localização geográfica (ou digitando o nome de sua cidade, ou através das suas

coordenadas geográficas). Por exemplo, para o caso de São Paulo, SP, digitaríamos: Latitude -23.5505 graus, Longitude -46.6333 graus, altura 767 m. Configure a seguir o mapa que se abriu para a data e hora exatas em que você planeja iniciar a sua observação. Não esquecer de verificar se o horário digitado está sendo especificado como o seu horário local (por exemplo, a Hora Oficial de Brasília), ou se está em Tempo Universal (UT) ou ainda Tempo Universal Coordenado (UTC)⁷. Mude a aparência do mapa para “preto e branco” e ajuste as demais configurações de acordo com suas preferências. Imprima o mapa final e use-o na sua observação.

Um exemplo de mapa celeste (neste caso, obtido através do website Cartas Celestes) é visto na Figura 3.5.

Uma boa alternativa é a preparação das cartas através de um dos softwares gratuitos “tipo planetário”, que permitem essa facilidade. Sugerimos o uso dos softwares a seguir (ambos possuem versões em português):

- Cartes du Ciel (Star Charts), desenvolvido pelo engenheiro de computação e astrônomo amador Patrick Chevalley, de Genebra, Suíça. O software e os bancos de dados associados podem ser baixados em qualquer dos sites abaixo:

<<http://www.ap-i.net/skychart/fr/start>>

<<https://sourceforge.net/projects/skychart/>>

- Stellarium, desenvolvido pelo engenheiro e analista de sistemas francês Fabien Chéreau. O software e os bancos de dados associados podem ser baixados em:

<<http://www.stellarium.org/pt/>>

As recomendações para a configuração dos softwares são semelhantes às vistas no parágrafo acima para os mapas preparados em websites.

⁷ O horário oficial de Brasília é normalmente (UTC-3) horas e, durante o Horário Brasileiro de Verão, (UTC-2) horas nos estados brasileiros em que o HBV é usado. Para todas as nossas finalidades práticas, as siglas UTC (*Coordinated Universal Time*, ou Tempo Universal Coordenado) e UT (*Universal Time*, ou Tempo Universal) são consideradas equivalentes à tradicional *hora de Greenwich* (GMT).

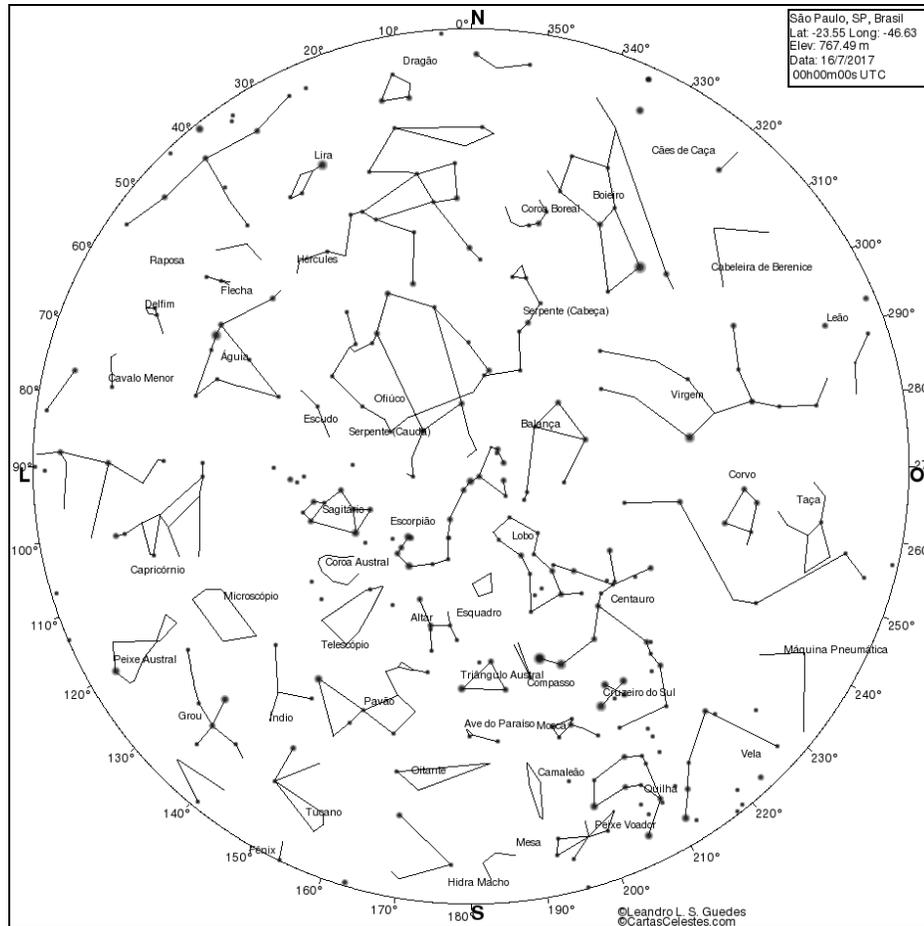


Figura 3.5 – Carta celeste que reproduz o céu na cidade de São Paulo, na data de 15 de julho de 2007, às 21:00 locais (ou 00:00 UTC do dia 16 de julho). O aspecto é típico das noites de inverno: a constelação do Escorpião está próxima ao zênite, com o Sagitário a leste dele. A sul-sudoeste são vistos o Lobo, o Centauro e o Cruzeiro do Sul. (Crédito: Leandro Guedes.)

3.5.2 Planisférios celestes

Na época pré-internet, essa era considerada a forma mais prática e simples de simular o aspecto do céu de um determinado local em qualquer época do ano. Trata-se de uma esfera celeste planificada, geralmente composta por duas peças: um mapa do céu inteiro, que é coberto por uma máscara que deixa à mostra apenas o céu visível na data e hora desejadas. Tem a vantagem de apresentar, em um único dispositivo, o céu local em qualquer instante; porém, tem a desvantagem de servir apenas para a latitude para a qual a peça foi projetada (ou em latitudes muito próximas desta). Os planisférios celestes não fornecem, evidentemente, as posições dos planetas, Lua e outros astros do Sistema Solar.



Figura 3.6 – Planisfério celeste projetado para a latitude 30° Sul. Notar os dois círculos graduados com os meses do ano de janeiro a dezembro e as horas entre 0h e 24h. Ajustando-os para a data e a hora da observação, tem-se uma boa reprodução do aspecto do céu local (Crédito: M.F. Saraiva, UFRGS.)

Até fins do século XX, era relativamente comum encontrarmos planisférios celestes prontos à venda em livrarias ou em planetários. Com o advento da internet e das cartas dos websites, esse mercado parece ter se estreitado; hoje é raro encontrá-los, a não ser em alguns websites de grandes lojas virtuais internacionais. A solução tem sido construir o próprio planisfério celeste, o que não é difícil para as pessoas que possuem habilidade manual. Duas alternativas para tanto são as seguintes:

- Planetário celeste da UFRGS (Maria de Fátima Saraiva et al.): Contém os arquivos para impressão e montagem de planisférios celestes para as latitudes de 10°, 20° e 30° Sul, bem como instruções para montagem e uso dos mesmos. Disponível em (acesso em 19 de abril de 2017):

<<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/planisferio/celeste/planisferio.html>>

- Planetário da OBA – Olimpíada Brasileira de Astronomia (Barroso Junior, J., et al.): Projetado para a latitude 23,5° Sul. Arquivos de impressão e instruções para montagem e uso do dispositivo em (acesso em 19 de abril de 2017):

<<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/planisferio-celeste-rotativo/446>>

3.5.3 Atlas celestes

Desde o lançamento dos populares softwares “tipo planetário”, há aqueles que consideram os atlas estelares impressos como algo caro, pesado e obsoleto. Não compartilhamos dessa opinião: a nosso ver, estamos falando de duas coisas complementares. De início, devemos considerar que aqui não estamos mais na mesma categoria das cartas celestes simples ou planisférios mencionados nos itens anteriores, que servem apenas para o reconhecimento das constelações a olho nu. Agora estamos tratando de cartas celestes para uso nas observações com pequenos instrumentos (como binóculos ou telescópios). Para essa finalidade, as duas opções são o uso de atlas impressos ou então imprimir cartas preparadas previamente nos softwares mencionados.

Nesse particular, os softwares sem dúvida ganham em funcionalidade, mas seu uso tem uma limitação: nenhum observador experiente tentaria visualizar um objeto difuso e tênue (como uma galáxia) logo após olhar para *qualquer* tipo de tela, seja ela de um *laptop*, *tablet* ou *smartphone* (mesmo com o recurso *night vision* que todos os aplicativos possuem). Não importa qual o dispositivo usado: a adaptação dos olhos ao escuro (e a visão do objeto) será sempre prejudicada. O ideal é dispor de ambos os recursos: é claro que todos sempre usaremos os softwares astronômicos, e esse é um caminho sem volta. Porém, em determinadas circunstâncias, ter em mãos um atlas celeste (ainda que simples) é essencial.

No Apêndice B deste capítulo estão relacionadas algumas sugestões de bons atlas celestes impressos. Uma análise comparativa e detalhada desses (e de outros) atlas celestes pode ser vista em BAKICH, 2014.

Além dos softwares tipo planetário, nos últimos anos surgiram alguns websites que disponibilizam, em arquivos PDF, cartas celestes prontas e bastante detalhadas, algumas das quais se aproximam dos atlas impressos. Elas têm a grande vantagem de poder ser baixadas gratuitamente – e depois impressas para, assim como os softwares, ser usadas com auxílio de uma luz vermelha, evitando a perda da adaptação dos olhos ao escuro. O observador poderá montar assim o seu próprio atlas celeste completo, com custo limitado ao da própria impressão. Essa é uma opção para os observadores mais avançados, que já estejam bem familiarizados com o céu a olho nu. Dois desses sites são relacionados também no Apêndice B deste capítulo.

3.6 Atividades sugeridas (para professores)

- No site da International Dark-Sky Association (IDA) está disponível um excelente vídeo denominado *Losing the dark*, que demonstra os efeitos danosos da poluição luminosa. Sua duração é de 6,5 minutos, e ele pode ser baixado em diversos formatos, com narração em português. Escolha o formato que mais se adapta ao ambiente de sua sala de aula e projete-o para os alunos. Em seguida, conduza uma discussão com eles, com ênfase nas ações que podemos tomar individualmente para reduzir esse sério problema. Se houver tempo, faça um pequeno concurso de ideias entre os seus alunos, para que eles apresentem suas sugestões, e incentive as que forem consideradas melhores (através de um prêmio ou o que você considerar mais adequado).

O vídeo da IDA pode ser obtido em:

<https://www.lochnessproductions.com/shows/ida/ltd_flatscreen.html>

- Durante o Ano Internacional da Astronomia, em 2009, propusemos um projeto de observação chamado “A Maratona da Via Láctea”, que visava medir o grau de poluição luminosa em diversas cidades brasileiras, com o objetivo de conscientizar a população para esse grave problema. O experimento (cujas condições ideais para realização se dão entre os meses de junho a setembro) consiste na avaliação do número de estrelas da constelação do Escorpião visíveis do local da observação, através de uma simples comparação com mapas padronizados. Com esse teste simples, pode-se avaliar um índice da poluição luminosa local, que tecnicamente chamamos de “magnitude limite”, mas que procuramos exprimir de forma mais acessível como uma pergunta: “Que nota, entre zero e sete, você daria ao céu da sua cidade?”⁸. A versão original (completa) do experimento, desenvolvida em 2009, está em:

<<http://www.darkskiesawareness.org/files/Maratona%20da%20Via%20Lactea.pdf>>

No entanto, esse experimento pode ser realizado em qualquer ano, a olho nu e sem nenhum equipamento especial. Uma versão simplificada da “Maratona da Via Láctea” continua disponível na Web, no site abaixo, mantido pela UNESP:

<<https://sites.google.com/site/maratonavialactea/>>

Sugerimos ao professor ler as duas versões e propor aos alunos que façam o experimento em suas casas à noite, com base na versão simplificada. Eles devem responder ao questionário nela proposto e trazer uma cópia com suas respostas para que se possa fazer, em sala, uma amostragem estatística das medições dos alunos. A média delas indicará o grau de PL do céu da cidade. Note que os mapas-padrão para realização do experimento são exatamente os mesmos nas duas versões.

⁸ Como a escala de magnitudes é por definição uma escala inversa, um céu muito poluído (poucas estrelas visíveis) significa um valor baixo da magnitude-limite, e portanto uma “nota” baixa para o céu.

- Reúna seus alunos em algum local de sua escola em que a luz solar incida durante o dia (um pátio ou quadra de esportes, por exemplo). Inicialmente prepare com eles um gnômon (pode ser uma haste ou vara fincada no chão bem na vertical). Usando o roteiro visto no Método 1 do item 3.2, use-o agora para determinar os pontos cardeais no local que você escolheu. Em seguida, peça para os alunos marcarem com uma fita crepe a direção do meridiano Norte-Sul e a linha Leste-Oeste no local.
- Divida os alunos em grupos de no máximo 5 alunos cada. Mostre a eles (ou peça para eles assistirem em casa) o vídeo *Relógio solar*, do Prof. João Batista Canalle, que está disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5Muv7Sr1wMc>>. A seguir, peça aos grupos que construam em casa um relógio de sol a partir das instruções nele contidas. Feito isso, leve os alunos ao local em que você realizou o experimento anterior e, aproveitando a marcação dos pontos cardeais que eles fizeram com a fita crepe, peça a cada grupo para determinar o horário solar usando os relógios que construíram.
- Usando um dos websites recomendados no item 3.5.1 (Cartas Celestes ou Heavens Above) construa em sala, junto com os alunos, um mapa que represente o céu de sua cidade, configurado para a noite em que você planeja a observação, às 20:00 no horário local. Mostre a eles a forma correta de usar a carta e destaque as principais constelações visíveis nessa data e hora. Nessa primeira abordagem, esse mapa deve estar configurado com os nomes e as linhas das constelações habilitadas. Imprima a seguir (ou peça para os alunos imprimirem em casa) o mesmo mapa, com as estrelas em negro sobre fundo branco, mantendo as linhas das constelações, mas com os seus nomes *desabilitados*. Peça a eles para realizarem a observação à noite em suas casas (geralmente esse trabalho é mais prazeroso quando feito em grupos: você poderá sugerir aos alunos que façam dessa forma. Ou até, se for possível, a melhor opção: faça a observação em conjunto com eles). Seja qual for a sua opção, peça aos alunos para identificarem e *desenharem* (ou *marcarem* nos mapas impressos) aquelas constelações que eles conseguiram reconhecer. Na aula seguinte, verifique os resultados e discuta as dificuldades que eles tiveram. Repita esse exercício em outras épocas do ano ou em horários diferentes.
- Usando agora o software Stellarium (ver item 3.5.1), configure o céu de sua cidade para o dia 1 de março às 20:00 (horário local). Verifique: nesse horário, Sirius (a estrela mais brilhante do céu) deve estar no meridiano. Habilite então e volte a desabilitar as linhas e nomes das constelações para que os alunos se familiarizem com algumas das principais constelações deste céu: Orion, Touro, Gêmeos, Cão Maior, Cão Menor, Lebre. Observe agora em especial a posição do Cruzeiro do Sul, que estará nascendo a sudeste. Altere agora o horário, avançando duas horas na “janela de datas e horas” do software (ou seja, para as 22:00). Observe a mudança no aspecto do céu, devida ao *movimento diurno da esfera celeste* (ver item 3.3), e discuta-a com os alunos. Algumas constelações estão se pondo no horizonte oeste, enquanto outras nascem a leste. Quais são elas? Verifique a posição do Cruzeiro do Sul: o que aconteceu? Avance agora mais duas horas (até as 24:00). Repita as perguntas acima. Em seguida avance mais

duas horas, repetindo o procedimento até as seis horas da manhã, horário em que o Sol estará quase nascendo. Quais as constelações visíveis agora? O que aconteceu com a posição do Cruzeiro do Sul no decorrer das horas?

Este exercício será mais produtivo se for feito no início do ano letivo (preferivelmente em março), pois assim os alunos poderão observar, de suas casas e logo no início da noite, o aspecto do céu que foi visto no Stellarium. Obviamente, se desejar, o professor pode configurar a data de início do exercício acima, mudando-a de 1 de março para aquela que lhe parecer mais conveniente.

- No caso de se realizar esse mesmo exercício no início do segundo semestre letivo (agosto), sugerimos configurar o Stellarium para o dia 1 de agosto às 20:00. Essa data e horário são convenientes para facilitar a identificação, pois a constelação do Escorpião estará praticamente no meridiano celeste. O restante do procedimento será idêntico ao visto acima.

Uma variante dos exercícios anteriores, ainda com o auxílio do Stellarium, é verificar a mudança da aparência do céu ao longo do ano devido à *translação da Terra em torno do Sol* (ver item 3.3). Para esse caso, o mais conveniente é configurar o horário sempre para 00:00 no horário local. Já a configuração da data de início nesta variante é indiferente, podendo ser em qualquer dia em que o professor pretenda realizar o exercício. Note que agora, em vez de avançarmos as horas de duas em duas horas, como no exercício precedente, devemos avançar apenas a *data, de mês em mês*, mantendo sempre o horário fixo em 00:00. Note que isso corresponde exatamente à relação de equivalência mencionada no fim do item 3.3.

Referências bibliográficas para o Capítulo 3

ALMEIDA, G. *Roteiro do céu*. Santa Marta de Corroios, Portugal: Plátano Editora, 5ª ed., 2010.

AFONSO, G.B. Mitos e estações no céu tupi-guarani. *Scientific American Brasil*, v. 14, p. 46-55, 2006.

BAKICH, M. Choose a star atlas that's right for you. *Astronomy Magazine* (ed. online), April 2014. Disponível em: <<http://www.astronomy.com/observing/get-to-know-the-night-sky/2014/04/choose-a-star-atlas-thats-right-for-you>>. Acesso em: 20 de abril de 2017.

FALCHI, F. et al. The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*. American Association for the Advancement of Science, v. 2, n. 6, 2016. Disponível em:

<<http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377/tab-article-info>>. Acesso em: 15 de abril de 2017.

LANGHI, R. Curso básico de Astronomia prática. Apostila, p.7, 2002. Disponível em: <https://sites.google.com/site/proflanghi/curso_astronomia_pratica>. Acesso em: 21 de abril de 2017.

LIMA NETO, G.B. Astronomia de posição. Notas de aula, apostila. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/AstroPosicao/Curso2017.pdf>>. Acesso em: 19 de abril de 2017.

PASACHOFF, J. *A field guide to stars and planets*. New York: Houghton Mifflin Co., 4th ed., 2006.

RIDPATH, I. *Norton's star atlas and reference handbook*. New York: Dutton, Penguin Group, 20th ed., 2004.

SANTIAGO, B. Apostila de Astronomia Geodésica. UFRGS, 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis2005/textos/index.htm>>. Acesso em: 16 de abril de 2017.

SCHAAF, F. Calculating stars lost. In: *Seeing the Sky: 100 Projects, Activities & Explorations in Astronomy*, 2nd ed., p. 123-4. New York: Dover Publications, 2012.

SCHIEL, D.; OLIVEIRA, H.J.; HONEL, J. Pontos cardeais e orientação. In: *Ciências para professores do Ensino Fundamental – Astronomia*. São Carlos, SP: Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC), Universidade de São Paulo (USP). 2000. Disponível em: <<http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/ensino-fundamental-astronomia/parte1a.html#oqspc>>. Acesso em: 15 de abril de 2017.

SINNOTT, R.W. *Sky & Telescope's pocket sky atlas*. Cambridge, USA: Sky Publishing Media, LLC, 2010.

STAAL, J.D.W. *The new patterns in the sky: myths and legends of the stars*. Blacksburg: McDonald and Woodward Publishing Co., p. 61-72, 1988.

TIRION, W., *Sky atlas 2000.0*. Cambridge, USA: Sky Publishing Media, LLC, 2nd ed., 2010.

TIRION, W. *The Cambridge star atlas*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 4th ed., 2011.

TIRION, W.; RAPPAPORT, B.; REMAKLUS, W. *Uranometria 2000.0*. Richmond, USA: Willmann-Bell, Inc., 2nd ed., 2012.

VIEIRA, F., et al. Relógio de sol (material didático). In: Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.planetariodorio.com.br/2011/05/22/relogio-de-sol/>>. Acesso em: 15 de abril de 2017.

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

APÊNDICE A, CAPÍTULO 3

AS 88 CONSTELAÇÕES APROVADAS PELA IAU

Nº	Abrev.	Nome latino da constelação	Nome em português
1	And	Andromeda	Andrômeda
2	Ant	Antlia	Máquina Pneumática
3	Aps	Apus	Ave-do-Paraíso
4	Aqr	Aquarius	Aquário (o Aguadeiro)
5	Aql	Aquila	Águia
6	Ara	Ara	Altar
7	Ari	Aries	Carneiro
8	Aur	Auriga	Cocheiro
9	Boo	Boötes	Boieiro
10	Cae	Caelum	Cinzel
11	Cam	Camelopardalis	Girafa
12	Cnc	Cancer	Caranguejo
13	CVn	Canes Venatici	Cães de Caça
14	CMA	Canis Major	Cão Maior
15	CMi	Canis Minor	Cão Menor
16	Cap	Capricornus	Capricórnio (a cabra do mar)
17	Car	Carina	Quilha (do navio Argo)
18	Cas	Cassiopeia	Cassiopeia
19	Cen	Centaurus	Centouro
20	Cep	Cepheus	Cefeu
21	Cet	Cetus	Baleia (o monstro marinho)
22	Cha	Chamaeleon	Camaleão
23	Cir	Circinus	Compasso
24	Col	Columba	Pomba
25	Com	Coma Berenices	Cabeleira de Berenice
26	CrA	Corona Australis	Coroa Austral
27	CrB	Corona Borealis	Coroa Boreal
28	Crv	Corvus	Corvo
29	Crt	Crater	Taça
30	Cru	Crux	Cruzeiro do Sul
31	Cyg	Cygnus	Cisne
32	Del	Delphinus	Golfinho
33	Dor	Dorado	Dourado (peixe)
34	Dra	Draco	Dragão
35	Equ	Equuleus	Cavalinho
36	Eri	Eridanus	Eridano (rio)
37	For	Fornax	Fornalha
38	Gem	Gemini	Gêmeos
39	Gru	Grus	Grou
40	Her	Hercules	Hércules
41	Hor	Horologium	Relógio
42	Hya	Hydra	Hidra Fêmea
43	Hyi	Hydrus	Hidra Macho
44	Ind	Indus	Índio

45	Lac	Lacerta	Lagarto
46	Leo	Leo	Leão
47	LMi	Leo Minor	Leão Menor
48	Lep	Lepus	Lebre
49	Lib	Libra	Balança
50	Lup	Lupus	Lobo
51	Lyn	Lynx	Lince
52	Lyr	Lyra	Lira
53	Men	Mensa	Mesa (uma montanha)
54	Mic	Microscopium	Microscópio
55	Mon	Monoceros	Unicórnio
56	Mus	Musca	Mosca
57	Nor	Norma	Esquadro
58	Oct	Octans	Oitante
59	Oph	Ophiuchus	Serpentário (portador de serpentes)
60	Ori	Orion	Orion
61	Pav	Pavo	Pavão
62	Peg	Pegasus	Pégaso
63	Per	Perseus	Perseu
64	Phe	Phoenix	Fênix
65	Pic	Pictor	Pintor
66	Psc	Pisces	Peixes
67	PsA	Piscis Austrinus	Peixe Austral
68	Pup	Puppis	Popa (do navio Argo)
69	Pyx	Pyxis	Bússola
70	Ret	Reticulum	Retículo
71	Sge	Sagitta	Flecha
72	Sgr	Sagittarius	Sagitário
73	Sco	Scorpius	Escorpião
74	Scl	Sculptor	Escultor
75	Sct	Scutum	Escudo
76	Ser	Serpens	Serpente
77	Sex	Sextans	Sextante
78	Tau	Taurus	Touro
79	Tel	Telescopium	Telescópio
80	Tri	Triangulum	Triângulo
81	TrA	Triangulum Australe	Triângulo Austral
82	Tuc	Tucana	Tucano
83	UMa	Ursa Major	Ursa Maior
84	UMi	Ursa Minor	Ursa Menor
85	Vel	Vela	Vela (do navio Argo)
86	Vir	Virgo	Virgem
87	Vol	Volans	Peixe-Voador
88	Vul	Vulpecula	Raposa

APÊNDICE B, CAPÍTULO 3

ATLAS CELESTES

Atlas impressos:

Todos os atlas celestes a seguir costumam ser encontrados facilmente nos websites das populares livrarias virtuais internacionais, como Amazon, Barnes and Noble, Willmann-Bell etc., e também, eventualmente, em algumas grandes livrarias locais. Apenas como orientação, os atlas estão divididos em três faixas de complexidade e de preços: Baixo custo (em média, até US\$ 20), custo médio (de US\$ 20 até US\$ 40) e custo alto (em geral acima de US\$ 60). Detalhes editoriais são vistos nas Referências Bibliográficas.

Faixa 1: Observadores iniciantes / Baixo custo:

- *Sky & Telescope's pocket sky atlas* (Roger W. Sinnott): formato de bolso, para uso em campo, 110 p. Contém 30 mil estrelas até a magnitude⁹ 7,6.
- *A field guide to stars and planets* (Jay M. Pasachoff): formato de bolso, para uso em campo, 563 p. Não é somente um atlas, mas sim um guia de referência que cobre todas as áreas da observação visual. O atlas incluído no livro contém 25 mil estrelas até a magnitude 7,5.

Faixa 2: Observadores intermediários / Custo médio:

- *Norton's star atlas and reference handbook* (Ian Ridpath): formato de mesa, 208 p. Um clássico publicado desde 1910, é também um guia de referência para observações visuais. O atlas incluído no livro contém cerca de 9 mil estrelas até magnitude 6,5.
- *The Cambridge star atlas* (Wil Tirion): formato de mesa, 95 p. Inclui mapas em cores de 9 mil estrelas até magnitude 6,5 e cerca de 900 objetos difusos, como nebulosas e galáxias.

Faixa 3: Observadores avançados / Custo alto:

- *Sky atlas 2000.0* (Wil Tirion): formato grande, em diferentes versões (cartas laminadas ou não), 26 mapas de alta resolução e em cores, cobrindo 81 mil estrelas até magnitude 8,5 e 2.700 objetos difusos.
- *Uranometria 2000.0* (Wil Tirion, Barry Rappaport, Will Remaklus): de grande formato, este é o atlas impresso mais completo que se pode encontrar no mercado atualmente¹⁰: o volume com o atlas contém 220 cartas celestes com mais de 280 mil estrelas até a magnitude 11, além de 30 mil objetos difusos. Ele é acompanhado por um segundo volume com os catálogos para todos esses objetos. Não é um atlas para o iniciante; destina-se apenas aos observadores mais avançados e com instrumentos mais sofisticados.

⁹ A definição do termo “magnitude” será detalhada no Capítulo 5. Por enquanto, basta saber que ela é uma medida do brilho aparente das estrelas: quanto mais alta a magnitude, mais apagada será a estrela.

¹⁰ Em 1997, foi editado um atlas ainda mais extenso que o *Uranometria 2000.0*: o *Millenium star atlas*, em três volumes e com 1548 cartas contendo um milhão de estrelas. Até o momento, ele não foi reeditado.

Atlas disponíveis na internet para impressão:

- The Mag-7 Atlas Project (Andrew Johnson): contém 21 cartas celestes até a sétima magnitude, que podem ser baixadas em duas versões cada (em cores ou preto e branco). Há a opção de baixar cada carta em separado ou em um arquivo “zipado” contendo todo o conjunto. Equivale aproximadamente aos atlas impressos da Faixa 1. Boa opção para observadores intermediários. As cartas estão disponíveis em:
 - <https://archive.org/details/Mag_7_Star_Atlas>
 - <<http://www.astro.cz/mirror/atlas/>>
 - <<https://www.cloudynights.com/articles/cat/articles/observing-skills/free-mag-7-star-charts-r1021>>

- The TriAtlas Project (José Ramón Torres, Casey Skelton): são três coleções de cartas celestes com diferentes escalas e níveis de complexidade. As cartas são claramente mais focadas em objetos difusos (galáxias, nebulosas, aglomerados) do que em estrelas, e nesse sentido será indispensável usá-las conjuntamente com um catálogo específico para esses objetos. São cartas projetadas para observadores experientes, para uso com telescópios amadores de porte médio ou superior. As coleções são:
 - *Coleção A*: consta de 25 cartas com estrelas até a magnitude 9 e de um índice para identificar as cartas. A escala é próxima da usada no *Sky atlas 2000.0*.
 - *Coleção B*: consta de 107 cartas com estrelas até a magnitude 11 e de um índice para identificar as cartas. A escala se aproxima do *Uranometria 2000.0*.
 - *Coleção C*: consta de 570 cartas com estrelas até a magnitude 12 aproximadamente e de um índice para identificar as cartas. Procura se aproximar do *Millenium star atlas*.

As três coleções do TriAtlas Project estão disponíveis em:

- <<http://www.uv.es/jrtorres/triatlas.html>>

%%%%%%%%%