



Marcelo Girardi Schappo

# Astronomia

os astros, a ciência,  
a vida cotidiana



editoracontexto

# Astronomia

os astros, a ciência,  
a vida cotidiana

Marcelo Girardi Schappo



editora**contexto**





Proibida a reprodução total ou parcial em qualquer mídia sem a autorização escrita da Editora. Os infratores estão sujeitos às penas da lei.

A Editora não é responsável pelo conteúdo deste livro. O Autor conhece os fatos narrados, pelos quais é responsável, assim como se responsabiliza pelos juízos emitidos.

As imagens utilizadas no livro são reproduzidas respeitando as licenças especificadas pelos sites de origem. Nenhum direito autoral é reivindicado e as informações para tais imagens (incluindo sua localização) estão disponíveis na seção “Créditos das figuras”.

---

Consulte nosso catálogo completo e últimos lançamentos em [www.editoracontexto.com.br](http://www.editoracontexto.com.br).

---

Copyright © 2022 do Autor

Todos os direitos desta edição reservados à  
Editora Contexto (Editora Pinsky Ltda.)

*Foto de capa*

Nick Owuor/Unsplash

*Montagem de capa e diagramação*

Gustavo S. Vilas Boas

*Preparação de textos*

Lilian Aquino

*Revisão*

Eliana Moura Mattos

---

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Schappo, Marcelo Girardi  
Astronomia : os astros, a ciência, a vida cotidiana / Marcelo Girardi  
Schappo. – São Paulo : Contexto, 2022.  
128 p : il.

Bibliografia  
ISBN 978-65-5541-177-5

1. Astronomia 2. Cotidiano 3. Curiosidades I. Título

22-0905

CDD 520

---

Angélica Ilacqua – Bibliotecária – CRB-8/7057

Índice para catálogo sistemático:

1. Astronomia

---

2022

---

EDITORA CONTEXTO

Diretor editorial: *Jaime Pinsky*

Rua Dr. José Elias, 520 – Alto da Lapa

05083-030 – São Paulo – SP

PABX: (11) 3832 5838

contexto@editoracontexto.com.br





# Sumário

## APRESENTAÇÃO

## ASTRONOMIA NA AGENDA

Medir o tempo

Padrões astronômicos

O calendário

Problemas na contabilidade

## DESENHOS NO CÉU

O padrão internacional

As constelações do zodíaco

Constelação e ilusão

Uma janela para o passado

Um céu em movimento

## AS ESTRELAS E O COTIDIANO

As estrelas “piscam”?

Fonte de energia

Poeira das estrelas

## UMA BAGUNÇA ORGANIZADA

Trânsitos planetários

Conjunções, oposições, ocultações e aproximações

## ESPETÁCULOS DO SOL E DA LUA

Superlua e microlua

Lua azul

Eclipses solares

Eclipses lunares

## ESTRELAS CADENTES E AURORAS

Fragmentos macroscópicos

Perigo espacial

Chuvas de meteoros

Auroras

## ÁGUAS QUE SOBEM E DESCEM

Entendendo a gravidade da coisa

As fases da Lua e as marés ao longo do mês

O lado escondido da Lua

## RESGATANDO O CÉU

Estrelas a olho nu

Telescópios: esperança e ilusão

Exploradores do céu

## NOTAS

## CRÉDITOS DAS FIGURAS

## REFERÊNCIAS PARA APROFUNDAMENTO

O AUTOR

# APRESENTAÇÃO



O mundo moderno é, em muitos aspectos, uma “obra de arte” elaborada por meio da ciência. Cada vez mais nossas construções buscam aliar conforto, qualidade, eficiência e sustentabilidade; nossos exames de diagnóstico médico por imagem, além de antibióticos e vacinas, salvam vidas todos os dias; nossos sistemas de comunicação transmitem imagem, vídeo e texto quase instantaneamente ao redor do globo; nossos meios de transporte – que séculos

atrás tinham como exemplar mais sofisticado os veículos de tração animal, capazes de nos levar de uma cidade a outra vizinha em algumas horas – hoje nos levam, com aviões a jato, de um extremo ao outro do continente no mesmo intervalo de tempo.

Bem, é claro que tudo isso não surgiu como “um passe de mágica”. Para chegarmos aqui, muita gente se ocupou de desvendar os *segredos da natureza*, ou seja, de tentar entender como tudo funciona, através da ciência, para, com isso, mudar o mundo e desenvolver tecnologias. Todas as civilizações que prosperaram por longos períodos da história tiveram, portanto, que manter os olhos tanto na Terra (para estudar os fenômenos climáticos, o comportamento dos animais e o funcionamento dos diferentes sistemas do corpo humano, por exemplo) como no céu, afinal, os padrões astronômicos são capazes de indicar o ciclo das estações do ano: uma informação essencial para planejar o plantio e a colheita, para se preparar para o inverno rigoroso, para os períodos de secas ou de chuvas intensas e volumosas. Entender o céu é uma necessidade.

Nessa compreensível e necessária jornada por conhecer, desvendar e descobrir, grandes questões existenciais ocuparam (e ocupam) a mente humana: onde estamos? De onde viemos? Para onde vamos? Hoje sabemos que as respostas a essas perguntas residem, em grande parte, no céu. E não estou me referindo às mitologias religiosas sobre criações divinas orquestradas por seres celestiais, mas sim ao estudo da Terra enquanto apenas um planeta ao redor de uma das muitas estrelas, o Sol, que compõe a Via Láctea, uma dentre bilhões de outras galáxias no Universo.

Assim, a Astronomia tem condições de revolucionar tanto a nossa forma de responder a essas perguntas como a própria imagem mental que construímos para o Sistema Solar e para o Universo, tudo isso à medida que nosso conhecimento sobre nossa “casa cósmica” avança constantemente. Um exemplo nesse sentido é o salto de abstração pelo qual passamos quando aprendemos que a Terra não é o centro do Universo (o que a intuição faz parecer correto com muita facilidade, bastando observar o movimento aparente do Sol, da Lua e dos outros astros no céu), mas é apenas mais um planeta que se movimenta em uma órbita ao redor do Sol.

Dessa forma, este livro pretende também gerar uma revolução de pensamento: deseja-se mostrar que, novamente ao contrário do que a intuição pode sugerir – uma vez que, em comparação com as distâncias cotidianas, os

astros estão muito longe de nós –, eventos astronômicos são os responsáveis pela ocorrência de vários fenômenos do nosso dia a dia, embora isso nada tenha a ver com os embustes astrológicos de que tentam nos convencer. Serão explorados, de uma forma tão simples quanto possível, eventos bonitos, curiosos e intrigantes, como as marés, as auroras, os eclipses solares e os lunares, as chuvas de meteoros e diversas curiosidades sobre as constelações e as estrelas. Com sorte, você terminará a leitura encantado com a vasta presença da Astronomia no nosso cotidiano. Aliás, a própria ocorrência do “cotidiano”, literalmente “o passar dos dias”, como você logo perceberá, é um evento fundamentalmente astronômico. Boa viagem!

# ASTRONOMIA NA AGENDA



Um grande marco na história da nossa espécie foi a transição do sistema de vida nômade para o sedentário, algo que se iniciou por volta de 12 mil anos atrás. Enquanto grupos de humanos nômades movimentavam-se constantemente pelo terreno, conforme a disponibilidade de recursos exigia (como abrigo, água, frutas e animais para caça), os sedentários precisaram, dentre outras coisas, estabelecer meios de produzir alimentos, com regularidade, no mesmo local. O

desenvolvimento da agricultura e a criação de animais foram essenciais para que isso se tornasse possível.

O agrupamento de seres humanos permanentemente na mesma região, estabelecendo meios de interação com a natureza para tentar garantir as necessidades dos indivíduos, é algo que, em maior escala, perdura até os dias atuais: nossa organização social, com centros urbanos, produção agropecuária, economia, serviços, comércio e Estado, é um reflexo desse processo.

É interessante notar que para fixar residência nossos antepassados tiveram que aprender a responder a uma série de questões: quais são as espécies de plantas e animais com melhor desenvolvimento no local desejado? Qual é o momento certo de plantar e de colher? Qual é a época chuvosa? Existem períodos de seca prolongada ou de inundações recorrentes?

A resposta para esses problemas passa pela capacidade de perceber, e prever, os ciclos da natureza. Em especial, as chamadas *estações do ano*. E, vejam só, uma forma de fazer isso é olhar para o céu! Os padrões climáticos terrestres podem ser previstos quando se decifram padrões astronômicos.

## MEDIR O TEMPO

Quando duas pessoas marcam um encontro para, digamos, daqui a 15 minutos, está subentendido que ambas sabem medir esse intervalo de tempo. Provavelmente, todos nós sabemos! E fazemos isso, na correria do dia a dia, apenas consultando um relógio, sem parar para refletir profundamente sobre o que é esse tal de “minuto”... Algum espertinho poderá dizer: “Mas eu sei o que é o minuto! É um conjunto de 60 segundos.” A resposta, embora simples, não resolve o problema, pois ainda estou interessado em saber que diabos são os “segundos”...

Esse é um problema genuíno em Física. Medir o tempo não é trivial, mas a saída que encontramos pra isso é usar fenômenos cíclicos (ou seja, que se repetem de forma regular) como “unidades de medida”. Por exemplo, o que acontece em uma ampulheta: o tempo necessário para seu conteúdo interno passar do compartimento superior para o inferior é aproximadamente constante. Dessa forma, virando a ampulheta sempre que o compartimento superior estiver vazio, teremos uma maneira (não muito prática, é verdade) de medir o tempo de um

evento, como, por exemplo, um turno de trabalho. Poderíamos dizer algo como “o período trabalhado será de 90 ampulhetas”.

Bem, é claro que não está tudo resolvido. Precisaríamos padronizar o tamanho da abertura entre os compartimentos superior e inferior, a quantidade de material dentro do sistema (além do tipo de material) e ainda levar em conta o “tempo perdido” em cada movimento de virada da ampulheta. Mesmo que não seja nossa missão discutir todas as imperfeições do sistema, e as maneiras como poderíamos lidar com elas, é importante salientar que são problemas desse tipo que movimentam a Ciência para construir ou aperfeiçoar os processos de medida. Relógios de água e relógios de pêndulo são outros exemplos de aparatos baseados em processos periódicos, também desenvolvidos para a tarefa de medir intervalos de tempo.

Nesse contexto, o que há de mais moderno são os relógios atômicos. Eles são baseados em sinais emitidos por átomos específicos, como o césio, por exemplo. Esses sinais são constituídos por ondas eletromagnéticas, apresentando, portanto, uma sucessão bastante regular de *picos* e *vales*. Assim, o sistema contabiliza essas oscilações emitidas para marcar a passagem do tempo. Atualmente, o “segundo” é definido como o intervalo de tempo em que ocorrem 9 bilhões 192 milhões 631 mil 770 oscilações de uma onda eletromagnética específica emitida pelo átomo de césio-133. Agora, sim: como definimos o “segundo” a partir de um processo cíclico bem-determinado, o “minuto” e a “hora” podem ser descritos como múltiplos desse processo. Como já sabemos, 1 minuto é um conjunto de 60 segundos e 1 hora corresponde a 60 minutos.

Com o avanço tecnológico, conseguimos relógios cada vez mais *precisos*. De uma maneira bem simples, isso significa que eles são mais confiáveis, sofrendo menos descompassos ao longo do tempo. Enquanto um relógio de pêndulo pode acumular um erro da ordem de 1 minuto por dia, os relógios de pulso mais precisos (que não são atômicos) chegam a alguns segundos por mês. Os melhores relógios atômicos conseguem um desempenho muito superior, em torno de 1 segundo a cada dezenas ou centenas de milhões de anos. Toda essa precisão pode parecer besteira, mas não é: o bom funcionamento dos aparelhos de GPS (Sistema de Posicionamento Global) depende disso. Portanto, se seu celular é capaz de guiá-lo adequadamente pelas ruas da cidade, agradeça às medidas precisas de intervalos de tempo.

## PADRÕES ASTRONÔMICOS

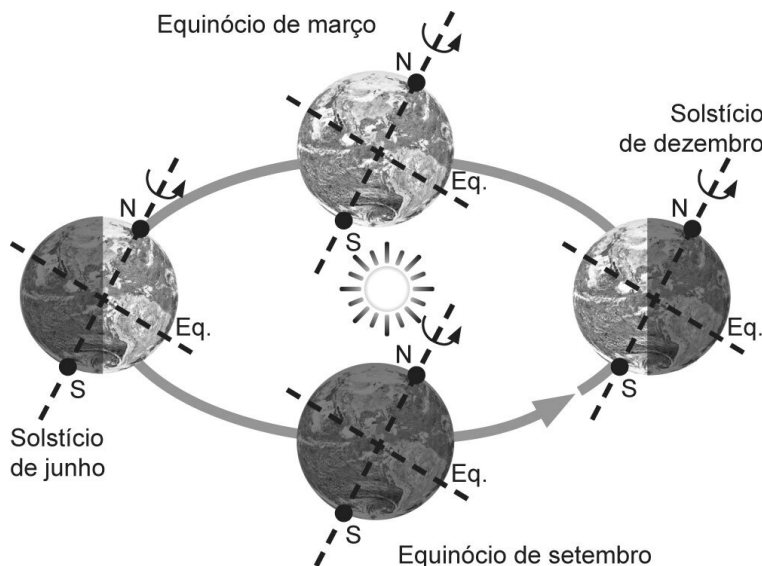
Existem fenômenos cíclicos não apenas no mundo dos átomos, mas também no mundo dos astros. Talvez o ciclo celeste mais evidente seja o nascer e o pôr do Sol. Como se aprende na escola, esse movimento aparente de subida e descida do Sol no céu (e também da Lua e das demais estrelas) é causado por um evento astronômico: o movimento de rotação da Terra. Enquanto nosso planeta gira em torno de si mesmo, são os astros que parecem estar circulando ao nosso redor. Não é à toa que temos a sensação de estarmos no centro do Sistema Solar e do Universo. Às custas de muita briga com a Igreja, nos séculos passados, hoje sabemos que nosso planeta é apenas mais um a executar uma órbita ao redor da nossa estrela, o Sol. Para ser sincero, nem a Terra, nem o Sol são o centro do Universo, não havendo sequer um único corpo *absolutamente* estático nele, como veremos depois.

Como o movimento de rotação da Terra em torno de si mesma é cíclico, o Sol também atravessa nosso céu periodicamente. É desse processo astronômico que tiramos o chamado *dia solar*, que dura, em média, 24 horas. De fato, as primeiras definições de “minuto” e “segundo” ocorreram como forma de se dividir as 24 horas do dia, estabelecidas por convenção. Hoje, fazemos diferente: definimos os segundos a partir de processos atômicos e mantemos um monitoramento constante da duração astronômica do dia, como discutiremos mais à frente.

Outro ciclo que chama a atenção é o das estações do ano. As pistas para desvendá-lo também estão no céu, bastando monitorar o Sol e as estrelas, dia após dia e noite após noite. Você já reparou como a região iluminada pelo Sol, durante um dia, dentro de um cômodo da sua casa, através de uma janela, muda ao longo de vários dias? Isso é consequência da mudança do caminho diurno do Sol, no céu, no decorrer dos meses. De modo semelhante, existem constelações no céu noturno que só aparecem no verão, enquanto outras somente são visíveis no inverno. Voltaremos a falar sobre as constelações em outro capítulo. A lição do momento é que tudo isso se repete periodicamente, a cada 365 dias 5 horas 48 minutos e 45,2 segundos: o chamado *ano tropical* ou *ano solar*.

Esse ciclo está relacionado a dois fatos, ilustrados por meio da Figura 1: o planeta Terra se movimenta em uma órbita ao redor do Sol; e o eixo de rotação da Terra em torno de si mesma é levemente inclinado em relação ao plano da sua

órbita. É isso que faz com que a duração do período diurno (entre o nascer e o pôr do Sol), para pontos da Terra fora da Linha do Equador, mude ao longo do ano, ainda ocorrendo de modo oposto nos hemisférios sul e norte.



**Figura 1**

Esquema ilustrativo do ciclo das estações do ano, causado pela inclinação do eixo da Terra e pelo movimento terrestre ao redor do Sol. Na Terra, a Linha do Equador está marcada como “Eq.,” os polos Norte e Sul estão indicados, respectivamente, por “N” e “S”, sendo cruzados pelo eixo de rotação terrestre, movimento responsável pela ocorrência de dias e noites. A partir desse ponto de vista, tanto o movimento orbital terrestre como seu movimento de rotação têm sentido anti-horário. Tamanhos e distâncias estão fora de escala. Inclinação do eixo da Terra está exagerada, para fins didáticos. Órbita terrestre desenhada de forma circular, por aproximação.

Em São Paulo, por exemplo, que fica no hemisfério sul, o período diurno mais longo do ano acontece em dezembro (no dia do chamado *solstício de verão sul*), enquanto o mais curto ocorre em junho (no *solstício de inverno sul*). Em Nova York, no hemisfério norte, é o oposto. Pela análise da figura, isso se torna evidente: em dezembro, o hemisfério sul, graças à inclinação do eixo terrestre e à posição da Terra em sua órbita, está mais iluminado que o hemisfério norte, algo que acontece de forma contrária em junho. No meio do caminho entre os solstícios, nos meses de março e setembro, temos a ocorrência dos *equinócios*, que são os dias com mesma duração entre período diurno e noturno, com 12 horas cada, em ambos os hemisférios, como também é possível perceber pela figura.

Curiosamente, todo esse padrão de movimento solar está “impresso” por meio de linhas imaginárias<sup>1</sup> sobre os mapas que usamos com frequência. A Linha do Equador, por exemplo, divide o globo terrestre em dois hemisférios, o norte e o sul. As regiões sobre a superfície terrestre entre essa linha e os Trópicos de Capricórnio (ao sul) e de Câncer (ao norte) são aquelas onde pode ocorrer, em dias específicos do ano, o que se chama de “Sol a pino”, ou seja, o Sol no ponto mais alto do céu (no “zênite”). Por fim, todos os pontos do globo terrestre entre os polos e as linhas dos Círculos Polares Ártico (ao norte) e Antártico (ao sul) são aqueles que passam por pelo menos um dia inteiro do ano sem Sol no céu e um dia inteiro com Sol sem se pôr, gerando o evento conhecido como “Sol da meia-noite”.

## O CALENDÁRIO

As datas dos solstícios e dos equinócios são as referências astronômicas que marcam os inícios das estações do ano, cujo ciclo completo é chamado *ano tropical*. Ao longo da história, várias civilizações conseguiram percebê-lo, desenvolvendo meios de “contar” o tempo e de prever quando um ciclo de estações se encerra e outro se inicia. A busca pela capacidade de acompanhar o ciclo solar anual é bastante compreensível, pois a agricultura e os padrões meteorológicos, por exemplo, dependem dele. Portanto, por meio do desenvolvimento de *calendários solares* é possível saber quantos dias faltam para a chegada da estação chuvosa, do período de secas, da hora de plantar ou de colher. Entender astronomia no cotidiano é uma questão de sobrevivência.

*Stonehenge*, no Reino Unido, é apenas um exemplo monumental (literalmente) do que nossos antepassados já fizeram a partir da percepção desses padrões solares anuais. Uma estrutura construída com pedras maiores que uma pessoa, pesando dezenas de toneladas cada uma e montadas de forma a produzir alinhamentos astronômicos, com o Sol, por exemplo, capazes de destacar datas importantes, como os solstícios de inverno e verão, essenciais para acompanhar a sucessão das estações.

Um calendário nada mais é do que um conjunto de regras que devemos seguir para contabilizar a passagem do tempo. Em geral, essas regras são estabelecidas para permitir o acompanhamento de algum ciclo natural,

geralmente do Sol, da Lua ou de ambos. O calendário atual do mundo moderno é o chamado *Calendário Gregoriano*. Ele é do tipo *solar*, visando acompanhar o ciclo das quatro estações, relacionado ao ciclo do Sol. É por isso que o ano do calendário tem 365 dias, um valor bem próximo do período do ano tropical.

Para os observadores frequentes do céu, há também um ciclo bastante evidente associado à Lua: a cada período de tempo, seu padrão de iluminação se repete, passando pelas chamadas *fases da Lua*. Nós definimos, geralmente, quatro fases distintas: quarto crescente, cheia, quarto minguante e nova, a depender da forma como está iluminada a face da Lua visível da Terra. Esse ciclo se repete a cada 29,5 dias, o que se chama de *lunação*. Por isso, *calendários lunares* são baseados em meses que duram 29 ou 30 dias, alternadamente. Mesmo que o nosso calendário atual não seja do tipo lunar, nossos meses têm um número de dias razoavelmente próximos do período de uma lunação.

## **PROBLEMAS NA CONTABILIDADE**

Chegou o momento de colocar alguns problemas sobre a mesa. Primeiramente, dissemos que o dia solar dura, em média, 24 horas. Usamos “em média” porque a duração do dia, de um dia para o outro, pode ser levemente diferente. Isso ocorre devido às variações da distância Terra-Lua, Terra-Sol e às influências gravitacionais gerais de outros astros.

Portanto, se quisermos (e, sim, queremos!) manter o horário de referência mundial, que atualmente é acompanhado por meio de relógios atômicos, em sincronia com o dia solar, é preciso estabelecer vigilância constante acerca do que está acontecendo, dia após dia, com a duração do movimento rotativo da Terra. Ao longo de vários anos, devido aos fatores antes citados, a rotação terrestre pode acelerar ou frear um pouquinho. Caso nada fosse feito para corrigir o relógio mundial, essas pequenas variações se acumulariam, gerando descompassos significativos entre o ciclo diário do Sol e a marcação dos horários correspondentes a ele nos nossos relógios.

Quem faz as medidas astronômicas de acompanhamento da duração do dia solar é uma organização chamada IERS (em português, Serviço Internacional de Sistemas de Referência e Rotação da Terra). Com base nas diferenças acumuladas ao longo do tempo, ela determina, eventualmente, que devemos reajustar os

nossos relógios. Isso é feito com a aplicação dos chamados *segundos intercalares*, que podem ser positivos ou negativos.

Quando a Terra está se tornando levemente mais rápida, então a duração do dia solar vai se tornando gradativamente menor, levando à necessidade de “cortar” algumas ínfimas frações de segundo do “dia-relógio” diariamente. E o contrário acontece se nosso planeta estiver se tornando levemente mais lento. É claro que não percebemos essas variações muito pequenas no nosso dia a dia, mas, quando o descompasso acumulado por meses ou anos se torna um pouco mais significativo, então chega o momento de promover o restabelecimento da sincronização dos nossos relógios com o ciclo do Sol: para isso, escolhe-se determinado dia do calendário para ter a duração de 1 segundo a mais ou a menos. A aplicação mais recente de um “segundo intercalar” foi do tipo positivo, em 2016: o “dia-relógio” de 31 de dezembro teve 1 segundo a mais que os demais dias do mesmo ano.

O segundo problema tem a ver com a contagem dos dias... Embora essa preocupação não tire seu sono atualmente, ela já mexeu bastante com o cotidiano das pessoas no passado. Tudo se resume ao fato de que, quando as regras do calendário não são boas o suficiente para acompanhar o ciclo a que se propõem, ele vai se defasando continuamente, podendo se atrasar ou se adiantar em relação aos fenômenos que tenta prever.

Um mecanismo curioso<sup>2</sup> que busca evitar a ocorrência desses problemas no nosso calendário é a existência dos chamados *anos bissextos*, quando fevereiro ganha um dia extra. Essa correção é oriunda da diferença temporal existente entre o ciclo das estações (365 dias 5 horas e 48 minutos, aproximadamente) e o ano “padrão” do nosso calendário (365 dias exatos). Assim, a cada “ano-padrão” que passa, nós nos adiantamos em 5 horas e 48 minutos em relação ao ciclo solar. Após 4 anos, nós estamos 23 horas e 12 minutos à frente dele e, portanto, precisamos “segurar” o calendário para manter a sincronia: fazemos isso a partir da implementação de um ano mais longo, com 24 horas a mais, que são cumpridas no famigerado dia 29 de fevereiro.

Opa! Um momento! O ano bissexto acrescenta 24 horas a cada 4 anos, mas acabamos de descobrir que deveríamos acrescentar apenas cerca de 23 horas e 12 minutos. Essa diferença acabou sendo responsável pela troca do *Calendário Juliano* para o *Calendário Gregoriano*: no calendário anterior, que instituiu a regra do ano bissexto, nós tínhamos a ocorrência de 1 ano bissexto a cada 4 anos

(gerando, portanto, 100 anos bissextos em um período de 400 anos, totalizando 146.100 dias). Porém, quando analisamos o número de dias necessários para ocorrer *400 anos tropicais*, o resultado é 146.096 dias e 21 horas, aproximadamente. Perceba que há uma incompatibilidade de cerca de 3 dias e 3 horas.

Mesmo que a diferença pareça pequena, o Calendário Juliano vigorou por mais de mil anos, acumulando essa defasagem continuamente. E, assim, um problema pequeno se transformou em um problema grande, pois as estações do ano não mais começavam nas datas habituais. Somente em 1582, quando o erro acumulado já superava uma semana, houve a alteração para o Calendário Gregoriano. Para isso, o mês de outubro daquele ano teve a supressão de 10 dias, o necessário para colocar o calendário novamente sincronizado com o ciclo anual do Sol: para isso, o dia 4 de outubro foi seguido diretamente pelo dia 15.

E quanto à regra do ano bissexto? Se nada fosse feito para alterá-la, o calendário voltaria a se defasar ao longo dos séculos. Assim, instituiu-se uma nova regra: em vez de 100 anos bissextos a cada 400 anos, devemos ter apenas 97, suprimindo 3 dias da diferença que calculamos. Essa é a regra em vigor atualmente. Por isso, os anos 2100, 2200 e 2300, que seriam bissextos pela regra juliana, não mais o serão, gerando, entre o ano 2001 e 2400, um total de 97 bissextos. Portanto, os anos “centenários” (terminados em “00”) só são bissextos se divisíveis por 400, como os anos 2000, 2400, 2800 etc.

Mas mesmo a regra atual vai precisar de correção, pois ainda há um descompasso de 3 horas a cada 400 anos, o que resultará em um erro de 1 dia a cada cerca de 3 mil anos. Ou seja, ainda precisaremos lidar com esse problema no futuro. De qualquer forma, a lição do momento é muito simples: toda vez que você vira a página da agenda, ou risca o dia anterior no calendário, você está testemunhando o fato de que o “cotidiano” é mesmo astronômico.

# DESENHOS NO CÉU



Em 1976, a sonda espacial Viking 1 (Nasa), enquanto orbitava o planeta Marte, fotografou uma formação de relevo cuja aparência era rapidamente identificada como um rosto humano. A imagem ficou conhecida como “A face em Marte” e, nem preciso dizer, gerou muita especulação sobre a possibilidade de ter sido construída deliberadamente por alguma civilização ancestral marciana. No entanto, a partir de fotografias<sup>3</sup> posteriores do mesmo local, obtidas por

outras missões enviadas àquele planeta, como em 1998 e 2001, tornou-se evidente que apenas estávamos diante de mais um exemplo de *pareidolia*, uma tendência natural que todos temos para reconhecer padrões familiares, especialmente rostos, em algum estímulo visual aleatório. Não é à toa que muita gente já “viu” rostos e objetos nos formatos das nuvens.

Com as estrelas no céu, acontece algo semelhante. Diferentes culturas, ao longo da história, contemplaram o céu noturno e perceberam que, ao estabelecer linhas imaginárias entre os “pontos brilhantes” (as estrelas), era possível formar figuras que as remetessem diretamente a algo que lhes era familiar. Assim, batizaram diferentes grupos de estrelas, as *constelações*, com nomes de animais, deuses, objetos e heróis que representavam aspectos das crenças, da cultura ou do cotidiano de cada povo.

Portanto, nossa primeira lição sobre as constelações é que elas não *existem* de uma maneira absoluta, pois dependem de aspectos culturais de cada civilização. Alguns povos nem mesmo estabeleceram constelações para todas as estrelas visíveis no céu. A constelação da “Ema”, por exemplo, está associada a povos indígenas cujo sistema de identificação das constelações ocorria apenas para grupos de estrelas próximos ao plano da Via Láctea. Outra diferença curiosa é que essa constelação estende-se por uma área do céu bem maior que as áreas com as quais estamos acostumados pelas definições ocidentais modernas, indo desde a do Cruzeiro do Sul até a de Escorpião.

Embora pareça um exercício *tofo*, ficar “vendo figurinhas” no céu para dar nomes a grupos de estrelas pode ter relevância prática importante, pois permite a rápida identificação das constelações visíveis em determinada noite. Como logo veremos, diferentes constelações aparecem no céu noturno em diferentes épocas do ano, gerando, por meio delas, uma forma fácil de “ler o relógio” das estações do ano. Além disso, elas também são boas referências para orientação, o que foi essencial para o desenvolvimento de métodos, outrora muito mais utilizados, de navegação baseados nas estrelas: no hemisfério sul, a constelação do Cruzeiro do Sul, em formato de “cruz”, tem a base da figura apontando, aproximadamente, para o sul; no hemisfério norte, a Estrela Polar, na constelação da Ursa Menor, é uma referência indicativa importante para o norte. Ora, uma vez que, para nos orientarmos, basta saber apenas onde está um dos quatro pontos cardeais, então esses exemplos mostram que a “leitura” de alguns aspectos do céu pode ser útil para identificar o caminho a seguir.

## O PADRÃO INTERNACIONAL

À medida que nos tornamos uma sociedade capaz de trocar informações globalmente, foi necessário estabelecer alguns padrões. As unidades de medida de distância formam um exemplo: existem o “pé”, o “braço”, a “jarda” e outras, mas o padrão internacional estabelecido é o “metro”. Outro exemplo se relaciona a uma partida de futebol: só faz sentido disputar um campeonato mundial se todos concordam com as regras estabelecidas para o jogo. Do ponto de vista astronômico, passamos pela mesma necessidade: cada cultura criou suas próprias maneiras de ligar os pontos do céu e nomear constelações (e você mesmo, se quiser, pode estabelecer a sua!), mas, hoje, a União Astronômica Internacional (IAU, na sigla em inglês) é a instituição responsável por informar o conjunto-padrão das constelações a seguir. Isso é importante, por exemplo, na hora de catalogar e nomear estrelas e outros objetos astronômicos.

A IAU dividiu o céu em diferentes regiões, como se fossem retalhos de uma colcha. A cada região associaram o nome de uma constelação ali presente. Dessa forma, não há mais “estrelas sem constelação”, como antes era possível. Agora, qualquer objeto astronômico, como estrelas, galáxias, nebulosas e aglomerados estelares, por exemplo, que tenham uma posição aparentemente fixa dentro de um “pedaço” do céu, pertencerá à constelação convencionada para nomeá-lo, independentemente de fazer parte do “desenho” imaginário da constelação ou não. A publicação da convenção científica internacional para as constelações aconteceu em 1930. Desde então, se estabeleceu, no céu, 89 regiões oficiais e 88 constelações-padrão (a constelação da Serpente ocupa duas regiões, de modo descontínuo).

Ainda é importante destacar que existe diferença entre o que se chama de *asterismo* e de *constelação*. Os asterismos são grupos de estrelas que têm um nome popular, mas que ou são parte de uma constelação maior, ou estão dispostos em estrelas que atravessam de uma constelação oficial para outra. Um exemplo de asterismo é o conjunto chamado de Big Dipper (A Grande Concha ou A Grande Caçarola, como costuma aparecer nas traduções para o português), que faz parte da constelação oficial da Ursa Maior; outro exemplo são As Três Marias, um conjunto de três estrelas da constelação de Órion.

## AS CONSTELAÇÕES DO ZODÍACO

Quando se comenta sobre a convenção atual de 88 constelações, sempre tem alguém para questionar: “Ora, mas não são apenas 12 constelações?”. Não. De fato, essa “dúzia famosa” de constelações faz parte de uma região específica do céu: a que é atravessada pelo Sol ao longo do ano. Vamos partir para uma analogia que pode ajudar a esclarecer as coisas: imagine que você coloque uma cadeira no meio da sua sala, em casa. Enquanto ela representará o Sol, você caminhará ao redor dela, de forma análoga ao que a Terra faz em torno do Sol. Quando você terminar uma volta ao redor da cadeira, isso representará a passagem de *um ano* na Terra. Por fim, todos os objetos e as estruturas que estiverem ao redor, na sala, representarão diferentes “constelações”.

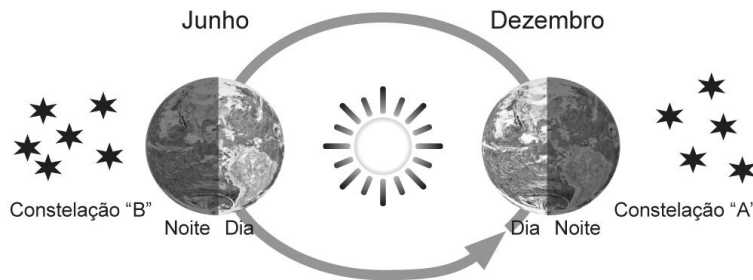
O que você perceberá, ao rodear a cadeira (ao longo do “ano”), é que o objeto que está visualmente atrás dela (a “constelação atrás do Sol”) vai se modificando gradativamente: ora será o vaso do canto (“constelação do Vaso”), ora a porta de entrada (“constelação da Porta”) e ora o sofá (“constelação do Sofá”), por exemplo. Da mesma forma, alguns outros objetos (“constelações”) nunca estarão visualmente atrás da cadeira (do “Sol”), como o lustre (“constelação do Lustre”) e o quadro na parede (“constelação do Quadro”).

Assim, na nossa analogia, as “constelações” do Vaso, da Porta e do Sofá foram atravessadas, visualmente, pela cadeira e, portanto, são chamadas de “constelações do zodíaco”. Mas existem muitas outras “constelações” além dessas, como a do Lustre e a do Quadro, mas que não são zodiacais. Voltando à Astronomia, a convenção internacional em vigor aponta 13 constelações zodiacais, que se sucedem “no fundo” do Sol, do ponto de vista da Terra, à medida que os meses passam. Esse conjunto<sup>4</sup> de 13 é formado pelas 12 mais conhecidas (Peixes, Áries ou Carneiro, Touro, Gêmeos, Câncer ou Caranguejo, Leão, Virgem, Libra ou Balança, Escorpião, Sagitário, Capricórnio e Aquário) e mais uma, a do Ofiúco ou Serpentário (entre Escorpião e Sagitário): é interessante salientar, ainda, que as dimensões das regiões celestes definidas para cada uma delas é diferente, e a passagem efetiva do Sol por elas também dura intervalos de tempo diferentes ao longo do ano.

Essa analogia acaba gerando uma ótima oportunidade para explicarmos o porquê de algumas constelações somente aparecerem no céu noturno em épocas específicas do ano: à medida que você (a “Terra”) percorre o caminho ao redor da

cadeira central (o “Sol”), sempre virado de frente para a cadeira, perceberá que os objetos (“constelações”) localizados às suas costas também serão modificados gradativamente. Bem, como a ocorrência de dias e de noites depende da rotação da Terra em torno de seu próprio eixo, então, aquilo que estivesse atrás de você só seria visível “à noite” (lado oposto ao do Sol, em relação à Terra), caso você fizesse um movimento de rotação em torno de si próprio, mantendo-se no mesmo lugar da sala.

Agora fica fácil: como cada posição do entorno da cadeira (“Sol”) é alcançada por você (“Terra”) em diferentes “meses do ano”, e como cada grupo de objetos (“constelações”) às suas costas vai se modificando no processo, concluímos que o que estará visível no nosso céu noturno dependerá do momento do ciclo anual em que nos encontrarmos. A Figura 2 mostra um esquema simplificado desse processo: em dois instantes distintos do ano, com a Terra em locais diferentes da sua órbita, constelações diferentes estarão do lado oposto ao que está o Sol, em relação ao nosso planeta (sendo, portanto, visíveis à noite).



**Figura 2**

Esquema ilustrativo para mostrar que diferentes constelações aparecem no céu noturno em diferentes épocas do ano.

Tamanhos e distâncias fora de escala. A órbita terrestre está desenhada de forma circular, por aproximação. As constelações desenhadas são genéricas e, claro, as estrelas não são realmente “pontagudas”.

## CONSTELAÇÃO E ILUSÃO

Dois fatos importantes que precisamos constatar, no contexto das discussões deste capítulo, são: as estrelas que estão relativamente próximas umas das outras, e formam uma constelação no céu noturno, não necessariamente estão *realmente*

próximas entre si; e nem sempre as estrelas mais brilhantes de uma constelação são aquelas que estão mais próximas da Terra.

Para entender isso, basta pensar naquilo que acontece quando vemos o Sol ou a Lua se pondo ou nascendo atrás de uma montanha no horizonte: mesmo que o astro e a montanha estejam *visivelmente* próximos, sabemos que isso é apenas consequência do nosso ponto de vista, pois é claro que a montanha está muito mais perto de nós, já que está aqui mesmo na superfície da Terra. Portanto, lembre-se de que as estrelas também estão dispostas tridimensionalmente no espaço, e as proximidades celestes aparentes entre os astros que vemos é apenas consequência da nossa posição de observação em relação a eles.

No que se refere a quão brilhosa uma estrela será no céu noturno, isso depende de uma série de fatores, como, por exemplo, seu tamanho, sua distância até a Terra, sua temperatura e se há ou não algum encobrimento por nuvens de gás e poeira no seu entorno. Portanto, uma estrela muito grande e mais distante de nós pode acabar parecendo mais brilhante que outra menor e mais próxima.

Tome como exemplo, para contar aos amigos sob o céu estrelado, o Cruzeiro do Sul: a Estrela de Magalhães, na ponta de baixo da “cruz”, é a mais brilhante da constelação, mas não é a mais próxima daqui. Ela está a mais de 300 anos-luz de distância da Terra. Do outro lado, na ponta de cima, a estrela Rubídea é menos brilhante, mas está mais próxima de nós, a menos de 100 anos-luz (logo discutiremos o significado de “ano-luz”). Veja, portanto, como somos iludidos: a distância daqui à Rubídea é cerca da metade do valor correspondente à distância entre ela e a Estrela de Magalhães, que, por sua vez, se mostra mais brilhante no céu noturno.

Essa discussão ainda permite concluir que a visualização das “figuras” das constelações é algo bastante peculiar, relacionada à posição espacial do nosso planeta, que orbita o Sol. Caso vivêssemos em um planeta que orbitasse outras estrelas bastante distantes, nosso céu também teria configurações visíveis totalmente diferentes.

## **UMA JANELA PARA O PASSADO**

Já sabemos que as estrelas que parecem próximas entre si, no céu, não estão necessariamente próximas umas das outras. E quanto ao instante da nossa visualização do céu: será que tudo o que vemos acontecer com as estrelas e galáxias, por exemplo, na noite de hoje, está realmente acontecendo no mesmo momento? Nossa resposta intuitiva pode ser um “sim”, afinal, no dia a dia, a velocidade da luz parece ser infinita e tudo aquilo que observamos “neste exato momento” parece também estar acontecendo “exatamente agora”. O problema é que isso só pode ser considerado correto quando os fenômenos que observamos estão acontecendo relativamente próximos de nós.

O motivo é que, ao contrário do que parece, a luz tem uma velocidade finita: isso significa que é preciso passar um determinado intervalo de tempo para ela sair de algum lugar do espaço e chegar até nós. Porém, dificilmente precisamos nos preocupar com “atrasos observacionais” em eventos cotidianos aqui na Terra, visto que a velocidade da luz é muito grande. A luz viaja, no vácuo, a uma velocidade de 1 bilhão e 80 milhões de quilômetros por hora. Caso um avião voasse nessa mesma velocidade, ele conseguiria completar sete voltas e meia ao redor do nosso planeta em apenas 1 segundo.

Quando essa ideia é aplicada ao Universo, aparece uma unidade de distância definida em termos do tempo que a luz leva para percorrer determinado caminho. Por exemplo, o Sol, que é a nossa estrela mais próxima, está a 150 milhões de quilômetros da Terra, ou, em outras palavras, 8 minutos-luz, pois a luz precisa de 8 minutos para sair do Sol e chegar aqui. Isso gera fatos curiosos como este: se apontamos um telescópio para o Sol, aqui na Terra, e observamos uma explosão solar neste mesmo instante, então sabemos que esse evento já aconteceu há 8 minutos, pois a luz que nos atinge agora saiu do Sol 8 minutos atrás.

A distância de “1 ano-luz” corresponde a cerca de 9,5 trilhões de quilômetros. Assim, quando observamos estrelas localizadas a centenas ou milhares de anos-luz da Terra, estamos sempre observando o estado passado delas, há centenas ou milhares de anos atrás. Para as galáxias, que estão mais longe que as estrelas que vemos no céu noturno, tudo fica ainda mais impressionante: a bela galáxia de Andrômeda, por exemplo, está a 2 milhões e meio de anos-luz daqui. Dessa forma, ao observá-la com um telescópio na noite de hoje, teremos condições de estudar o estado em que ela se encontrava há 2 milhões e meio de anos. Caso queiramos saber o seu estado atual, teríamos que

ficar aqui aguardando chegar a luz que partiu de lá atualmente. E agora você já sabe quanto tempo esse processo duraria, melhor esperar sentado.

Dentro dessa temática, algumas pessoas costumam se perguntar: uma vez que as estrelas, no nosso céu noturno, se apresentam em seus estados passados, será que elas ainda estão lá? Ou será que nosso céu é apenas enfeitado com o brilho de estrelas que já morreram? Para responder a essas perguntas, é preciso conhecer informações sobre o tempo de vida das estrelas, e isso depende da massa delas; mas, para termos uma estimativa, varia entre centenas de milhões e muitos bilhões de anos. Como todas as estrelas que vemos à noite, a olho nu, estão astronomicamente próximas da Terra, até a alguns milhares de anos-luz de distância, então é bem provável que muitas delas<sup>5</sup> não tenham sofrido “grandes mudanças” durante o tempo de viagem da luz que hoje chega até aqui.

Por outro lado, quando usamos telescópios para observar galáxias localizadas a milhões ou bilhões de anos-luz da Terra, passa a ser bastante provável que muitas das estrelas que lá vemos já tenham chegado aos estágios finais de suas vidas estelares. No entanto, muitas outras também podem ter se formado. De qualquer modo, a lição curiosa é que o efeito de atraso temporal, gerado pela finitude da velocidade da luz, torna o céu uma janela importante para a observação do passado.

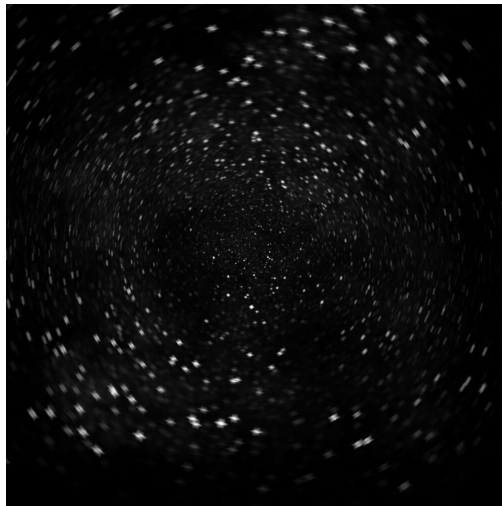
## UM CÉU EM MOVIMENTO

No nosso dia a dia, temos a impressão intuitiva de que nosso planeta está parado e de que todos os astros giram ao nosso redor. Mas já sabemos que é a Terra que gira em torno do Sol, com vários outros planetas. Seria, então, o Sol um astro estático que, este sim, estaria parado, com tudo girando ao seu redor? Também não. O Sol é apenas uma das estrelas da nossa galáxia, a Via Láctea, e se movimenta (com todo o Sistema Solar) ao redor dela, completando uma volta a cada cerca de 250 milhões de anos, um período de tempo que costuma ser chamado de “ano galáctico”. Mesmo a nossa galáxia interage gravitacionalmente com outras galáxias vizinhas, e todas se movimentam. Não há, portanto, nada *absolutamente estático* no Universo.

Sabendo disso, cada estrela da nossa galáxia, o que inclui aquelas que vemos a olho nu, tem um padrão de movimento levemente diferente entre si

(velocidade e direção), além de cada uma delas estar a diferentes distâncias da Terra. Dessa forma, com o passar dos milênios, a disposição das estrelas visíveis no céu noturno vai mudando. Não percebemos isso facilmente ao longo de décadas ou séculos, porque elas estão muito distantes de nós, muito mais distantes que a Lua, o Sol e os demais planetas. E é exatamente por isso que dissemos que os objetos astronômicos pertencentes às constelações estão “aparentemente fixos”, mas, agora, sabemos que, dando tempo ao tempo, os “desenhos” das constelações também serão conseqüentemente modificados. É análogo ao que acontece quando viajamos de carro e observamos as árvores ao lado da estrada, uma montanha distante e a Lua: as árvores rapidamente atravessam nosso campo visual, pois estão muito próximas do carro; a montanha talvez desapareça após algumas horas; mas a Lua parece nos acompanhar constantemente, uma vez que nossa viagem sobre a superfície terrestre não gera mudanças significativas na distância que nos separa dela.

# AS ESTRELAS E O COTIDIANO



Você já parou para pensar na quantidade de fatores que determinam nossa sobrevivência? Dependemos tanto de fatores ambientais adequados (por exemplo, temperatura e umidade) como da nossa alimentação: nutrientes que obtemos e transformamos a fim de conseguir gerar energia para as mais diversas atividades do nosso dia a dia. Bem, mas analisando os elementos da nossa cadeia alimentar, percebemos que as plantas, que podem nos servir como alimentos

diretos ou indiretos (quando, por exemplo, servem de comida para o gado bovino), devem sua sobrevivência ao Sol, pois usam luz solar no processo essencial de fotossíntese.<sup>6</sup> Em última análise, portanto, a vida na Terra está intimamente conectada a uma estrela, o Sol.

O Sol é uma das estrelas da nossa galáxia, não a única. A maioria dos pontos brilhantes que vemos no céu noturno são outras estrelas: algumas semelhantes ao Sol, outras menores, outras maiores, umas mais frias e outras mais quentes. Mas como sabemos disso? Ao longo da história, muita mitologia foi criada para tentar dar sentido ao que se via: em um dos múltiplos exemplos, alguns povos africanos encaravam que a mancha celeste da Via Láctea (a qual voltaremos a explorar mais para frente) era composta por cinzas de fogueira. Em 1835, o filósofo Auguste Comte chegou a aventar, talvez ao refletir sobre as enormes dificuldades de se estudar as estrelas, que jamais teríamos condições de determinar a composição química delas. Comte, no entanto, estava errado.

Em meados do século XVII, Isaac Newton foi o primeiro a mostrar que a luz solar poderia ser decomposta em várias faixas coloridas<sup>7</sup> quando atravessava um *prisma*, uma peça de vidro de formato específico. Hoje sabemos que a luz visível, formada pelas cores do arco-íris, é apenas uma parcela das “ondas eletromagnéticas” encontradas na natureza, formadas pela oscilação periódica de campos elétricos e magnéticos. Uma maneira de caracterização das ondas ocorre por meio de sua “frequência”: como as oscilações são periódicas, repetindo-se continuamente, a frequência das ondas indica o número de oscilações que acontecem em determinado intervalo de tempo de referência, geralmente 1 segundo. Assim, percebemos cores diferentes quando captamos ondas luminosas, da faixa visível, de diferentes frequências. A onda de luz violeta tem uma frequência maior que a de luz vermelha, por exemplo.

O conjunto das ondas eletromagnéticas forma o que chamamos de “espectro eletromagnético”. Dele faz parte a luz visível, como vimos, e também diversas outras faixas de ondas das quais você já deve ter ouvido falar: ultravioleta, raios-X e raios gama estão no conjunto de frequências maiores que as que conseguimos ver; infravermelho, micro-ondas e ondas de telecomunicações formam o segmento de frequências menores.

Agora, estamos prontos para entender como conseguimos superar a profecia pessimista de Comte. A decomposição da luz em seu “espectro” de faixas

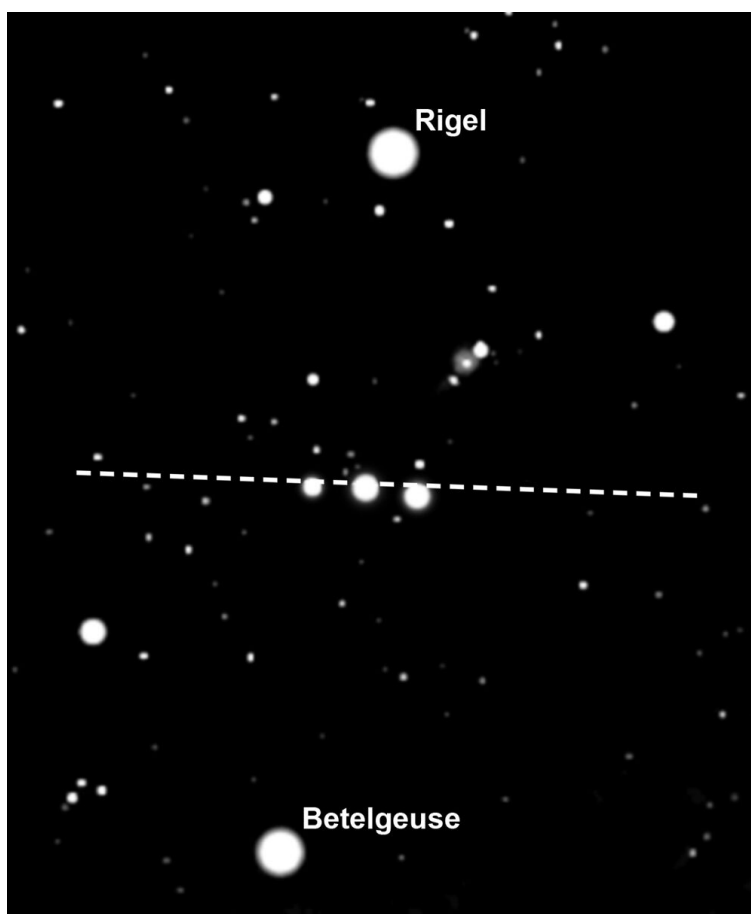
constituintes começou com Newton, mas, ao longo do século XIX, diferentes cientistas engenhosamente se puseram a decompor a luz do Sol e de outras estrelas, fazendo-as atravessar sistemas ópticos capazes de permitir que fossem identificadas as frequências componentes da luz recebida e a intensidade de cada uma delas: a técnica chamada de “espectroscopia”. Por meio de estudos espectroscópicos tanto da luz estelar como de diferentes sistemas aqui mesmo na Terra (com características físicas e químicas, portanto conhecidas e controladas), começou-se a desvendar o segredo das estrelas. Atualmente, conseguimos estudar, usando a luz recebida como matéria-prima, diversas características desses astros, como sua composição química e sua temperatura.

As estrelas não são bolas de fogo, embora tenham aparência semelhante, especialmente ao observar o Sol, que está mais próximo de nós. O motivo é que a ocorrência das reações de combustão depende da existência de oxigênio para reagir com o combustível, mas não há oxigênio no espaço para “queimar as estrelas”. As estrelas se formam pela compressão gravitacional de grandes nuvens de gás e poeira presentes em determinada região do Universo: à medida que essa matéria se comprime para formar uma estrela, atinge temperaturas e pressões bastante elevadas em seu interior. Assim, as estrelas são feitas de átomos, sobretudo hidrogênio e hélio, entretanto a uma temperatura tal que esses átomos não mais se encontram eletricamente neutros, mas sim ionizados, quando elétrons são dissociados deles, deixando os núcleos, positivamente carregados, separados. Ou seja, as estrelas são constituídas de “gás ionizado”, também chamado de *plasma* (considerado um estado físico diferente da matéria), que brilha por decorrência das altas temperaturas encontradas nas estrelas, emitindo luz, de diferentes faixas das ondas eletromagnéticas, para o espaço ao seu redor. Plasma emitindo luz também pode ser encontrado, por exemplo, dentro da estrutura das lâmpadas que formam os “letreros de neon”, em muitas fachadas comerciais.

E aqui vai mais uma dica prática que pode ajudá-lo a desvendar os segredos das estrelas no céu noturno: de modo semelhante ao que acontece com objetos aquecidos, que passam a brilhar com cores diferentes, começando com tonalidades avermelhadas por volta de 600°C a 700°C e passando para o amarelo e para o branco a temperaturas maiores, a cor das estrelas é um indicativo visual para sua temperatura. As estrelas avermelhadas são as de temperatura superficial

menor; as amareladas são intermediárias; e as brancas e as azuladas são as que têm superfícies mais quentes.

Para praticar sua visão de estrelas coloridas, procure pelas famosas Três Marias, que ficam no “cinturão” da constelação de Órion: usando o alinhamento das três como uma espécie de “linha divisória imaginária” da constelação onde elas estão, você conseguirá perceber, de modo bem evidente, duas estrelas, uma azul e uma vermelha, cada uma de um dos lados dessa “linha” (conforme indica a Figura 3). A azulada é Rigel, com temperatura superficial acima de  $10.000^{\circ}\text{C}$ ; a avermelhada é Betelgeuse, que, agora sabemos, é bem mais fria, com temperatura superficial entre  $3.000^{\circ}\text{C}$  e  $4.000^{\circ}\text{C}$ ; e o nosso Sol, uma estrela branco-amarelada, tem temperatura superficial intermediária, entre  $5.000^{\circ}\text{C}$  e  $6.000^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 3**

Algumas estrelas da Constelação de Órion, conforme vista a partir de São Paulo, no céu de janeiro. A linha de referência pontilhada atravessa as conhecidas “Três Marias”. As estrelas identificadas em destaque, dos lados opostos à linha, são Betelgeuse e Rigel.

## **AS ESTRELAS “PISCAM”?**

Como podemos diferenciar os planetas e as estrelas entre os “pontinhos brilhantes” no céu noturno? Há quem diga que as estrelas “piscam” (ou “cintilam”), mas os planetas não. Para entendermos o que isso quer dizer, é importante lembrar que nós estamos observando os astros a partir da superfície da Terra e, portanto, há uma camada significativa de atmosfera ao nosso redor. As propriedades ópticas do ar são diferentes das do espaço entre os planetas e entre nosso Sistema Solar e as estrelas distantes, e ainda podem sofrer variações entre dois pontos distintos da atmosfera, como de uma camada mais alta para

PRÉVIA GRATUITA · OFERTA POR TEMPO LIMITADO

## Você chegou ao fim desta prévia.

Continue lendo "Astronomia: os astros, a ciência, a vi..."  
e mais de 1 milhão de livros — de graça por 30 dias.

★★★★★ Mais de 1 milhão de leitores já aproveitam

### Com o Kindle Unlimited, sua leitura não tem fim:

- ✓ Leia à vontade — explore mais de 1 milhão de títulos sem pagar por livro.
- ✓ Leve para qualquer lugar — baixe o app gratuito e leia onde e quando quiser.
- ✓ Em qualquer tela — celular, tablet, computador ou Kindle — você escolhe.
- ✓ Grandes autores — best-sellers e novos talentos, inclusive títulos em inglês.

**COMEÇAR MEUS 30 DIAS GRÁTIS**

Cobrança só após o período grátis.

- ✓ Pagamento seguro
- ✓ Acesso imediato
- ✓ Cancele quando quiser

Não precisa ter um Kindle: baixe o app gratuito e comece a ler agora.

Se não quiser ler no aplicativo Kindle, compre o livro [clikando aqui](#).