

Revista
Brasileira de

ASTRO NOMIA

Produzida pela Sociedade
Astronômica Brasileira

Ano 3 | Encarte Especial 1



Curso

Astronomia na Esfera

Primeira parte de um curso montado pelo Prof. Roberto Boczko

Editorial

Lançamos a Revista Brasileira de Astronomia para tentar ocupar um nicho editorial pouco explorado no Brasil e dar visibilidade à produção científica da comunidade de astrônomos brasileiros. Neste terceiro ano, resolvemos ampliar um pouco o escopo da revista e propusemo-nos a publicar um curso completo sobre um tópico particular. Este curso é voltado para os primeiros conhecimentos de astronomia praticada na esfera. Ele é ideal para quem está começando a se familiarizar com os conceitos da astronomia tradicional, que jaz na base de toda observação astronômica. O curso é redigido pelo Prof. Roberto Boczko, incansável divulgador que sempre foi muito querido por aqueles que tiveram o prazer de assistir suas aulas e palestras. Boczko consegue tornar cativante um tópico que para muitos parece estéril. Temos certeza que concordarão com isso após ler o texto que ele preparou.

É difícil planejar com tamanha antecedência, mas em princípio esse curso deve ser feito em quatro partes. A primeira parte é distribuída como um encarte digital ao número 9 da Revista Brasileira de Astronomia. A próxima parte, pretendemos, será um encarte digital ao número 10.

Esperamos que essa iniciativa agrade nossos leitores e lhes proporcione grande prazer intelectual, além de eventualmente consolidar a compreensão de assuntos que não tenham sido suficientemente discutidos em seus anos de formação na escola ou em cursos de astronomia básica.

*Helio Jaques Rocha Pinto
Presidente da Sociedade Astronômica Brasileira*

Esquerda

Sol nascendo no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno, Natal - RN, em 03/12/2020 (Crédito: Wandeclyt M./Céu Profundo).

Revista Brasileira de Astronomia

produzida pela
Sociedade Astronômica Brasileira

Conselho Editorial Alan Alves Brito,
Reinaldo Ramos de Carvalho, Lucimara
Martins, Ramachrisna Teixeira,
Thiago Signorini Gonçalves

Editor Helio J. Rocha-Pinto

Equipe de colaboradores Hélio Dotto
Perottoni, Mylena Larrubia, Matheus Bernini
Peron, Douglas Brambila dos
Santos, Maria Luiza Ubaldo de Melo

Contato secsab@sab-astro.org.br

Para anunciar Fale com Rosana no email
acima ou ligue (11) 3091-8684,
Seg. a Sex. 10 às 16 h.

Para submissões

Contacte um membro do conselho editorial



Presidente

Helio J. Rocha-Pinto

Vice-Presidente

Lucimara Martins

Secretária-Geral

Daniela Pavani

Secretária

Maria Jaqueline Vasconcelos

Tesoureiro

Alex Cavalieri Carciofi

Endereço

Sociedade Astronômica Brasileira

Rua do Matão, 1226

05508-090 São Paulo – SP

<http://www.sab-astro.org.br>



VENDO OS MOVIMENTOS DOS ASTROS NO CÉU

Roberto Boczko

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG-USP

A melhor maneira de aprender — e de ensinar — sobre os movimentos que os astros fazem no céu é... olhar para o céu! Nos dias atuais, no entanto, essa atividade está cada vez mais comprometida, seja pela agitação da vida, seja pelas restrições impostas pelos prédios que nos envolvem, seja pela claridade artificial que dificulta a visualização dos astros. Assim, nesse artigo vamos descrever como o céu parece mudar de hora a hora, dia a dia, mês a mês, ano a ano. E, ao mesmo tempo, vamos mostrar características do céu que jamais parecem mudar!

Sistema de referência em astronomia

Se vamos falar sobre movimentos, a primeira coisa a se definir é um *sistema de referência* com relação ao qual os movimentos serão referidos. O mais básico sistema de referência usado em astronomia é o *sistema horizontal*, baseado no *plano do horizonte*. É com relação a ele que observaremos como os astros parecem nascer, elevar-se, atingir o ponto culminante de suas trajetórias, descer e finalmente se pôr.

A forma mais fácil de entender o horizonte é: imagine-se no mar, longe de qualquer costa; onde o mar, em toda sua volta, parece encostar no céu... é o *horizonte*. Claro que podemos substituir o mar por um deserto plano horizontal, mas é de mais difícil materialização. Tudo aquilo que estiver acima do horizonte do observador é visível; tudo abaixo do horizonte não é observável por aquele observador naquele instante.

É claro que o mar não encosta no céu! Aliás, a superfície livre do mar não é plana. Ela segue a curvatura da Terra. Ah, sim... a Terra é curva! A Terra é aproximadamente esférica, como já se sabe há mais de 2 milênios!

Na figura podemos ver que a superfície da Terra só pode ser considerada plana numa pequena extensão. Ao se aumentar a região pesquisada, teremos que levar em conta a curvatura da Terra.

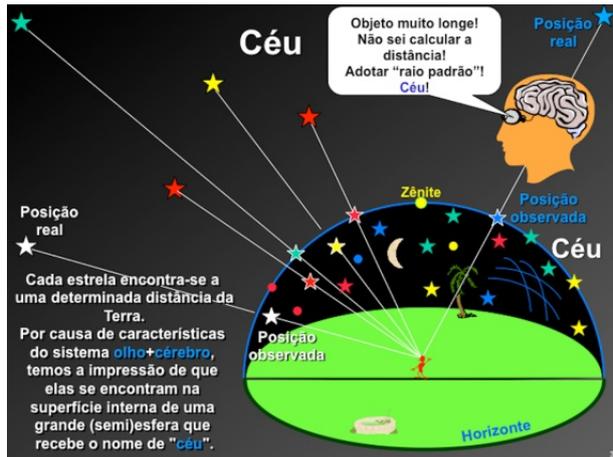


Céu

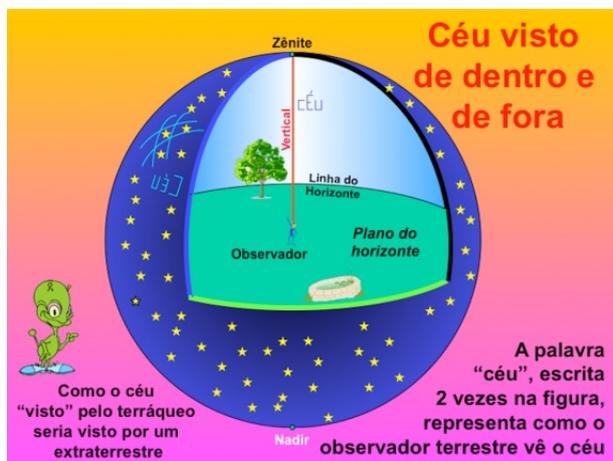
Falando em curvatura, por que o céu parece curvo? Aliás, o que é o céu?

Sabemos que os diferentes astros encontram-se a diferentes distâncias de nós. Essas distâncias são muito, mas muito grandes quando comparadas com os padrões terrestres. As diferentes distâncias astronômicas são tão grandes que o sistema visual do ser humano não consegue diferenciá-las. Parece-nos que todos os astros en-

contram-se a uma mesma distância de nós, “grudados” na parte interna de uma grande abóbada. Essa abóbada, na qual os astros parecem estar dispostos, recebe o nome de *Céu*.



Portanto, o ser humano vê o espaço completamente deformado da realidade: ele vê os astros como se estivessem “grudados” na parte interna de uma superfície esférica imaginária, centrada na pessoa que a observa. Na realidade, os astros estão a diferentes distâncias do observador. Mas é esse céu — a projeção virtual do universo verdadeiro — que nós vemos e é ele que nós vamos estudar!



Como não distinguimos as distâncias até os astros, então, quando dizemos “naquele ponto do céu” estamos, na realidade, dizendo “naquela di-

reção ou sentido do céu”. O ponto mais alto do céu, chamado de *zênite*, é definido como o ponto onde a linha vertical, que passa pelo observador, “fura” o céu. O ponto do céu diametralmente oposto é o *nadir*, que, obviamente não pode ser observado, pois a Terra impede que se veja através dela.

Vendo o céu girar

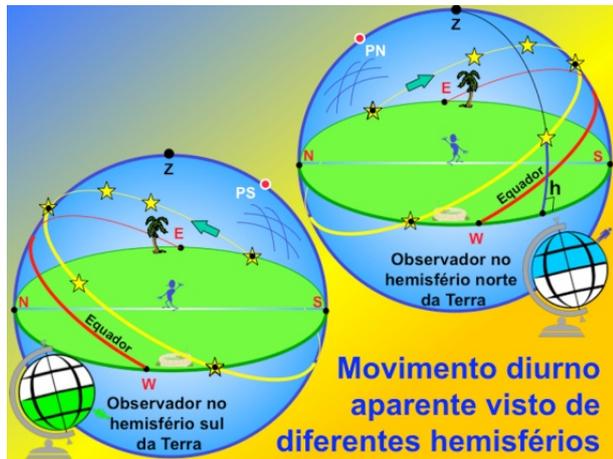
Imagine-se num belo entardecer, com o céu azulado, sem nenhuma nuvem; um céu de brigadeiro, como costumam dizer! O Sol, devagarzinho, vai descendo em direção ao horizonte, o céu vai ficando avermelhado, até que, finalmente, o Sol desaparece. Lentamente a cor do céu vai mudando, escurecendo, até ficar negro. “Pontinhos” brilhantes vão surgindo no céu negro. Conforme a noite vai chegando eles parecem se tornar cada vez mais brilhantes. Eles têm, em geral, coloração amarelada, mas alguns parecem mais azulados e outros mais avermelhados. São as *estrelas*!

Dois fatos devem chamar sua atenção.

O primeiro fato é que as estrelas não ficam paradas no céu com relação ao horizonte do observador. Conforme o tempo vai passando, você percebe que aquelas que estão na região onde o Sol se pôs vão descendo, ou seja, vão se aproximando do horizonte, até que depois de algum tempo, elas se põem, como o Sol já havia feito no início da nossa observação. As estrelas que estão do outro lado, no lado diametralmente oposto ao do pôr do Sol, têm um comportamento diferente: vão, lentamente, subindo no céu. Mas o local de onde elas saem não fica vazio: novas estrelas vão nascendo, como se brotassem da linha do horizonte!

Portanto, nossa observação destaca que [a] as

estrelas de um lado do horizonte parecem nascer, [b] com o tempo vão subindo no céu, [c] passam pelo ponto mais alto de sua trajetória, [d] e em seguida vão descendo no céu, aproximando-se do horizonte, [e] até que, finalmente, se põem, desaparecendo na linha do horizonte. A esse movimento observado das estrelas, com relação ao horizonte, damos o nome de *movimento noturno*¹ aparente. Todas as estrelas visíveis participam desse movimento. Devemos notar que cada estrela tem sua própria trajetória aparente no céu, trajetória essa que se repete, invariavelmente, noite após noite.

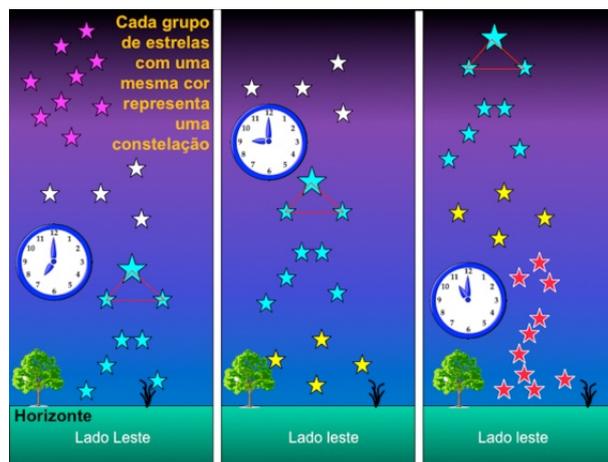


Vamos chamar de *arco vertical*, qualquer arco de 90° que desce do zênite e cruza o horizonte num ângulo reto (90°). O arco vertical que passa por um astro será o *arco vertical* desse astro. O ponto do cruzamento desse arco com o horizonte será o *Pé do Astro*. O ângulo medido desde o pé do astro até o astro será chamado de *Altura Angular*² do astro. Assim, o astro tem altura zero no seu nascimento; sua altura vai crescendo com o passar do tempo; atinge um máximo no auge de sua trajetória; em seguida sua altura vai diminuindo até que se torna zero quan-

do atinge o horizonte no seu ocaso. Abaixo do horizonte, dizemos que sua altura é negativa e aí o astro não é visível.

Passemos agora ao segundo fato a ser observado.

Sim, sim... as estrelas parecem mudar de posição no céu! Mas será que elas mudam de posição umas com relação às outras? Resposta: não!³



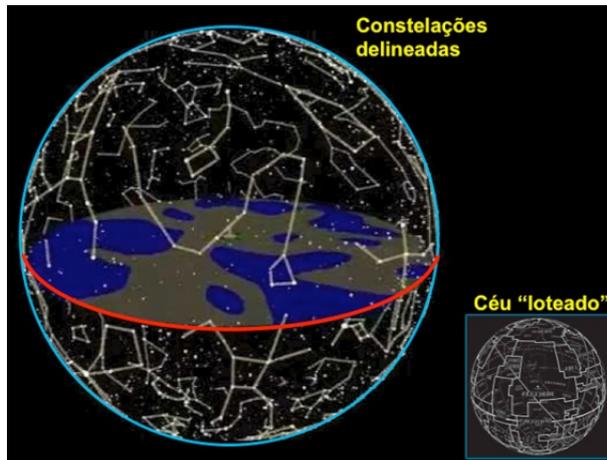
Escolha três estrelas quaisquer e imagine o triângulo que elas formam no céu. Observe esse triângulo ao longo da noite. Você verá que o triângulo de estrelas se desloca no céu, mas continua sempre com a mesma forma inicial. Noutras palavras, aquelas 3 estrelas não se movem umas com relação às outras. Como você pode ter escolhido as 3 estrelas que quis, o mesmo acontece com qualquer outro grupo de 3, ou de 4 ou de quantas estrelas você quiser escolher. Conclusão dessa observação: as estrelas são fixas umas com relação às outras. Usando sua imaginação, você pode escolher um grupo de estrelas que lhe lembre algum objeto ou ser. Os antigos fizeram a mesma coisa há milhares de anos e criaram as chamadas *constelações*, ou seja, grupos de estrelas cuja disposição pode ser associada a algu-

1 Geralmente ele é chamado de movimento diurno, indicando que elas participam de um ciclo de cerca de 1 dia. Não há na língua portuguesa um adjetivo que se refira apenas à parte clara do dia, ou seja que sirva de complemento temporal do adjetivo *noturno*.

2 Na prática a *altura angular* é chamada apenas de *altura*.

3 Na realidade as estrelas mudam de posição umas com relação às outras devido aos seus *movimentos próprios*, mas esses movimentos são muito pequenos e são imperceptíveis a olho nu ao longo da vida de uma pessoa.

ma figura conhecida, real ou imaginária: um leão, uma deusa, uma balança, um escorpião, um centauro, etc.⁴ Assim, o que chamamos de céu noturno parece uma enorme bola negra na superfície interna da qual estão fixas as estrelas que formam constelações “imutáveis”. O céu pode girar, mas cada estrela fica sempre na mesma posição com relação às demais estrelas.

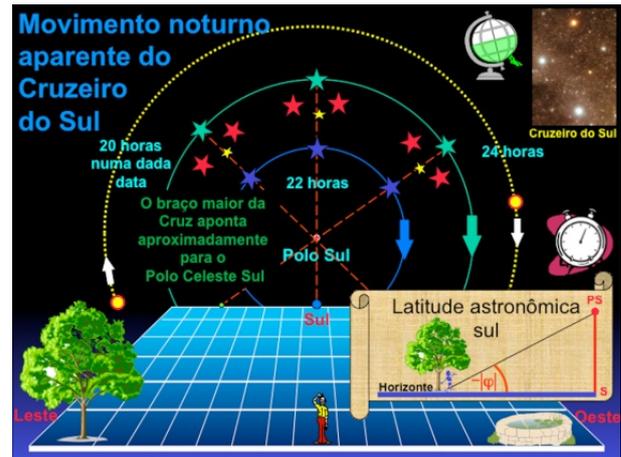


Conclusão: as estrelas se movem com relação ao horizonte, mas são fixas umas com relação às outras.

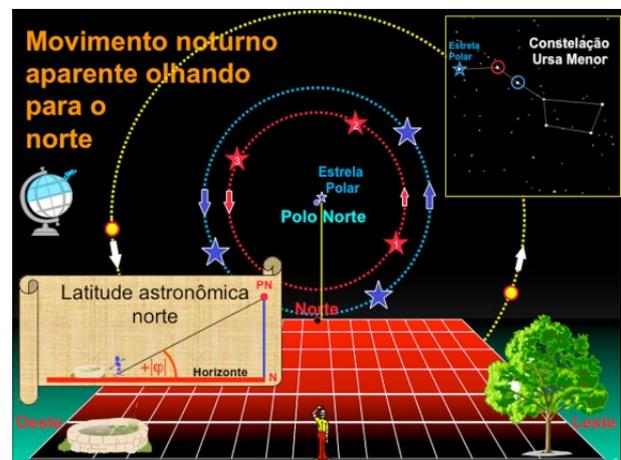
De hemisférios diferentes

Dissemos que as estrelas nascem de um lado do horizonte e se põem no outro; mas se você observar com atenção, verá que nem todas as estrelas nascem e se põem! Algumas estrelas parecem ficar constantemente acima do horizonte. Essas estrelas são chamadas de *circumpolares* visíveis. Quando, aqui do hemisfério sul da Terra, observamos essas estrelas, percebemos que, ao longo da noite, cada uma delas parece descrever, no *sentido horário*, uma circunferência no céu; os centros de todas essas circunferências coincidem, e ele é chamado de *Polo Celeste*

Sul (PS). A altura do PS, com o sinal negativo, é chamada de *Latitude Astronômica* ϕ do local. Considerando a Terra esférica, ela é numericamente igual à *latitude geográfica*⁵ do observador.



Se você for para o hemisfério norte da Terra, verá que aparecerão no céu algumas constelações que daqui do hemisfério sul você não podia ver. Lá você poderá observar novas estrelas circumpolares; algumas das circumpolares, que eram vistas do hemisfério sul, deixarão de ser visíveis. Uma diferença fundamental é que essas novas estrelas circumpolares girarão em torno de um novo centro e... no sentido anti-horário! Esse centro será chamado de *Polo Celeste*



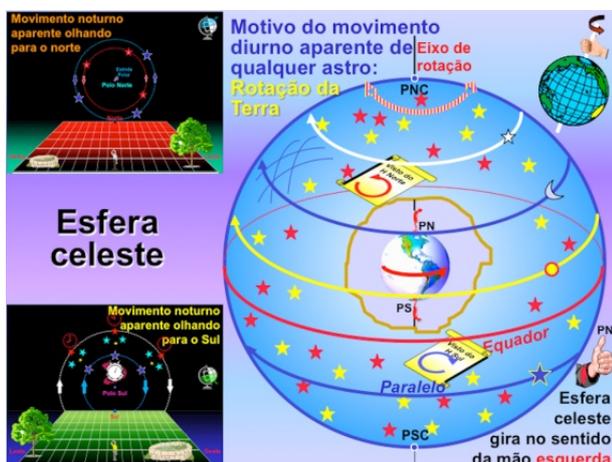
⁴ O conceito atual de constelação difere um pouco de seu conceito inicial: o céu foi dividido em “lotes” com formatos que abrigassem as constelações antigas; cada lote recebe o nome da constelação que ele abriga. Assim, nenhum astro do céu está “fora” de uma constelação.

⁵ É a distância angular do observador até o equador terrestre.

Norte (PN). A altura do PN, com o sinal positivo, é chamada de *Latitude Astronômica* ϕ do local.

Esfera celeste

Então... se você juntar as observações feitas desde cada um dos hemisférios, você poderá perceber que o céu noturno deve parecer uma grande esfera que gira em torno de um eixo imaginário que passa pelos polos celestes e pelo observador terrestre. Essa esfera recebe o nome de *Esfera Celeste*.



Passando pelo observador, tracemos o plano imaginário que seja perpendicular ao eixo de rotação da esfera celeste. Esse plano cruza o céu na circunferência chamada de *Equador Celeste*. Ele divide o céu em dois hemisférios: o norte é aquele que contém o polo celeste norte, e o sul, o que contém o polo celeste sul.

Vale a pena citar que o tamanho da Terra, quando comparado com as dimensões das distâncias estelares, é muito pequeno. Dessa forma, apesar de o ser humano viver sobre a superfície da Terra, para efeitos astronômicos em geral, podemos supor que estamos no centro da esfera celeste!

Escolha uma estrela no céu. Passe por ela a semicircunferência que vai de polo a polo. Esse arco será o *arco meridiano* ou *semicircunferência meridiana* daquela estrela. Esse arco cruza o equador sob um ângulo reto. Chamemos de pé do arco no equador o cruzamento desse arco com o equador. O ângulo entre o *pé do arco no equador* e o astro recebe o nome de *declinação* do astro. A declinação é representada pela grega delta δ . Quando o astro está no hemisfério norte sua declinação é considerada positiva; no hemisfério sul será negativa. Assim, quanto maior o módulo da declinação $|\delta|$ de um astro, mais distante ele se encontra do equador.



Vamos escolher, arbitrariamente, um ponto qualquer⁶ sobre o equador celeste. Imagine-o como uma estrelinha sobre o equador celeste. Vamos nomeá-lo de *Ponto Gama* (γ). A partir desse ponto vamos dividir o equador celeste em 360 partes iguais, cada uma valendo 1° . A sequência 0, 1, 2, ..., 359 deve ser contada no *sentido oposto* ao sentido em que a esfera celeste parece girar. Desse modo, a numeração 1 se põe depois da numeração 0; a 2 depois da 1; e assim por diante. Essa numeração recebe o nome de *Ascensão Reta*⁷, e é representada pela letra grega alfa α .

⁶ Veremos mais tarde como esse ponto é escolhido..

⁷ Muitas vezes, na prática, divide-se o equador em 12 partes, cada uma delas tendo 15° e que recebe o nome de 1 hora. Assim, a numeração 60° é chamada de 5 horas.

Já vimos que cada estrela tem sua declinação. Vamos, agora, definir a outra coordenada dessa estrela. O ângulo que vai desde o Ponto Gama até o pé do arco da estrela escolhida recebe o nome de ascensão reta daquela estrela. Assim, a *posição* de uma estrela, com relação ao sistema de referência Equador Celeste + Ponto Gama + Polo Celeste Norte pode ser dada pela ascensão reta da estrela e pela sua declinação: (α, δ) . Cada estrela tem seu próprio par (α, δ) . É como se o par representasse o nome e o sobrenome da estrela.

Definindo os pontos cardeais usando as estrelas

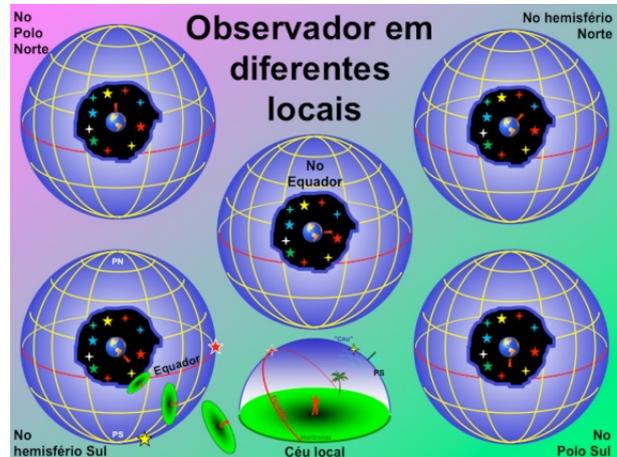
O *Ponto Cardeal Norte* (N) é definido como sendo o pé do Polo Celeste Norte: cruzamento do arco vertical que vai desde o zênite até o horizonte, passando pelo Polo Celeste Norte. Substituindo o Polo Celeste Norte pelo correspondente Sul, teremos o *Ponto Cardeal Sul* (S). Os pontos cardeais norte e sul são diametralmente opostos. A linha horizontal que une esses dois pontos recebe o nome de *linha meridiana* local. A semicircunferência que passa pelos pontos cardeais norte e sul e pelo zênite se chama *meridiano zenital* do local.

A linha horizontal que passa pelo observador, e é perpendicular à linha meridiana, recebe o nome de linha Leste-Oeste. Onde essa linha cruza o horizonte, do lado em que os astros nascem, recebe o nome de *Ponto Cardeal Leste* (L ou E). No sentido diametralmente oposto temos o *Ponto Cardeal Oeste* (O ou W). Notar que a linha do equador celeste cruza o horizonte nos pontos Leste e Oeste.

Observando o movimento diurno das estrelas de diferentes locais

Devemos notar que o céu com as estrelas é sempre o mesmo, mas, dependendo da posição

do observador na Terra, ele verá essa esfera estrelada sob diferentes aspectos.

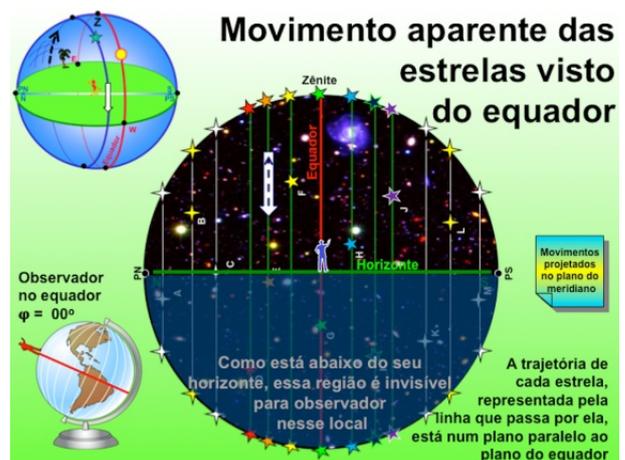


Representando a Terra na sua posição tradicional, com o Polo Norte para cima, um observador no hemisfério sul pareceria, no desenho, meio inclinado e de cabeça para baixo.

Na figura central inferior, representamos como esse observador vê a parte da esfera de estrelas visível naquele local e naquele instante.

As 3 figuras seguintes mostram os movimentos diurnos aparentes das estrelas visíveis para observadores no equador, no hemisfério sul e no polo sul da Terra.

Na esfera menor está representado o movimento diurno tridimensionalmente. Na figura central maior está representado o movimento projetado no plano do meridiano do observador.





Observando o movimento diurno aparente do Sol

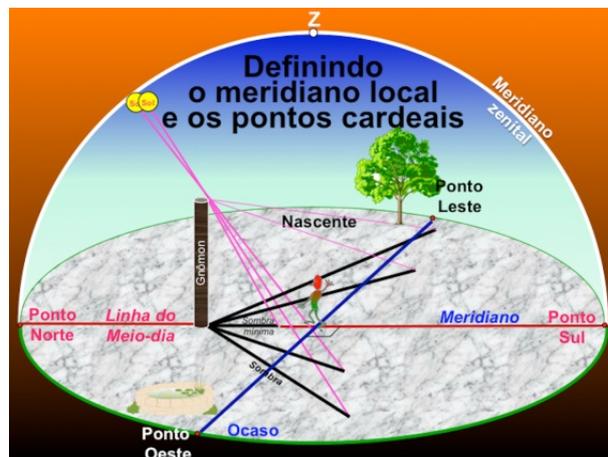
Quando o Sol nasce, ele o faz no mesmo lado leste em que nascem as estrelas, mas não necessariamente no ponto leste. Conforme o tempo passa, a altura do Sol vai aumentando até que ele atinge o meridiano zenital; a partir daí, sua altura vai diminuindo até zerar quando ele se põe no lado do oeste. Os pontos do nascer e do ocaso do Sol são simétricos⁸ com relação à linha meridiana.

Se observarmos a sombra de um poste vertical, verificamos que o comprimento da sombra projetada pelo Sol no chão horizontal vai diminuindo desde o nascer do Sol até que o Sol esteja no



meridiano zenital; nesse instante o comprimento da sombra é o mínimo daquele dia e se projeta ao longo da linha meridiana. Após esse instante, a sombra começa a aumentar de tamanho até o Sol se pôr.

O instante, em que a sombra está sobre a linha meridiana local, divide ao meio a parte clara do dia. Assim, esse instante é chamado de *Meio Dia Local*.



O movimento diurno aparente do Sol não é o mesmo dia após dia

Ao observarmos o movimento diurno aparente do Sol ao longo do tempo, verificamos que a cada dia o Sol nasce num ponto ligeiramente diferen-

⁸ Veremos mais para frente que essa simetria nem sempre é perfeita.

te do nascer do dia anterior. Além disso, a cada dia o comprimento da sombra ao meio dia muda com relação ao comprimento da mesma no dia anterior, o que significa que a altura do Sol ao meio dia varia conforme os dias passam.



Traçando o arco que representa a trajetória do Sol num dado dia, vemos, pois, que esse arco varia de dia para dia, mas o plano que o contém é sempre paralelo⁹ ao plano do equador celeste. Ora, se o plano da trajetória varia de dia para dia, isso significa que a declinação do Sol não é constante. Isso difere do que acontece com declinação de uma estrela.

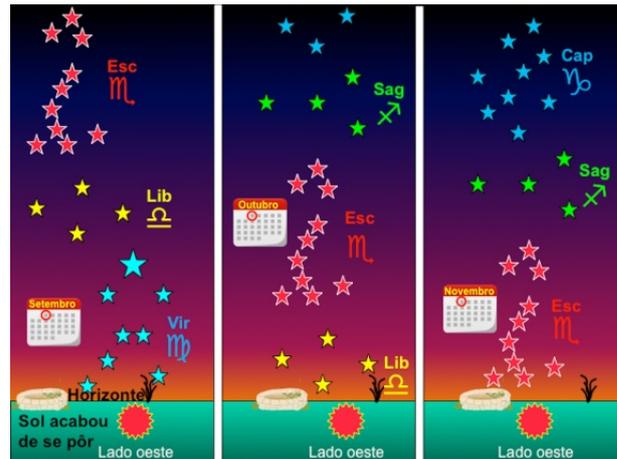
Movimento anual aparente do Sol

Vamos, agora, observar a posição do Sol com relação às estrelas. Isso parece complicado, pois o Sol é visível somente durante o dia, enquanto que as estrelas são visíveis apenas à noite! Mas existe um truque para poder interrelacionar as posições do Sol e das estrelas!

Ao entardecer, sentemo-nos numa confortável cadeira de modo que possamos observar o lado oeste do hori-



zonte. Devagarzinho o Sol vai se pondo, até que desaparece no horizonte; digamos que isso aconteça bem atrás de um pequeno arbusto distante.



Começa a escurecer. As estrelas mais brilhantes começam a aparecer no céu. Olha lá! As estrelas que estão pertinho do referido arbusto eu reconheço: são as estrelas da constelação da Virgem! Isso significa que o Sol, quando se pôs, estava na constelação da Virgem! Façamos a mesma observação cerca de 1 mês depois. Veremos que a constelação que aparece logo depois do pôr do Sol, na região do ocaso, é a constelação da Balança (Libra). Mais um mês e o Sol se põe na constelação do Escorpião. Assim sucessivamente, até que depois de 12 meses o Sol volta a ser pôr na mesma constelação com que começamos nossas observações vespertinas: na constelação da Virgem.

Com esse ardil, apesar de não podermos ver o Sol e as estrelas concomitantemente, pudemos observar que a constelação que aparece, logo depois do ocaso, no lugar do ocaso do Sol, varia de mês a mês, indicando que o Sol parece se movimentar com relação às estrelas fi-

⁹ Veremos, mais para a frente, que isso não é totalmente verdadeiro.

xas! Esse movimento do Sol com relação às estrelas recebe o nome de *movimento anual aparente do Sol*, e ele se repete a cada *período* de 1 ano.

Se planificarmos a esfera das estrelas e representarmos nela a trajetória que o Sol parece fazer por entre as constelações, veremos que o Sol, ao longo do ano, com relação às estrelas, se desloca de oeste para leste, ou seja, no sentido oposto ao do movimento diurno aparente. Percebemos também, que o Sol, ora se afasta, ora se aproxima do equador celeste.

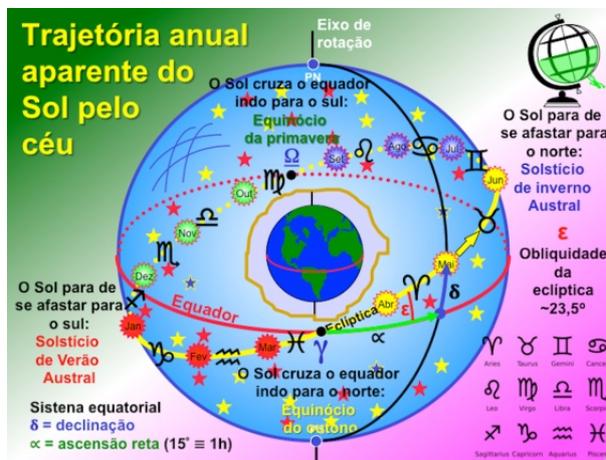
A figura abaixo representa o céu visto por um observador no hemisfério sul da Terra e olhando para a direção do ponto cardeal norte. À sua direita está a direção leste.



A eclíptica e as estações do ano

Assinalemos, na esfera das estrelas, as constelações pelas quais o Sol pareceu passar ao longo do ano. Verificamos que são 12 constelações, chamadas de *Constelações Zodiacais*¹⁰. Se detalharmos melhor nossa observação, podemos posicionar o Sol dia a dia com relação às estrelas. A sucessão desses pontos na esfera celeste representa a *trajetória anual do Sol* com relação às

estrelas. Essa trajetória recebe o nome de *Eclíptica*.



Essa trajetória está inclinada cerca de 23,5° com relação ao equador celeste e ela cruza o equador celeste em 2 pontos. O *ponto Gama* γ é o ponto do equador onde o Sol passa do hemisfério sul para o norte. Ele é chamado também de *Primeiro Ponto de Áries*, ou de *Ponto Vernal*. Diametralmente oposto, no ponto onde o Sol cruza o equador indo do hemisfério norte para o sul, está o *Ponto Libra* Ω . Depois de passar pelo Ponto γ , o Sol, dia a dia vai se afastando do equador celeste, para o norte, aumentando sua declinação δ , até atingir o ponto mais afastado: o *Solstício Boreal* (do hemisfério norte). Nesse dia a declinação do Sol atinge +23,5°. Igualmente, depois de passar pelo ponto Libra Ω , o Sol caminha, dia após dia, afastando-se do equador, agora em sentido ao sul, até atingir o máximo afastamento sul, quando então sua declinação é de -23,5°, com o sinal negativo indicando sul. Esse ponto de máximo afastamento sul recebe o nome de *Solstício Austral* (do hemisfério sul).

As datas dos equinócios e dos solstícios definem os inícios das estações do ano. As estações do ano serão melhor detalhadas na conti-

¹⁰ Devido às diferenças de conceito antigo e moderno de constelação, existe uma décima terceira constelação pela qual o Sol parece passar: Ofiúcos (Cuidador da Serpente). Mas, para efeitos práticos, continuamos a dizer que existem 12 constelações zodiacais. Errando, mas com conhecimento de causa!

Datas de Solstícios e Equinócios

	Equinócio Ponto γ	Solstício Boreal	Equinócio Ponto Ω	Solstício Austral
Data aproximada	21 de março	22 de junho	23 de setembro	22 de dezembro
Constelação original ¹¹	Áries	Câncer	Libra	Capricórnio
Início da estação boreal	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Início da estação austral	Outono	Inverno	Primavera	Verão

nuação desse curso.

Explicação do movimento diurno aparente das estrelas

Até aqui dissemos que o movimento diurno aparente fazia com que as estrelas parecessem fixas à esfera celeste e esta esfera girava em torno de um eixo que passava pelos polos celestes. Este eixo se chamava de *eixo do mundo*.

Hoje sabemos que na verdade o céu é fixo e que é a Terra que gira em torno desse eixo. É a rotação da Terra que faz com que as aparentes trajetórias diurnas das estrelas se façam em planos paralelos ao plano do equador. O plano do movimento diurno aparente de cada estrela dista de um ângulo δ do plano do equador. A declinação δ de cada estrela é constante para cada estrela.

Compondo o movimento diurno com o movimento anual do Sol

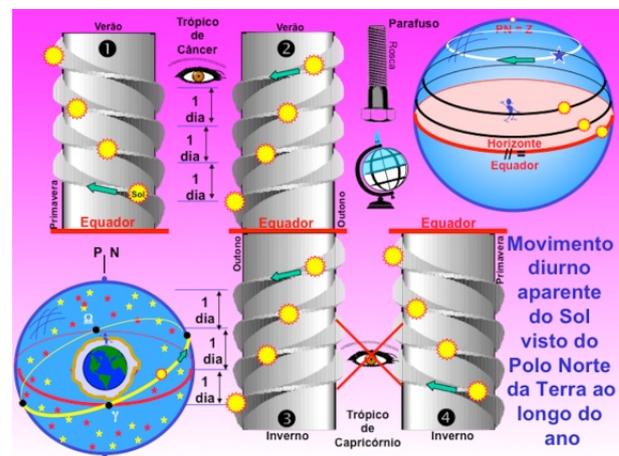
Ora, mas por causa do movimento anual aparente do Sol, sabemos que sua declinação varia de dia para dia (na verdade de instante para instante!). Isso significa que o movimento diurno aparente do Sol não pode estar num plano perfeitamente paralelo ao plano do equador. Então

qual a forma da trajetória diurna do Sol ao longo do ano?

Teremos que associar o movimento diurno, mais ou menos circular uniforme, com um movimento que, dia a dia, vai deslocando o Sol de modo a, ora afastá-lo do equador, ora aproximá-lo do equador celeste.

Grosseiramente poderíamos dizer que o Sol parece realizar no céu uma trajetória que lembra a forma da rosca de um parafuso.

so.



Do início da primavera boreal a rosca do parafuso vai se afastando do equador em direção ao polo norte. Desde o início do verão boreal, a rosca leva o Sol de volta às proximidades do equador. Cruza o equador no início do outono bo-

¹¹ Devido à precessão, atualmente as constelações correspondentes são outras. Isso será abordado numa próxima edição da RBA.

real e agora a rosca leva o Sol em direção ao polo sul. Desde o início do inverno boreal a rosca leva o Sol em direção ao equador, completando o ciclo de 1 ano.

Lembremos que os pontos o mais ao norte e o mais ao sul do equador que o Sol pode chegar ocorrem nos solstícios, quando as declinações do Sol atingem, respectivamente, $+23,5^\circ$ e $-23,5^\circ$ aproximadamente.

Assim, por causa dessa composição de movimentos, o movimento diurno aparente do Sol não ocorre numa trajetória contida num plano paralelo ao equador, mas... para a maioria das aplicações podemos adotar que a trajetória diurna aparente do Sol ao longo de um dia é praticamente paralela ao plano do equador. Mas, é importante que se leve em conta que essas trajetória diurnas do Sol mudam de plano, dia após dia, ficando, mais ou menos, paralelas umas às outras.

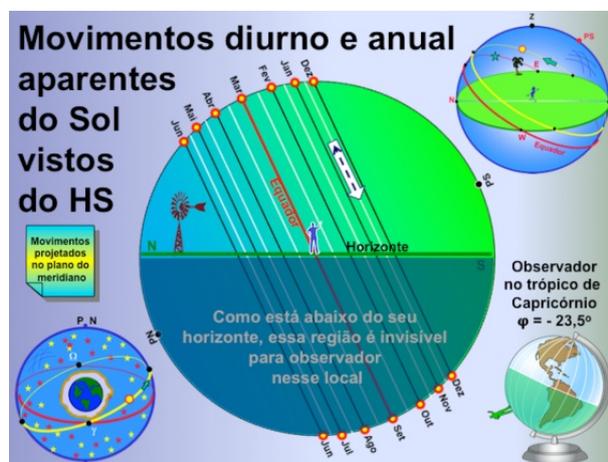
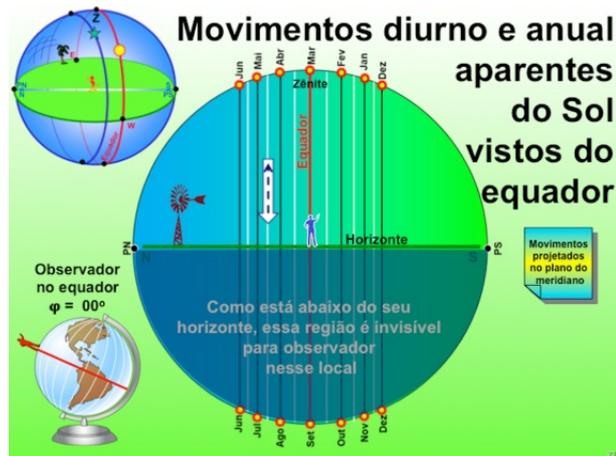


motivo pelo qual o Sol fica visível desde o início da primavera até o fim do verão: ele fica sempre acima do horizonte do observador polar. A parte clara do dia durará cerca de 6 meses. Por outro lado, desde o início do outono até o fim do inverno o Sol ficará abaixo do horizonte e, portanto, será invisível para aquele observador. A noite durará cerca de 6 meses.

Para um observador no equador da Terra, o polo norte celeste PN coincidirá com o ponto cardinal norte N, e o equador passará pelo zênite. A figura mostra que as trajetórias diurnas aparentes do Sol serão sempre perpendiculares ao horizonte. E como o Sol muda de declinação (ângulo até o equador) com o passar dos dias, cada dia o Sol nasce numa posição ligeiramente diferente da posição de nascer do dia anterior. Chama a atenção o fato que em todos os dias do ano a duração da parte clara do dia é igual à da noite.

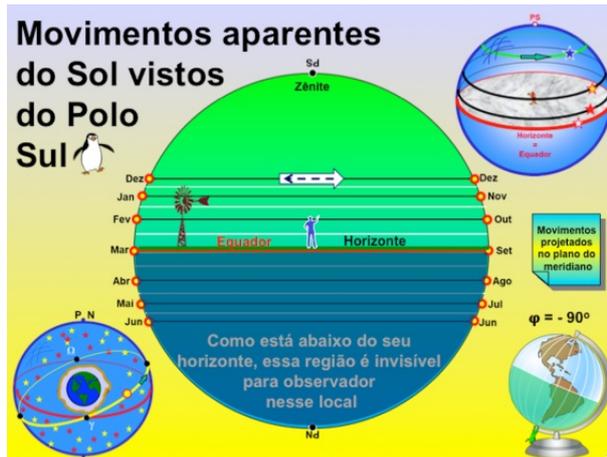
Observando o movimento diurno aparente do Sol em diferentes latitudes

Conforme visível no esquema, para um observador no polo norte da Terra, o PN e o Zênite coincidem, o mesmo acontecendo com o equador celeste e o horizonte local. Fica fácil ver o



Para um observador em algum lugar entre o equador terrestre e o polo sul, o polo sul celeste estará a uma altura com o módulo de ϕ . O equador celeste passará a um ângulo $|\phi|$ do zênite do observador. Os astros todos, incluindo o Sol, realizarão movimentos diurnos aparentes em planos que formam um ângulo $90^\circ - |\phi|$ com o plano do horizonte local. Pelo esquema pode-

mos ver que a parte clara do dia depende da época do ano considerada. Os dias claros são mais longos perto de dezembro e mais curtos perto de junho.



Para um observador no polo sul da Terra, o zênite coincidirá com o polo celeste sul e o equador coincidirá com o horizonte. Ele verá o Sol acima do horizonte durante a metade do ano e terá noite durante a outra metade¹² do ano •

Este curso continua no próximo trimestre, como encarte à RBA 10.

Todas as ilustrações usadas neste artigo são protegidas por direitos autorais de Roberto Boczko.

¹² Por causa da refração e da dispersão da luz solar, entre o dia claro e a noite existe um período chamado crepúsculo, fazendo com que a noite seja mais curta que o dia claro. Isso ficará para um outro artigo da RBA.



S.A.B.