

possantes. Quanto maior o telescópio utilizado, mais luz é captada, e isto nos permite enxergar objetos mais tênues.

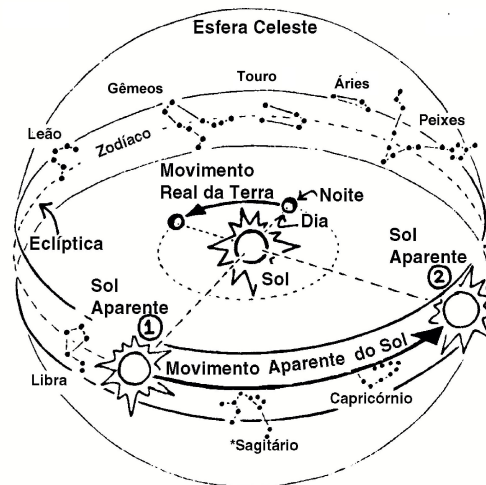


Figura 2.3 Zodíaco (Adaptado de D.L.Moché, 1989, Fig. 1.8, p.16)

2.2 O movimento diurno

Passemos agora à discussão de um fenômeno corriqueiro: o dia. Este intervalo de 24 horas, é composto de um período claro (ou diurno ou, simplesmente, dia), de um período escuro (ou noturno ou, simplesmente, noite) e de curtos períodos de transição (crepúsculos).

No período diurno, o Sol está praticamente presente durante todo o tempo. Além dele, às vezes vê-se a Lua e/ou Vênus (este, pouco antes do amanhecer ou logo no começo da noite). A luz solar, ao atravessar a atmosfera da Terra, sofre espalhamento, isto é, os raios luminosos são desviados de suas direções originais. Isto provoca a difusão da luz por toda a atmosfera e a claridade se faz presente por toda parte (fato semelhante ocorre quando estamos sob neblina: a claridade está por toda parte, mas nem sempre enxergamos o Sol). A cor azulada do céu, mais acentuada nas regiões mais afastadas do Sol, é devida ao espalhamento da luz solar pelas moléculas de nitrogênio, que espalham com mais eficiência a luz de cor azul. Já as partículas sólidas, principalmente a poeira, espalham com mais eficiência a luz de cor vermelha.

No período noturno, o Sol desaparece e surgem os demais astros de brilhos mais débeis. Na realidade, os astros estão sempre presentes, mas são ofuscados pela claridade provocada pelo espalhamento da luz solar na atmosfera terrestre. Num eclipse total do Sol, este fenômeno pode ser constatado com facilidade: durante o período da totalidade (escuridão) os astros se tornam visíveis.

Finalmente, devido à presença da atmosfera a mudança entre os períodos noturno e diurno, e vice versa, não se faz repentinamente, mas gradativamente. Este fenômeno é conhecido por *crepúsculo*. Na Lua, por exemplo, não há crepúsculo: a passagem entre dia e noite (e vice versa) é repentina.

Como já foi dito anteriormente, o movimento aparente dos corpos celestes sempre se dá do leste para o oeste, isto é, nascem no leste e se põem no oeste. Isto é uma decorrência do movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo, no sentido oposto: de oeste para leste.

Para um observador situado exatamente sobre o *equador* terrestre (Figura 2.4A) o movimento diurno se dá segundo trajetórias perpendiculares ao *horizonte local*. Um corpo nascendo exatamente no Leste se porá exatamente no Oeste e passará pelo *zênite* do observador, que é o ponto na esfera celeste posicionado exatamente acima da cabeça do observador. Nos demais casos, os arcos continuarão a ser perpendiculares ao horizonte local, porém serão menores à medida em que se aproxima dos pólos, e não passarão pelo zênite do observador.

Se o observador estiver exatamente sobre um dos pólos terrestres, norte ou sul, ele verá o movimento diurno se processando segundo trajetórias circulares paralelas ao horizonte local. As trajetórias maiores serão apresentadas pelos objetos mais próximos do horizonte, e as

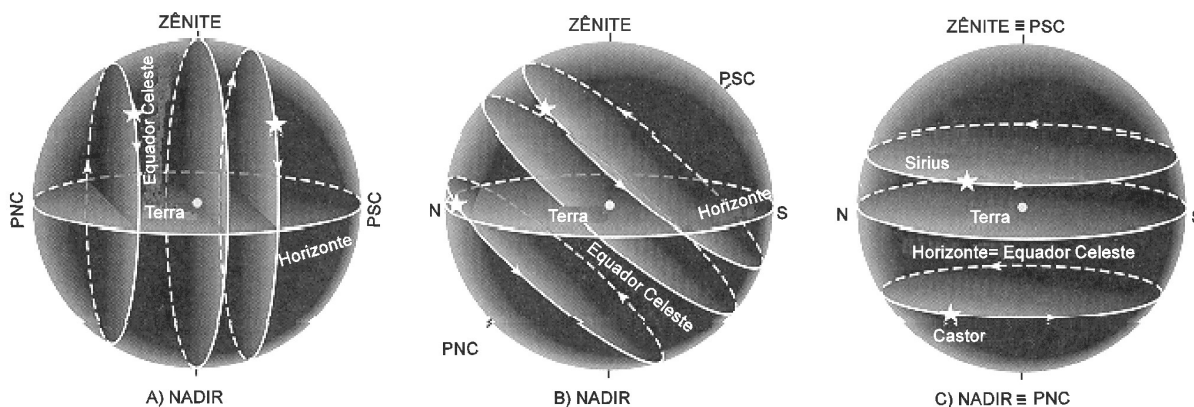


Figura 2.4 Movimento aparente visto no equador (A), nas latitudes $\varphi = \pm 45^\circ$ (B) e nos pólos (C).
(Adaptado de J.B.Kaler, 1994, Fig. 2.16, p.24)

menores pelos objetos mais próximos do zênite local (Figura 2.4C). Aqui não haverá nascente ou poente, porque todos os astros estarão sempre acima do horizonte local. Isto pode constataro durante os dias escuros do inverno local, já que o Sol estará sempre abaixo do horizonte. Outra particularidade dos pólos, é que para um observador situado exatamente sobre o pólo, por exemplo o pólo Norte, não haverá pontos cardeais, mas apenas o Norte. Qualquer que seja a direção de deslocamento, ela será sempre para o Sul.

Fora dessas posições particulares, o movimento diurno se fará segundo arcos inclinados para o sul, se o observador estiver no hemisfério norte, ou para o norte, no caso contrário (o nosso). Um astro que nascer exatamente no Leste, se porá exatamente no Oeste, porém não passará pelo zênite do observador (Figura 2.4B). É fácil constatar que os arcos do movimento diurno estão inclinados relativamente ao zênite de um ângulo idêntico ao da latitude local.

Numa noite de céu aberto, de preferência em local bem escuro, nos colocando de frente para o Sul, com o Leste à nossa esquerda, poderemos constatar o seguinte: a cerca de $23,5^\circ$ acima do horizonte local há um ponto imaginário ao redor do qual giram todas as estrelas visíveis. Este é o *pólo sul celeste* (PSC). Todas as estrelas que estiverem dentro do círculo, com centro no PSC e tangente ao horizonte, estarão sempre visíveis (evidentemente, elas só podem ser vistas à noite porque a luz diurna impede a observação neste período; veja a Figura 2.5A). Elas jamais nascem ou se põem, porque são estrelas circumpolares¹ (veja a capa desta apostila). A dimensão desta *calota polar* é definida pela latitude local. As calotas polares dos

¹ estrelas que circulam o pólo.

observadores situados exatamente sobre os pólos é o hemisfério acima do horizonte local, porque a latitude será 90° . Já os observadores situados no equador, não terão estrelas circumpolares, porque lá a latitude é zero.

2.3 O movimento anual

Outro fenômeno que pode ser constatado é que o Sol, embora nascendo sempre à leste, não surge sempre no mesmo ponto do horizonte; veja a Figura 2.5A. Próximo ao dia 21 de março (equinócio² de outono) ele nasce exatamente sobre o Leste e se põe exatamente no Oeste. Aproximadamente, de 21 de março até 21 de junho (solstício² de inverno), o Sol vai nascendo gradativamente mais a nordeste, e se põe mais a noroeste. A partir daí, o nascente volta a se deslocar para o leste, e o poente para sudoeste, até aproximadamente 21 de setembro (equinócio² da primavera) o Sol nasce exatamente no Leste e se põe no Oeste. Daí para frente, o nascente se desloca para sudeste e o poente para sudoeste, até aproximadamente 21 de dezembro (solstício² do verão). Após esta data, o nascente volta a se deslocar para o leste, e o poente para oeste, fechando o ciclo. Entre 21 de março e 21 de setembro, o Sol permanece menos tempo visível (o arco da trajetória aparente é menor), por isso o dia (período diurno) é mais curto. Em contrapartida a noite é mais longa. Já entre 21 de setembro e 21 de março, ele permanece mais tempo visível (o arco de trajetória é maior), o dia é mais longo e a noite mais curta.. Fenômeno oposto ocorre no hemisfério norte.

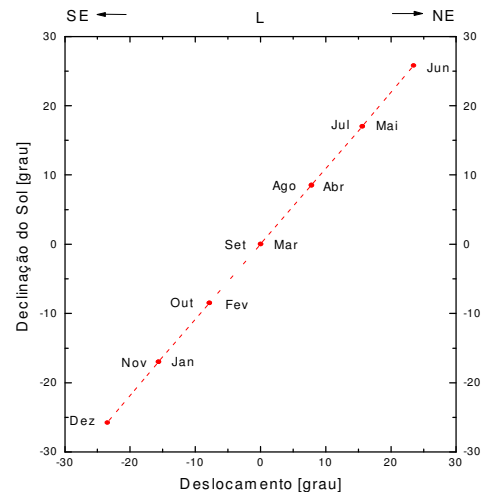
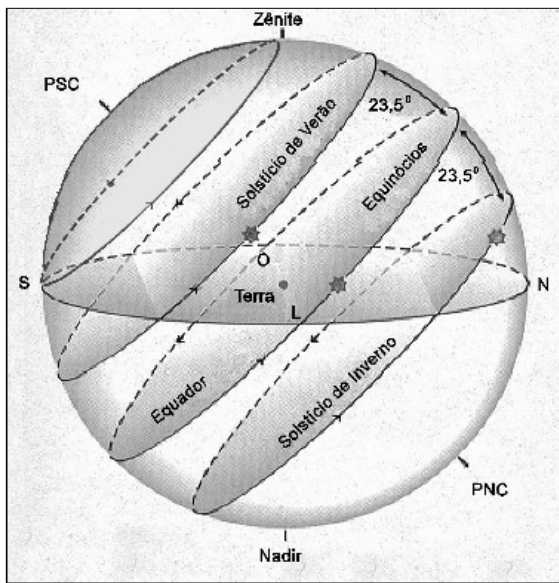


Figura 2.5 (A) Calota polar para observador na latitude -45° . Nascentes e poentes do Sol nos solstícios e nos equinócios. Vide explicação no texto. (Adaptado de J.B.Kaler, 1994, Fig. 3.6, p.33). (B) Distribuição dos nascentes do Sol, obtida com a Eq. [2.1].

² definido adiante

Um cálculo aproximado desse deslocamento pode ser obtido através da seguinte relação:

$$\cos At = (\text{sen} \delta / \cos \varphi), \quad [2.1]$$

onde: At é o azimute, ângulo medido sobre o horizonte a partir do Norte, e em direção à Leste (veja Coordenadas Horizontais, apostila 3), δ é a declinação do Sol (veja Coordenadas Equatoriais, apostila 3) e φ é a latitude local (veja Coordenadas Geográficas, apostila 3). Para São Paulo, podemos considerar $\varphi \cong 23,5^\circ$. A Figura 2.5B (à direita) mostra as posições assim calculadas do nascente do Sol, ao longo do ano. Seja curioso(a), constate isto!

Embora praticamente não se note diferença de dia para dia, uma estrela qualquer quando observada de um mesmo local e em mesmo horário, muda de posição ao longo do ano. Na realidade ela volta a ocupar a mesma posição aparente um ano após a observação. Este movimento anual pode ser notado através das *constelações do zodíaco* (Figura 2.3).

2.4 O Tempo

As medidas do tempo são feitas com base nos movimentos de rotação e translação da Terra e no movimento de translação da Lua.

A rotação da Terra em torno do seu eixo é constante, e seu período pode ser determinado através da observação. Para tanto, imaginemos um plano que contenha simultaneamente o eixo de rotação da Terra (portanto contém também o eixo de rotação da esfera celeste) e o ponto da superfície terrestre onde se encontra o observador. Esse plano, estendido ao infinito, cruza a esfera celeste e define em sua superfície um arco que chamaremos *meridiano local* (Figura 2.6). Todo observador tem o seu meridiano local. Como a esfera celeste gira, os astros cruzam esse meridiano local.

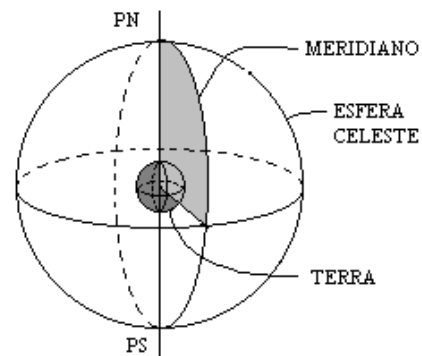


Figura 2.6 Meridiano local.

2.4.1. Dia Sideral, Dia Solar e Dia Solar Médio

A duração do *dia*, depende do referencial escolhido no céu. Se este for um ponto muito distante, por exemplo uma estrela, o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas dessa estrela pelo meridiano local é denominado *dia sideral*, e tem duração de 23h56m04,09s e (Figura 2.7). Este é o período de rotação da Terra. Uma definição mais rigorosa, toma como referencial o *equinócio de outono* (definido adiante).

Se o ponto referencial for o Sol, que diariamente cruza o céu, o intervalo de tempo entre duas passagens sucessivas pelo meridiano local define o *dia solar (verdadeiro)*. Ao contrário do dia sideral, o dia solar não tem duração constante e pode variar em até 30 minutos. A razão é o movimento de translação da Terra. Como a órbita da Terra é elíptica, sua velocidade orbital não é constante: a maior velocidade ocorre no *periélio* (ponto de maior aproximação do Sol). Portanto, é essa variação de velocidade orbital que altera a duração do dia solar verdadeiro.

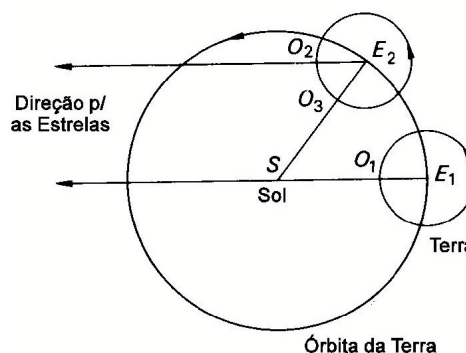


Figura 2.7 Dia sideral e dia solar.

Fica claro que o dia sideral é mais curto que o dia solar médio. A cada dia

as estrelas nascem 3m e 55,91s mais cedo, quando observadas em noites consecutivas e nas mesmas condições. Após um ano, os dois instantes (sideral e solar) voltam a se igualar novamente.

Por fim, se o ponto referencial for um Sol fictício, que cruza o céu sempre com a mesma velocidade (o que equivale a dizer, se a órbita da Terra fosse circular) então o intervalo de tempo entre duas passagens sucessivas desse “sol médio” dura exatamente 24h; este é *dia solar médio* (na realidade a definição mais rigorosa considera o movimento anual aparente do Sol ao longo do *equador celeste* e da *eclíptica*). Em síntese, a duração do dia solar médio é a média aritmética das durações dos dias solares verdadeiros de um ano. É a ele que

nos referimos quando dizemos simplesmente “dia”. A diferença entre os dias solares verdadeiro e médio é calculada pela *equação do tempo*:

$$ET = T_m - T_o ; \quad [2.2]$$

T_m e T_o são, respectivamente, tempos solares médio e verdadeiro (Figura 2.8).

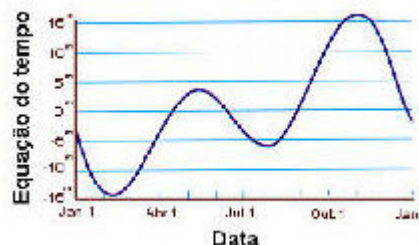


Figura 2.8 Equação do Tempo.

2.4.2 Hora Local, Fuso Horário e Linha Internacional de Data

Qualquer uma das definições de dia é genérica, isto é, são válidas para qualquer observador. O que muda de um caso para outro é o valor local. Para um dado instante, observadores de diferentes locais verão o Sol em diferentes posições, logo terão horas locais distintas. Com o aperfeiçoamento dos meios de comunicação e de transporte, o parâmetro básico passou a ser a hora local, e não mais a distância. Interesses políticos, econômicos, geográficos, etc. nos levaram a utilizar nas atividades cotidianas os *fusos horários* (Figura 2.9). A hora de fuso tem valor próximo ao da hora local.

Ao todo, são 24 fusos de 1 hora, e cada fuso equivalente a 15° ($24 \times 15^\circ = 360^\circ$). É fácil verificar a necessidade de um referencial para a contagem do tempo e da data. Essa referência é o

meridiano que passa pelo Observatório Real de Greenwich (Inglaterra, vide próxima apostila), e os fusos horários são contados a leste e a oeste dele. A hora de Greenwich é chamada *Hora Universal*, e sua relação com a hora legal é dada pela expressão:

$$\text{hora universal (UT)} = \text{hora legal} + \text{hora de fuso a oeste de Greenwich.}$$

No nosso caso, o fuso do extremo leste é o de Fernando de Noronha (+2 horas), e o de extremo oeste é o do Acre (+5 horas). A maior parte do território brasileiro tem hora de fuso de “+3 horas”. Exemplo: quando for meio dia em Greenwich (UT=12h), em Fernando de Noronha serão 10h; no Acre, 7h; e em São Paulo, 9h.

A exatamente 12 horas de Greenwich, encontra-se a *Linha Internacional da Data* (ou *Linha de Mudança de Data*). Quando essa linha é cruzada em sentido leste-oeste acrescenta-se 1 dia. Em caso oposto, subtrai-se 1 dia. Este efeito era conhecido por nossos antepassados e utilizado pelos navegadores. Por razões econômica, política e geográfica, essa linha, assim como os fusos, não é reta.

2.4.3 Mês Sinódico e Mês Sideral

O mês é determinado pelo movimento da Lua (Figura 2.10). *Mês sideral* é o período orbital da Lua, com duração de 27,321662 dias (27d 7h 43m 12s). *Mês sinódico* é o mês das lunações ou das fases da Lua, ou seja, é o tempo decorrido entre duas fases sucessivas (Nova-Nova, Cheia-Cheia, etc.), e tem duração de 29,530589 dias (29d 12h 44m 3s). Essa diferença ocorre porque durante um mês sideral a Terra avançou cerca de 27° em relação à posição anterior e a repetição da fase lunar esperada só ocorrerá 2,208927 dias mais tarde (veja Fig. 2.10)

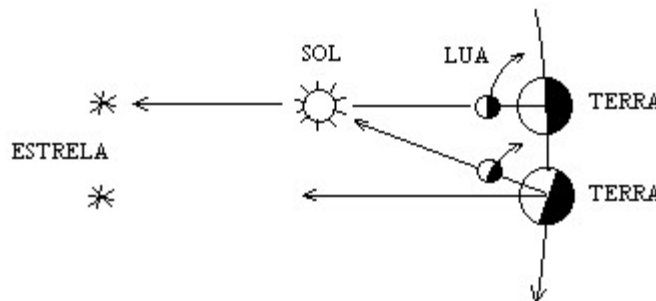


Figura 2.10 Mês sideral e mês sinódico.

2.4.4 Ano sideral e ano trópico

Ano é o tempo decorrido durante uma revolução da Terra ao redor do Sol. O período de revolução verdadeiro da Terra é denominado *ano sideral*, e tem duração de 365,256363 dias (365d 6h 9m 10s). Já o tempo decorrido entre duas sucessivas estações é chamado *ano trópico*, com duração de 365,242191 dias (365d 5h 48m 45s). A rigor ele representa o tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do Sol aparente pelo equinócio do outono (definido adiante). A diferença entre os anos sideral e ano trópico é causada pela precessão do eixo da Terra que

provoca o deslocamento do *ponto γ* (Equinócio de Outono, para o hemisfério Sul. Veja Perturbação de Coordenadas, apostila 3).

Nome latino	Genitivo	Nome português
* Andromeda	Andromedae	Andrômeda
Antlia	Antliae	Máquina Pneumática
Apus	Apodis	Ave do Paraíso
* Aquarius	Aquarii	Aquário
*Aquila	Aquillae	Águia
*Ara	Arae	Altar
*Aries	Arietis	Carneiro
*Auriga	Aurigae	Cocheiro
*Böötis	Böötis	Boeiro
Caelum	Caeli	Buril
Camelopardalis	Camelopardalis	Girafa
*Cancer	Canceri	Cancer, Caranguejo
Canes Venatici	Canum Venaticorum	Cães de Caça
*Canis Major	Canis Majoris	Cão Maior
*Canis Minor	Canis Minoris	Cão Menor
*Capricornus	Capricorni	Capricórnio
†Carina	Carinae	Carena
*Cassiopeia	Cassiopeiae	Cassiopeia
*Centaurus	Centauri	Centouro
*Cepheus	Cephei	Cefeus
*Cetus	Ceti	Baleia
Chamaeleon	Chamaeleontis	Camaleão
Circinus	Circini	Compasso
Columba	Columbae	Pomba
Coma Berenices	Comae Berenices	Cabeleira de Berenice
*Corona Australis	Coronae Australis	Coroa Austral
*Corona Borealis	Coronae Borealis	Coroa Boreal
*Corvus	Corvi	Corvo
*Crater	Crateris	Taça
Cruce	Crucis	Cruzeiro do Sul
*Cygnus	Cygni	Cisne
*Delphinus	Delphini	Delfim
Dorado	Doradus	Dourado
*Draco	Draconis	Dragão
*Equuleus	Equulei	Cavalinho
*Eridanus	Eridani	Eridano
Fornax	Fornacis	Forno
*Gemini	Geminorum	Gêmeos
Grus	Gruis	Grou
*Hercules	Herculis	Hércules
Horologium	Horologii	Relógio
*Hydra	Hydrae	Hidra
Hydrus	Hydri	Hidra Austral
Indus	Indi	Índio
Lacerta	Lacertae	Lagarto
*Leo	Leonis	Leão
Leo Minor	Leonis Minoris	Leão Menor
*Lepus	Leporis	Lebre
*Libra	Librae	Balança
*Lupus	Lupi	Lobo
Lynx	Lyncis	Lince
*Lyra	Lyrae	Lira
Mensa	Mensae	Mesa
Microscopium	Microscopii	Microscópio
Monoceros	Monocerotis	Unicórnio
Musca	Muscae	Mosca
Norma	Normae	Esquadro

Ocians	Octantis	Oitante
*Ophiuchus	Ophiuchi	Serpentário
*Orion	Orionis	Orion
Pavo	Pavonis	Pavão
*Pegasus	Pegasi	Pégaso
*Perseus	Persei	Perseu
Phoenix	Phoenicis	Fênix
Pictor	Pictoris	Cavalete do Pintor
*Pisces	Piscium	Peixes
*Piscis	Piscis Austrini	Peixes Austrais
†Puppis	Puppis	Popa
†Pyxis	Pyxidis	Bússola
Reticulum	Reticuli	Retículo
*Sagitta	Sagittae	Seta
*Sagittarius	Sagittarii	Sagitário
*Scorpius	Scorpii	Escorpião
Sculptor	Sculptoris	Escultor
Scutum	Scuti	Escudo
*Serpens	Serpentis	Serpente
Sextans	Sextantis	Sextante
*Taurus	Tauri	Touro
Telescopium	Telescopii	Telescópio
*Triangulum	Trianguli	Triângulo
Triangulum	Trianguli	Triângulo
Australe	Australis	Austral
Tucana	Tucanae	Tucano
*Ursa Major	Ursae Majoris	Ursa Maior
*Ursa Minor	Ursae Minoris	Ursa Menor
†Vela	Velorum	Vela
*Virgo	Virginis	Virgem
Volans	Volantis	Peixe Voador
Vulpecula	Vulpeculae	Raposa

Tabela 2.1. As Constelações (Adaptado de R.H.Baker, 1964, Tabela 1-1, p.28-29).

* Uma das 48 constelações identificadas por Ptolomeu

† Carina, Puppis, Pyxis e Vela constituíam antigamente a única constelação Argo Navis de Ptolomeu.

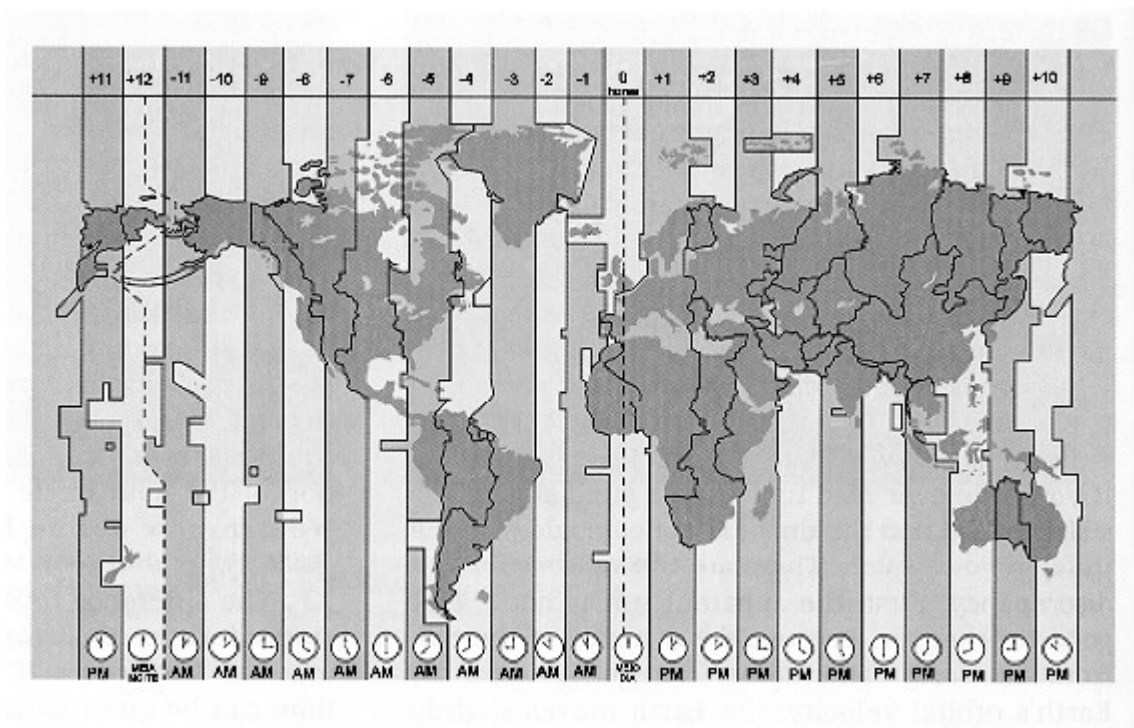


Figura 2.9 Fusos horários e a linha internacional da data. Veja a explicação no texto.
 (Adaptado de J.B.Kaler, 1994, Fig. 3.16, p.38).

Referências

D.L.Moché; *Astronomy*, John Wiley & Sons, Inc. (1989).
 J.B.Kaler; *Astronomy*, Harper Collins College Publishers (1994).
 J.Hevelius; *The Star Atlas*, Fan Press Uzbek, SSR, Tashkent (1968).
 R.H.Baker; *Astronomia*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (1964).