

Sistemas de tempo

Leandro Baroni

leandro.baroni@ufabc.edu.br

Laboratório de guiagem, navegação e controle

Problema 2 – Aula 2



Universidade Federal do ABC

- **Tempo Universal (UT)**: horário civil de Greenwich, é baseado na rotação da Terra e contado de 0 a 24 h → *dia solar médio*.
- **Tempo Atômico Internacional (TAI)**: duração do segundo do Sistema Internacional (segundo SI) e baseado em um grande número de relógios atômicos.
 - No Brasil: [Divisão Serviço da Hora](#) do [Observatório Nacional](#)
- **Tempo Universal Coordenado (UTC)**: base da maioria dos sistemas de tempo legais. É mantido dentro de 0,9 segundos do UT introduzindo passos de um segundo (*leap seconds*).
- **Tempo Terrestre (TT)**: escala de tempo das efemérides para observações da superfície da Terra.

$$TT = TAI + 32,184$$

$$UT = TT - \Delta T$$

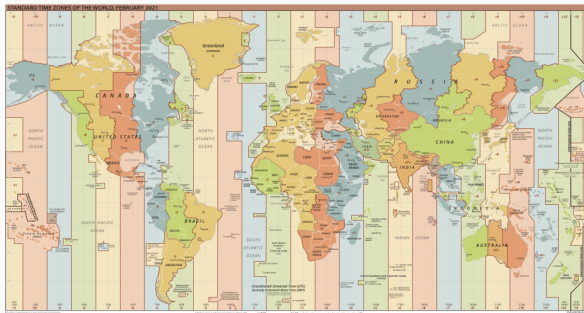
$$UT = UTC + \Delta UT1$$

- ΔT é a diferença entre o tempo de rotação da Terra e o TT
- $\Delta UT1$ é uma fração de segundo (positivo ou negativo) que é adicionado ao UTC para ajustar a taxa de rotação irregular da Terra

- Tempo solar é dado pela rotação da Terra
 - Leva 24 horas para uma volta completa
 - Uma hora solar corresponde a 15° do movimento do Sol em relação ao zênite do observador
- A duração exata de um dia solar aparente não é constante devido à variação na velocidade orbital da Terra e devido à inclinação da eclíptica de $23,5^\circ$ em relação ao plano equatorial
 - *Tempo solar médio*: ângulo horário de um Sol fictício cujo período é igual ao período do Sol verdadeiro mas que se move com uma velocidade constante ao longo do plano equatorial

Tempo Universal

- É determinado pela passagem do Sol pelo Meridiano de Greenwich (longitude 0°)
- A partir do *Tempo Universal* (UT) pode-se obter a hora local somando ou subtraindo a **fuso horário** referente ao local em questão
- Para ter uma hora padrão em todo o globo, os fusos são numerados a partir do meridiano de Greenwich, positivo para oeste e negativo para leste



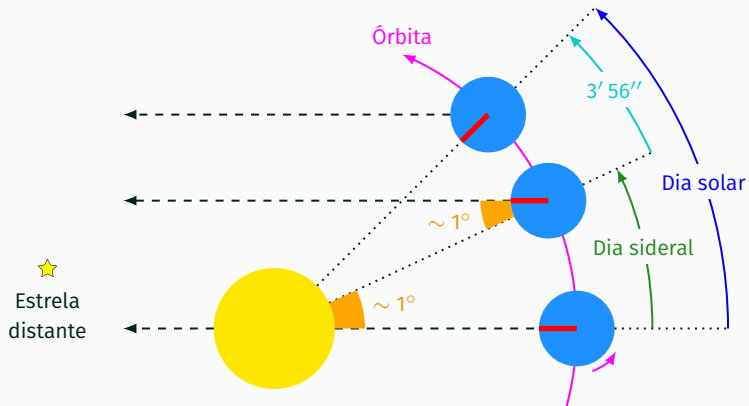
Tempo sidereal de Greenwich

- *Dia solar médio*: período da rotação da Terra em relação ao Sol
- *Dia sidereal médio*: tempo requerido pela Terra para completar uma rotação em relação ao ponto Vernal
 - Devido ao movimento de translação orbital da Terra, o dia sidereal é um pouco mais curto do que o dia solar
- A referência utilizada para o Tempo Sidereal (ST) é o tempo que uma estrela distante leva para retornar ao mesmo ponto na esfera celeste
- O Tempo Sidereal é um pouco mais curto que o tempo solar, durando 23 horas e 56 minutos
- O *Tempo Sidereal de Greenwich* (θ_g) é o Ângulo Horário medido entre o Meridiano de Greenwich e o Equinócio Vernal (Υ)
- O *Tempo Sidereal local* θ_ℓ é dado pela soma do ângulo horário de Greenwich θ_g e a longitude λ do observador

$$\theta_\ell = \theta_g + \lambda$$

- Longitude é positiva para longitudes a leste de Greenwich e negativa para longitudes a oeste

Tempo sideral de Greenwich



- Devido ao sentido do movimento de translação orbital da Terra, o dia sideral é um pouco mais curto do que o dia solar
- Um ano tem 365 dias e um círculo de 360°
 - O movimento diário do Sol na sua órbita é aproximadamente 1°
- A Terra tem que girar um grau a mais para ter o Sol no meridiano local
 - Como a Terra leva 4 minutos para girar 1° , um dia solar é aproximadamente 4 minutos mais longo do que um dia sideral

- O tempo sideral de Greenwich em tempo t qualquer é dado por:

$$\theta_g = \theta_{g0} + (t - t_0)\dot{\theta}$$

sendo

$$\dot{\theta} = 0,25068447^\circ/\text{min} = 360,985647^\circ/\text{dia}$$

- Assim

$$\theta_g = \theta_{g0} + 360,985647 \frac{UT}{24}$$

- Tempo sideral médio de Greenwich θ_{g0} :

$$\theta_{g0} = 280,46061837 + 360,98564736629 (D_J - 2451545) \\ + 0,000387933S_J^2 - \frac{S_J^3}{38710000}$$

o tempo S_J é medido em séculos como:

$$S_J = \frac{D_J - 2451545}{36525}$$

- θ_{g0} em graus e D_J é o dia Juliano
- θ_{g0} é obtido diretamente como função da data Juliana
- A data Juliana é simplesmente uma contagem contínua de cada dia transcorrido desde uma época particular

- A data Juliana começa em 1.º de janeiro do ano -4712 às 12:00:00 UT
- Esta contagem contínua de dias evita a confusão gerada pela mudança de datas do calendário ao longo do tempo

$$D_J = \text{INT} [365,25 (y + 4716)] + \text{INT} [30,6001 (m + 1)] + d + B - 1524,5 \quad (1)$$

- INT é a parte inteira dos termos calculados (por exemplo, $8,7 = 8$, $8,2 = 8$ e $-8,7 = -8$ etc.)
 - y é o ano (por exemplo, 2001, 2002 etc.)
 - m é o mês do ano (por exemplo, 1 para janeiro etc.). Observe que se $m > 2$, então y e m não são alterados, mas se $m = 1$ ou 2 , então $y = y - 1$ e $m = m + 12$
 - d é o dia do mês com hora decimal (por exemplo, para o segundo dia do mês às 12:30:30 UT, $d = 2,521180556$)
 - B é igual a 0 para o calendário Juliano (i.e. usando $B = 0$ na eq. (1), $D_J < 2299160$), e igual a $(2 - A + \text{INT} [A/4])$ para o calendário Gregoriano (i.e. $D_J > 2299160$), onde $A = \text{INT} [Y/100]$
- Reda, I.; Andreas, A. *Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications*. NREL/TP-560-34302. National Renewable Energy Laboratory, 2008.
 - Outro método: Murad, A. H.; Jang, K. D.; Atallah, G.; Karne, R.; Baras, J. *A Summary of Satellite Orbit Related Calculations*. ISR T.R. 95-107. University of Maryland, 1995.

- Para conversão de um tempo qualquer (a hora, minuto, segundo do dia em questão), basta achar a fração do dia
- Existem tabelas de conversão de uma data qualquer de calendário para data Juliana
 - CSG, Computer Support Group, Inc.; CSGNetwork.Com, *Calendar Date And Time To Julian Day And Sidereal Times*. [Online]. Available:
<http://www.csgnetwork.com/siderealjuliantimecalc.html>
 - Astronomical Applications Department – U.S. Navy
 - JD Date/Time Converter – JPL