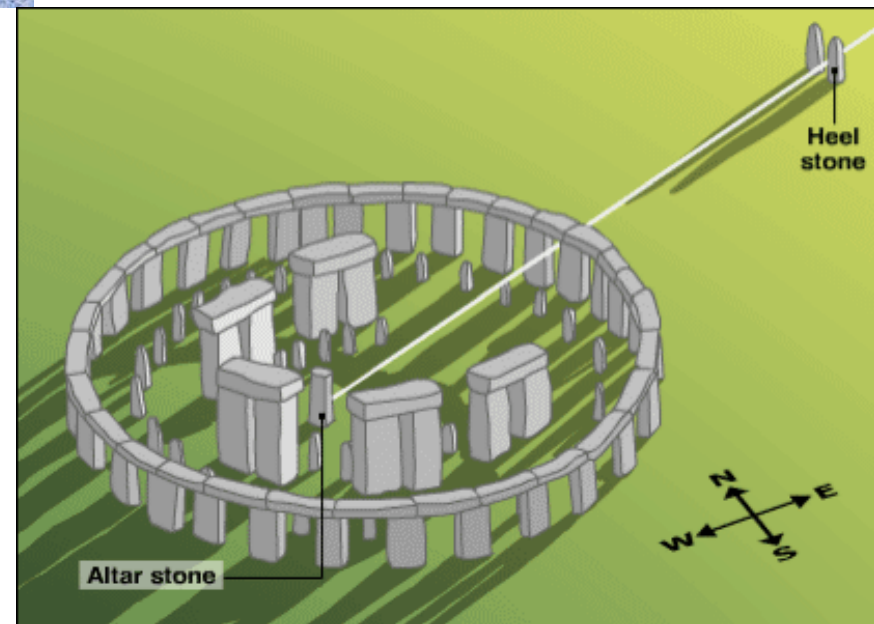


Transmissão e difusão do tempo

Roberto D.D. Costa
IAG/USP



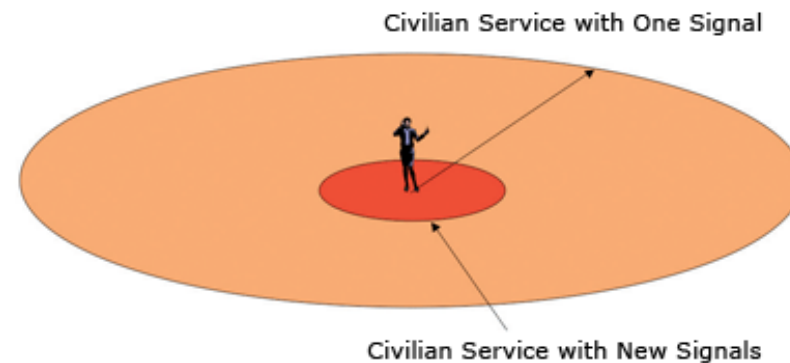
Stonehenge: um
relógio/calendário de pedra



Atualmente a transmissão e difusão do tempo são feitas por:

- A rede GPS provê uma base de tempo com precisão de 10^{-6} s
- Transporte físico de padrões de tempo (relógios atômicos de Césio)
- Rádio-transmissão de sinais de tempo

GPS: precisão atual (disco maior) e precisão esperada (disco menor) para aplicações civis nos próximos anos com três sinais por satélite.



Curiosidade: o projeto europeu Galileo NÃO foi descontinuado apesar dos cortes no orçamento. Os dois primeiros satélites foram lançados em 2011 e mais dois em 2012. A rede deve começar a operar em 2019 com 27 satélites (mais 3 de reserva)

No Brasil

- O padrão primário de tempo no Brasil é o relógio atômico do Observatório Nacional, certificado como Laboratório Primário de Tempo e Freqüência
(primeira instituição científica do Brasil, criada por D. Pedro I em 15/10/1827)
- Curiosidade: a lei 2784 de 18/6/1913 (assinada por Hermes da Fonseca) criou a Hora Legal do Brasil, dividindo o país em três fuso-horários
- O O.N. faz aferição de cronômetros, tacômetros, padrões secundários
- O O.N. oferece um “carimbo do tempo”: data e hora precisas em 10^{-3} s para transações comerciais, técnicas ou científicas. Tem “fé pública” como um cartório. É um serviço pago.

Usuários típicos da Hora Legal

- Aeroportos
- Estações de rádio e TV
- Empresas de telecomunicações
- Backbones de internet
- Bolsas de valores

Sincronismo de relógios:

www.on.br

www.horalegalbrasil.mct.on.br → Serviço da Hora do O.N.

Rádio-Relógio Federal: O.M. 580 kHz (no Rio de Janeiro)

O.C. 4.905 MHz (60 m)

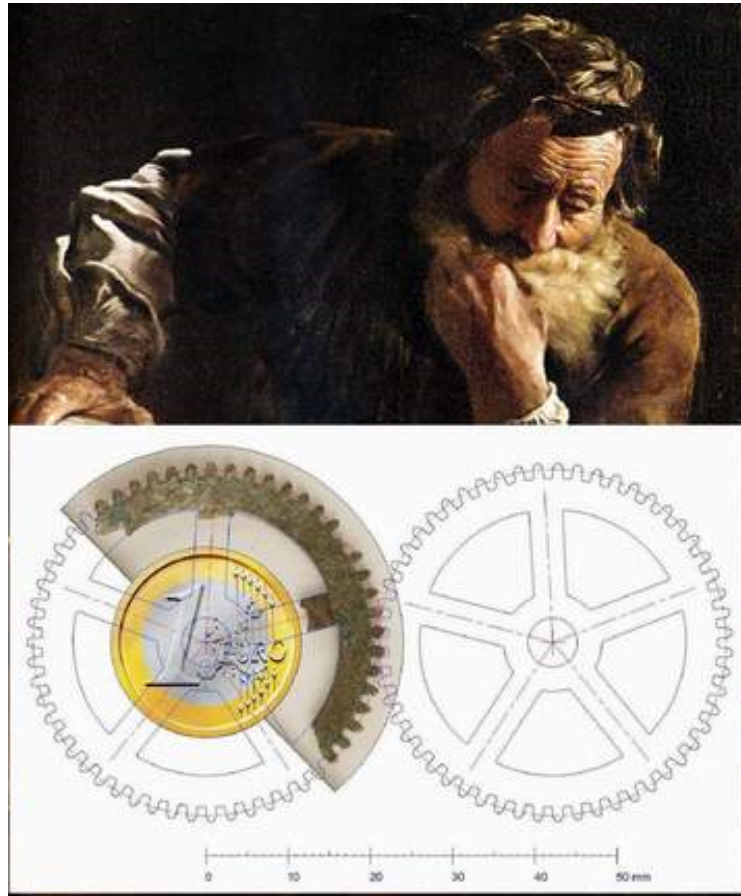
A medida do tempo: uma seqüência histórica

- ~3000 A.C.: Egito: obeliscos usados como gnômon
- ~1500 A.C.: Egito: clepsidra colocada no túmulo de Amenhotep I
- ~950 A.C.: Homero menciona a duração do dia e do ano solar na Ilíada
- ~430 A.C.: Clepsidras usadas largamente na Grécia
- 287 A.C.: Arquimedes inventa as rodas dentadas
- 27 A.C.: Obelisco/gnômon instalado em Roma
- ~200 D.C.: Uso documentado de ampulhetas
- 721: Invenção da clepsidra mecânica, indicando o movimento dos astros
- 885: Uso documentado de relógios de corda
- 1090: Su Sung constrói na China a “torre de água”, uma clepsidra MUITO complexa e escreve um tratado sobre o tempo.



Obelisco de Augusto:

- Construído no séc VI A.C. no Egito, no reinado de Psamético II
- Roubado pelos romanos no século I A.C.
- Está em Roma desde o ano 27 A.C.



O planetário de Arquimedes:

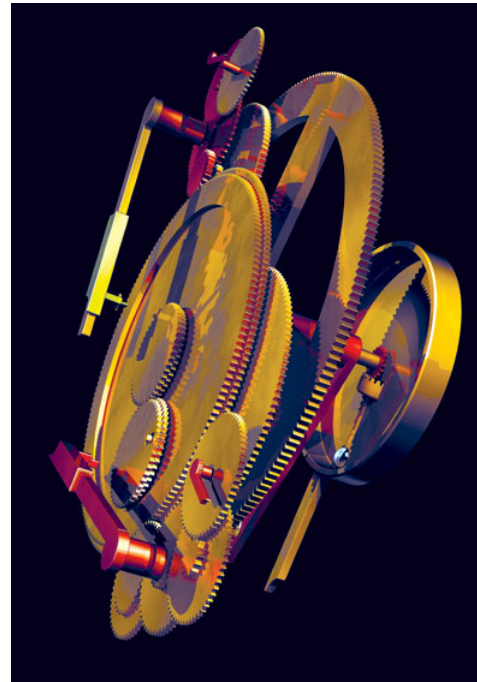
A engrenagem, descoberta em Olbia (na Sardenha, Itália) em 2006 pela Superintendência do Patrimônio Arqueológico Italiano, que a datou dos finais do Séc. III a.C. a meados do Séc. II a.C., revelou uma surpresa muito importante: os seus dentes tem uma curvatura especial, que os fazem ser extraordinariamente semelhantes aos das engrenagens modernas, matematicamente perfeitos. Também a rara composição da liga (latão) é inesperada. A engrenagem, embora tenha sido realizada antes de todos os outros mecanismos que chegaram até nós, mostra-se cientificamente a mais evoluida.

O mecanismo de Anticítera (Antikythera)

O mecanismo foi encontrado no naufrágio de um navio romano datado do ano 65 A.C. Sua construção é estimada entre 150 e 100 A.C. Supõe-se que seja um calculador de distintas informações astronômicas tais como as fases da Lua, posições dos planetas e datas de eclipses. A finalidade de sua construção é desconhecida. A complexidade do mecanismo é análoga aos relógios mecânicos do final do século XVII



Estado atual
(acima) e raio-X
do mecanismo

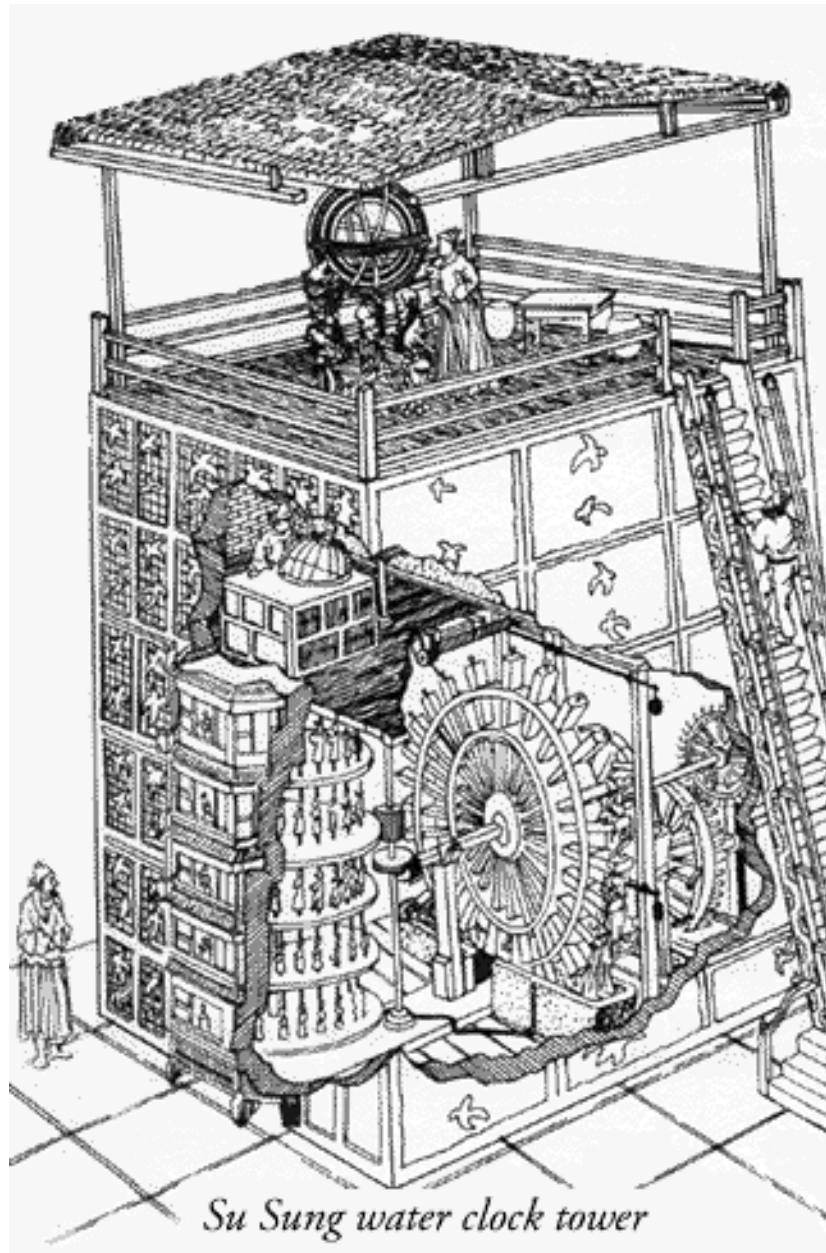


Configuração das engrenagens



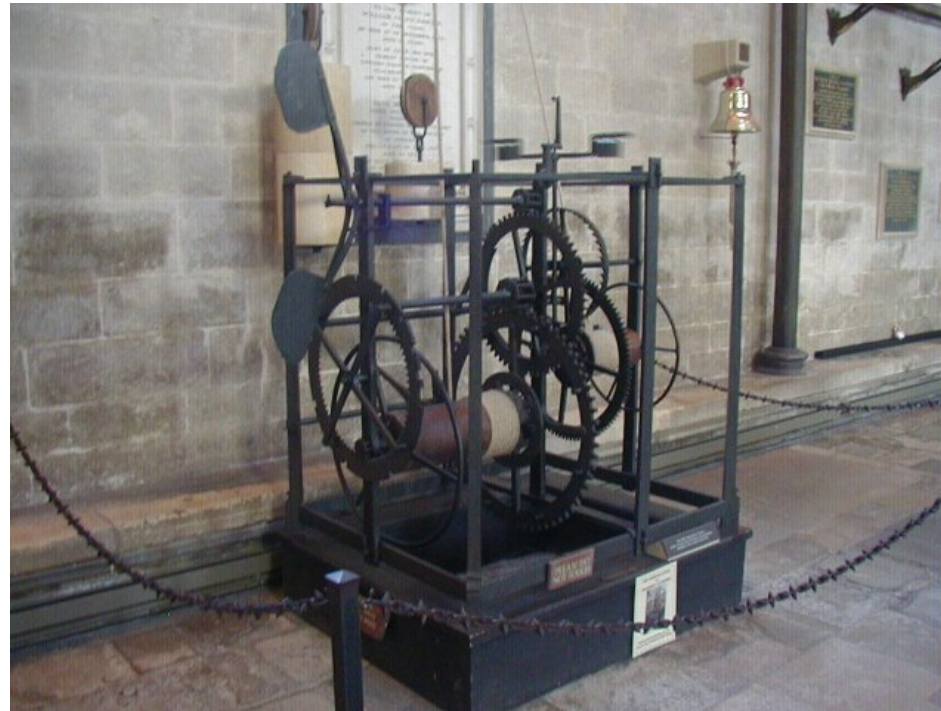
Reconstrução do mecanismo completo

Torre d'água de Su Sung

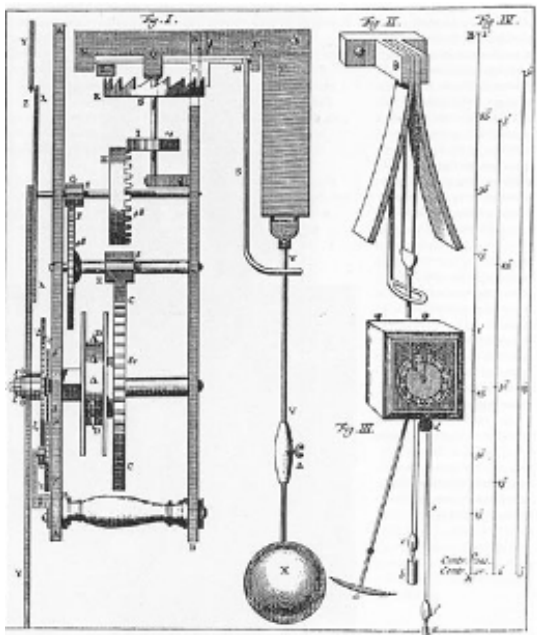


Réplica

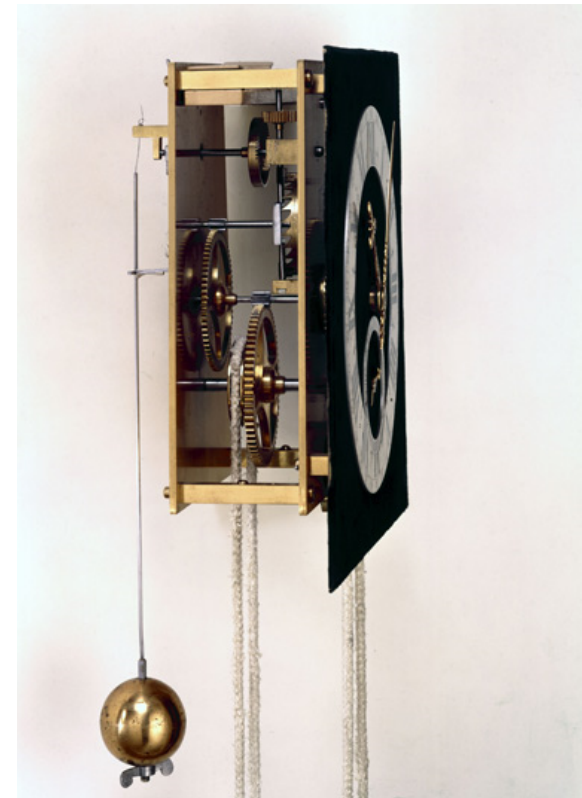
- Séc XIII Construção das catedrais medievais europeias, muitas com relógios mecânicos (de peso)
- Sec XIV – Itália: primeiros relógios domésticos de peso
- 1459: invenção da fita de aço como elemento motor (corda!)
- 1500 : primeiros relógios portáteis
- 1582: Galileo descobre a lei do isocronismo dos pêndulos
- 1650: Huygens aplica o princípio do pêndulo aos relógios
- 1704: primeiros rubis perfurados como mancais (menor atrito → maior precisão)
- 1720-50: relógios de pêndulo com compensação das variações de pressão atmosférica
- 1761: John Harisson constrói o relógio de precisão H4 e resolve o problema da determinação das longitudes



Mecanismo do relógio da catedral de Salisbury (UK), o mais antigo relógio mecânico ainda funcional. Funciona desde 1386.



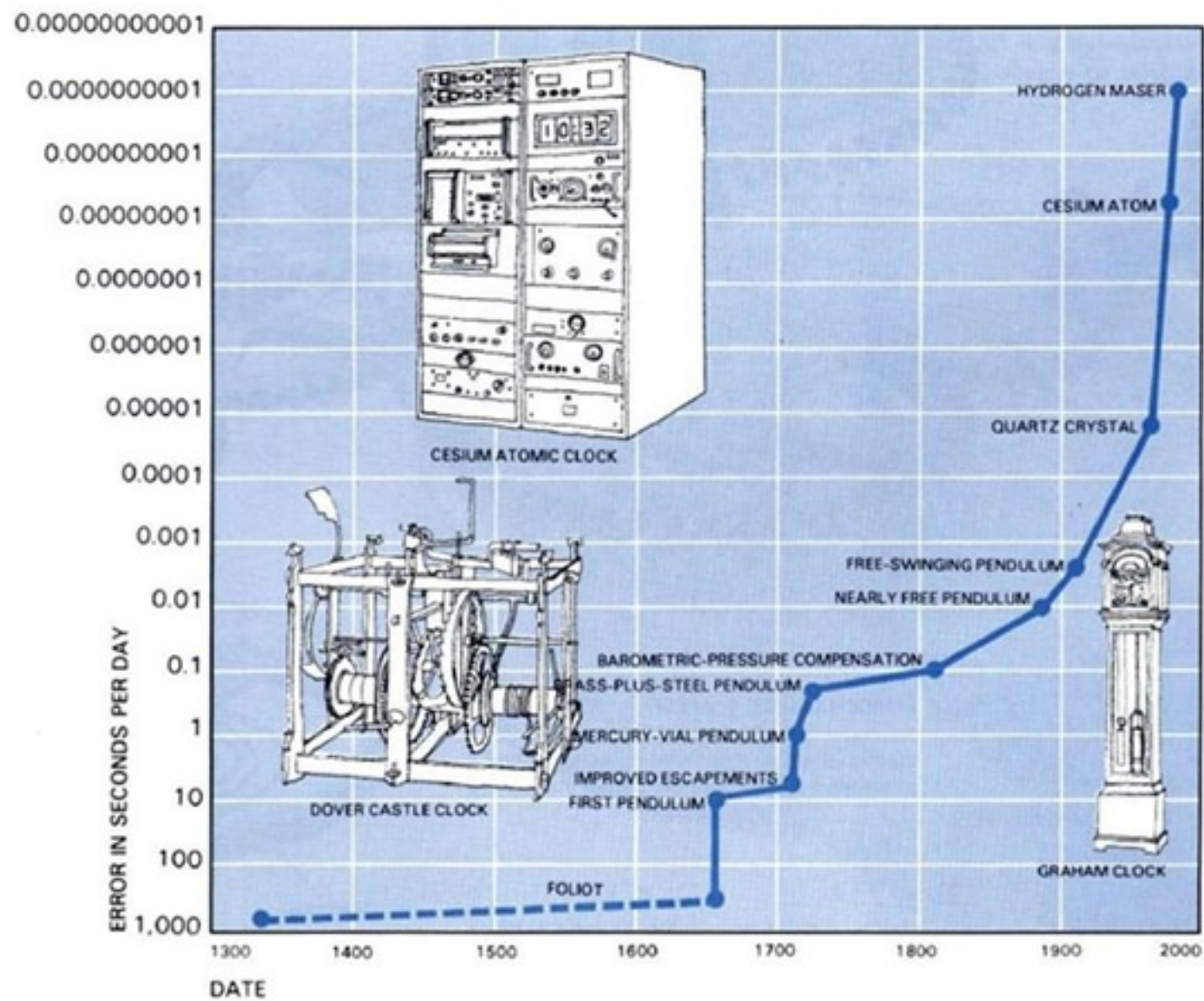
Projeto original do relógio de pêndulo feito por Christaan Huygens em 1656



Modelo do relógio de pêndulo de Huygens

- 1765: primeiros relógios com segundos
- 1790: relógios de bolso com corda automática e a prova de choque
- 1880: Pierre e Marie Curie descobrem o efeito piezoelétrico, base dos relógios de quartzo
- 1884: Greenwich é internacionalmente aceita como meridiano de referência
- ~1900: primeiros relógios de pulso (sugestão de Santos Dumont?)
- 1912: Conferência Internacional da Hora em Paris: unificação dos sinais de rádio e adoção do GMT
- 1930: primeiros relógios a quartzo
- 1935: Irregularidades na rotação da Terra são notadas a partir de comparação do Tempo das Efemérides com os relógios de quartzo
- 1948: primeiro relógio atômico de cézio (EUA)
- 1955: relógios atômicos comerciais

- 1967: relógios de pulso a quartzo
- 1970: primeiro relógio atômico no Brasil
- 1972: UTC passa a vigorar a partir de 01 de janeiro
- 1978-85: lançados os satélites da rede GPS
- Anos 90: lançados os satélites da rede GLONASS (Rússia) e aprovada a rede GALILEO (Europa)



Uma visão gráfica da evolução na medida do tempo

Sites, referências e fontes de informação

- <http://www.on.br>

Observatório Nacional: geração e distribuição da hora legal brasileira

- <http://tf.nist.gov/>

National Inst. Of Standards & Technology – Time & Freq. Division:

Padrões e distribuição da hora; segundos intercalares, etc.

Análogo brasileiro: INMETRO: <http://www.inmetro.gov.br>

- <http://www.bipm.org/en/home/>

Bureau International de Pesos e Medidas: é o encarregado da padronização internacional das medidas do S.I., inclusive do tempo

- <http://www.iers.org/>

International Earth Rotation and Reference Systems Service:

monitoramento constante da rotação da Terra e atualização dos sistemas de referência

- http://science.nasa.gov/headlines/y2003/29dec_magneticfield.htm

Movimentação dos pólos magnéticos

- <http://www.obspm.fr/actual/nouvelle/feb05/sumatra.en.shtml>

O terremoto de Sumatra (26/12/2004) e a rotação da Terra

Dados e efemérides:

- <http://www.usno.navy.mil/>

US Naval Observatory: efemérides do Sol e Lua para qualquer lugar no mundo

- <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>

NASA Eclipse Homepage: Dados sobre eclipses solares e lunares

- <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

SIMBAD Astronomical Database: coordenadas de objetos astronômicos

Planetários para computador

- <http://www.stellarium.org/> - Stellarium
- <http://www.shatters.net/celestia/> - Celestia
- <http://www.astrosurf.com/astro/cartes/> - Cartes du Ciel
- <http://www.heavens-above.com/> - Heavens Above