



Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe Exposição



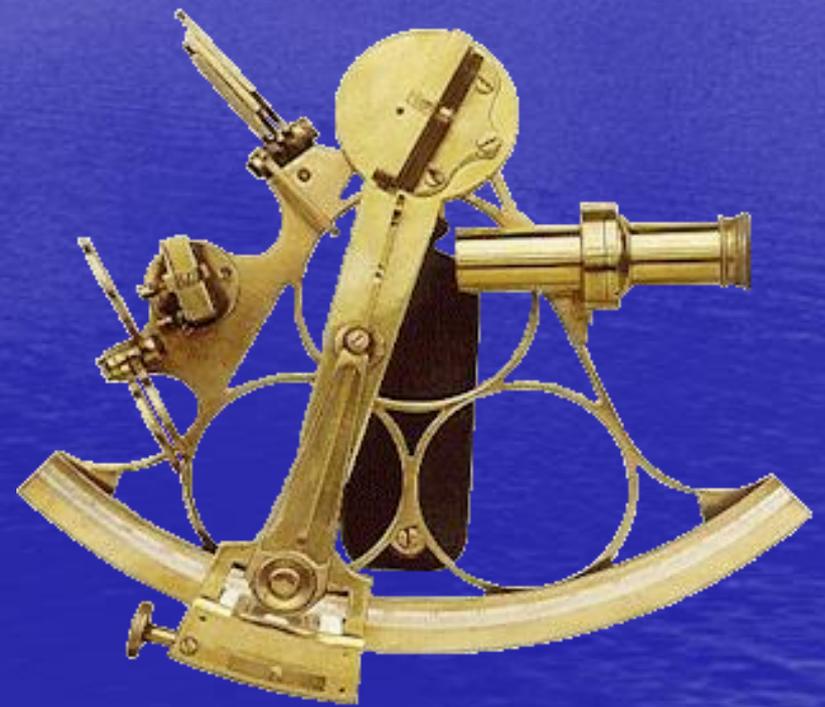
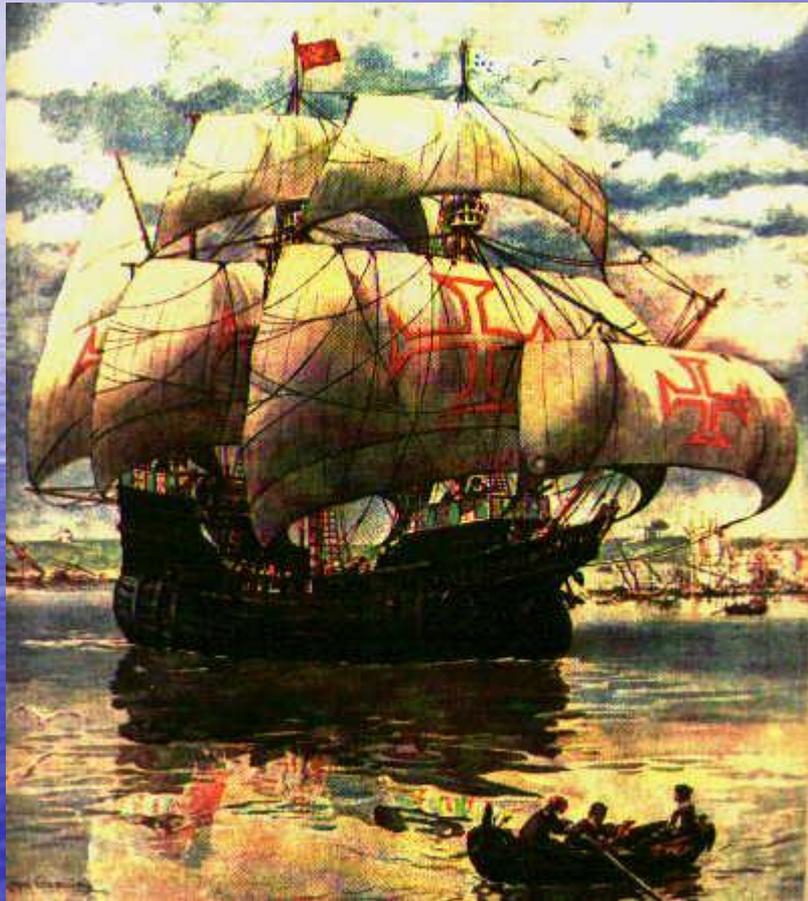
2008 ANO IBERO-AMERICANO DE MUSEUS
AÑO IBEROAMERICANO DE MUSEOS
MUSEUS COMO AGENTES DE MUDANÇA SOCIAL E DESENVOLVIMENTO
MUSEOS COMO AGENTES DE CAMBIO SOCIAL Y DESARROLLO



Ministério
da Cultura



A Navegação e o Sextante



Realização:

Prof. Iran Carlos Stalliviere Corrêa

Museu de Topografia

Prof. Laureano Ibrahim Chaffe

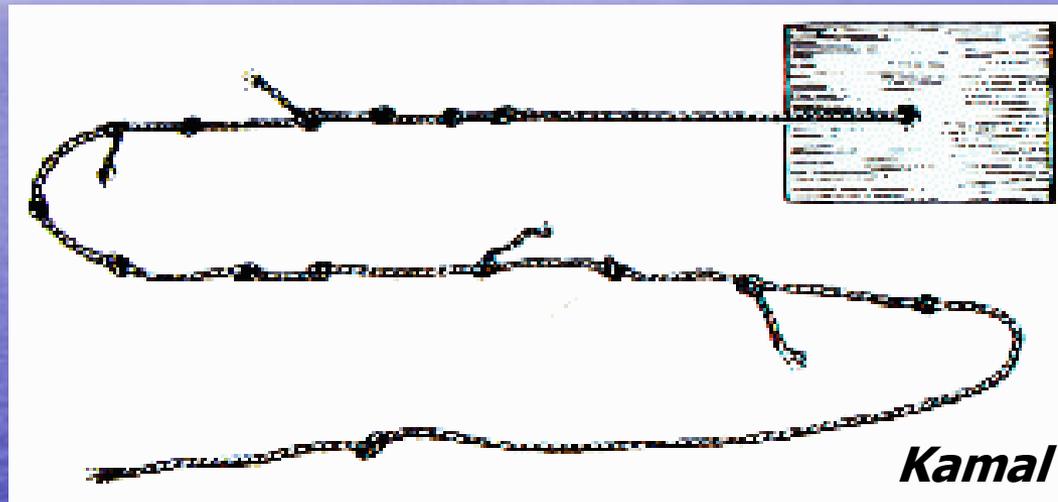
Departamento de Geodésia

Instituto de Geociências

UFRGS

KAMAL

Este instrumento rudimentar foi mostrado a *Vasco da Gama* pelo piloto árabe *Ahmad Ibn-Madjid*, que o levou à Índia. Era usado pelos árabes para determinar às alturas das estrelas e assim obter a latitude. Trazido para a Europa pelos portugueses foi utilizado nos navios com a designação de *Tavoletas da Índia* ou *Balestilha do Mouro*. Foi utilizado pela primeira vez na viagem de *Pedro Álvares Cabral*.

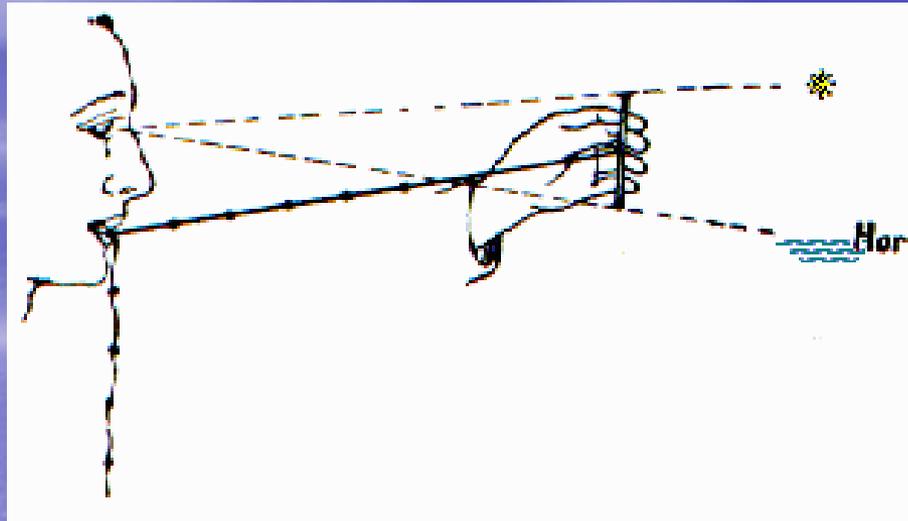


O *kamal* era formado por uma tábua retangular presa a um fio com vários nós suspenso, a partir de seu centro. A estes nós correspondia uma graduação em *isba* (unidade angular equivalente a $1^{\circ}37'$, usada pelos navegadores árabes no Índico, na determinação das latitudes, media-se pondo o dedo na horizontal com o braço esticado. *Isba* em árabe significa dedo, o que também correspondia a uma *polegada*).

Prendia-se o nó com os dentes, ou encostava-se a mão com o nó junto ao rosto, e esticava-se o fio, com a peça de madeira afastada do rosto, visando o horizonte pelo lado inferior da tábua e a estrela pelo lado oposto. Com a mão livre contavam os nós que sobravam para se efetuar o cálculo.



Kamal Árabe



Medir alturas com o Kamal

Devido que os lados da tábua não eram iguais, cada ***kamal*** permitia fazer duas séries de alturas, compreendidas entre limites diferentes. Uma com o lado maior e outra com o menor. Além disto, cada piloto levava mais que um ***kamal*** diferente a bordo.

O ***kamal*** trazido por *Vasco da Gama* estava adaptado à navegação no Índico e os nós referiam-se a medidas e a pontos de referência diferentes dos usados pelos portugueses. A adaptação ao Atlântico, por ser morosa, nunca foi adotada de forma generalizada.

Há entanto notícia que, depois de apurado o fator de conversão entre ***isbas*** e ***graus***, construíram-se alguns instrumentos deste tipo graduados em ***graus***, e que na primeira metade do século XVI os pilotos portugueses ainda se serviram das ***Tavoletas da Índia***.

Sabe-se também que em finais do século passado alguns pilotos orientais ainda usavam este instrumento.

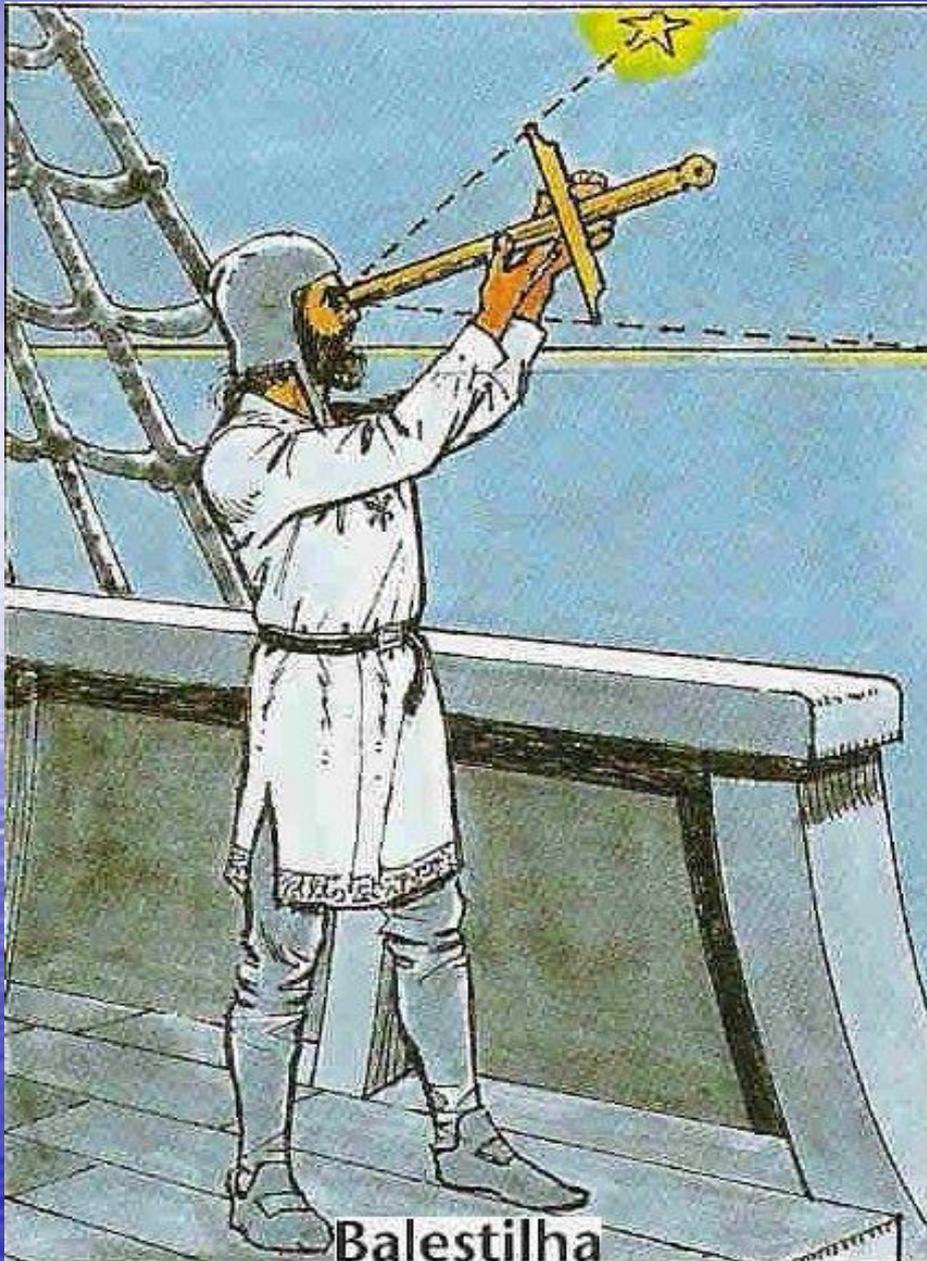
BALESTILHA

Há quem afirme que foram os portugueses que inventaram a **balestilha** e que a mesma foi inspirada no **kamal** (instrumento de objetivo semelhante, mas mais rudimentar).

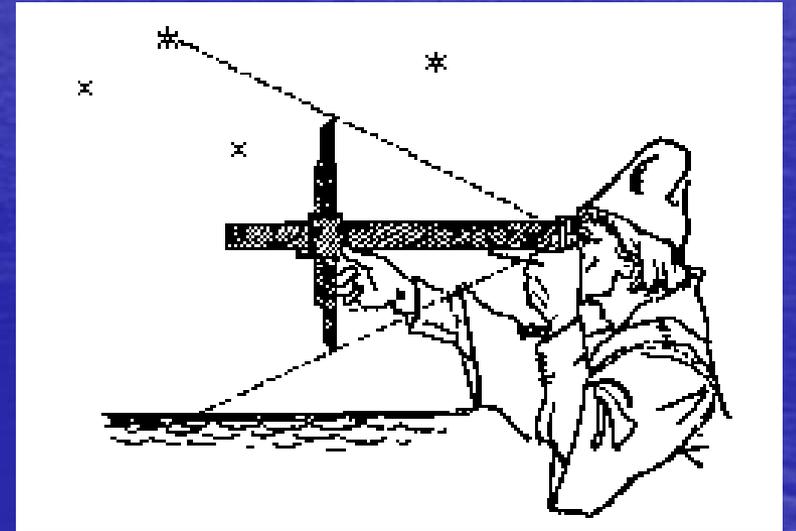
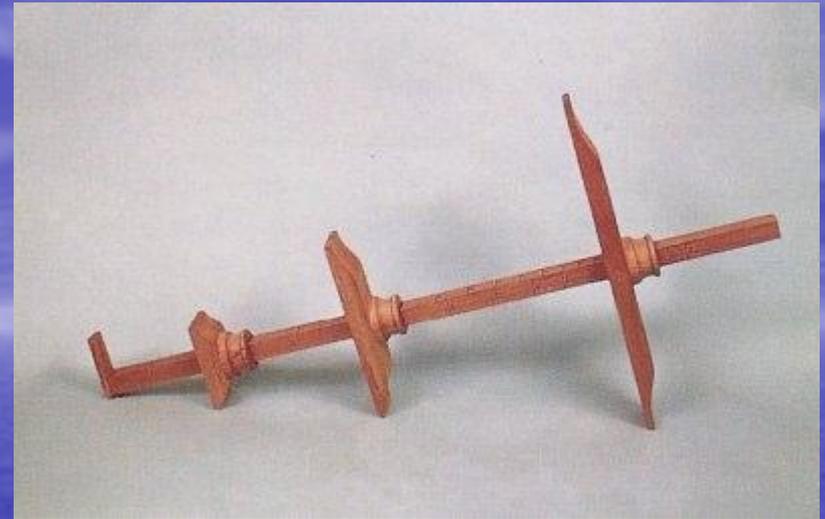


A origem do nome, provavelmente, se origina da palavra **balhesta**, a arma medieval também denominada de besta, devido à sua semelhança. É formada por duas peças – o **virote** e a **soalha**. A primeira é uma peça de madeira, graduada, ao longo da qual se pode mover a **soalha**. Em alguns casos, uma **balestilha** pode ter várias **soalhas**, utilizáveis de acordo com a altura do astro que se deseja observar. A utilização da **balestilha** na navegação ocorria praticamente à noite.

A **balestilha** é um instrumento de orientação que foi muito usado na época dos descobrimentos portugueses para orientação no mar, ajudando a determinar a latitude a que um navio se encontra. Esta mede a altura de um astro ou a distância angular entre dois astros.



Balestilha



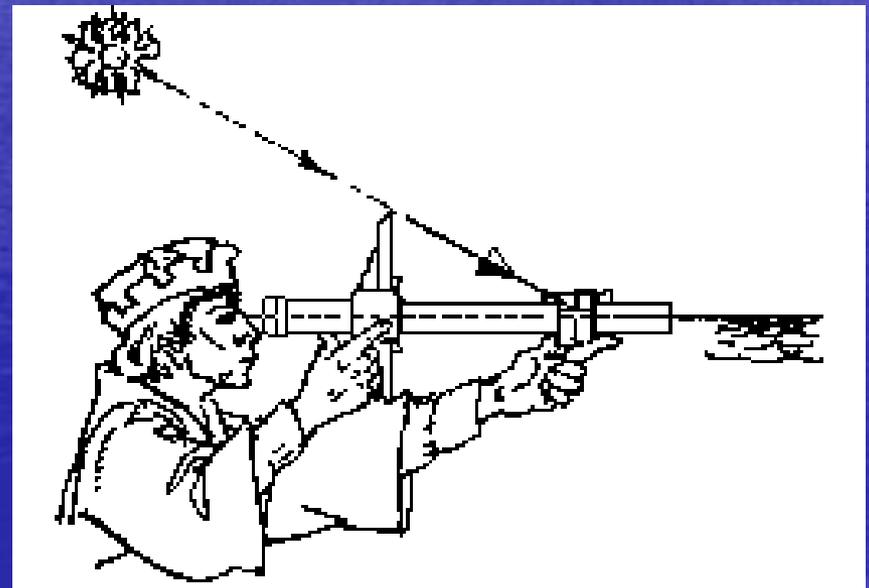
Método de visada com a Balestilha

Para executar uma medição de uma estrela, sem ser o Sol, coloca-se o olho na extremidade do **virote** e desloca-se a **soalha** de modo a que a aresta superior coincida com a estrela e a inferior com o horizonte. A altura é dada pela medida que se encontra inscrita no **virote**, onde está a **soalha**. Esta medição era executada à noite. Se a estrela pretendida for o Sol, a medição é feita de costas, para evitar danos nos olhos, com um dispositivo, para auxílio, encaixado no **virote**. Esta medição era executada de dia.

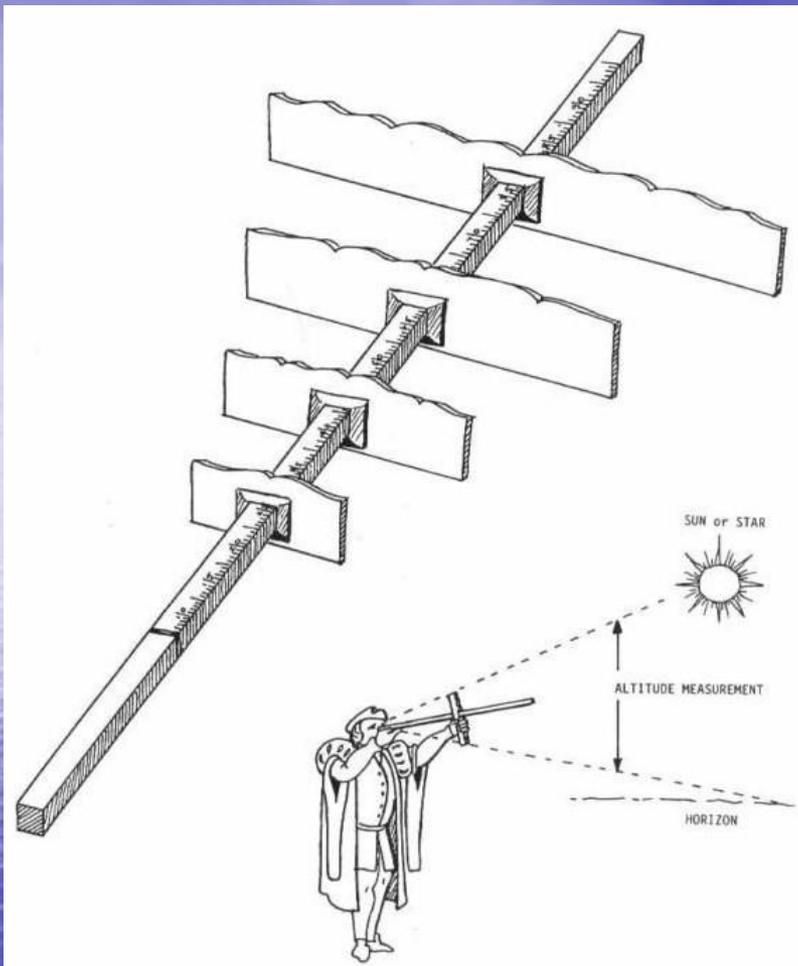
Há referências do seu fabrico pelo menos até o século XIX e a sua primeira referência aparece no “*Livro da Marinharia*” de João Lisboa, publicado em 1514.



Uso da balestilha



Posição da balestilha na visada ao Sol



Balestilha com quatro placas de medição



Balestilha e Quadrante em Marfim Londres 1700

QUADRANTE

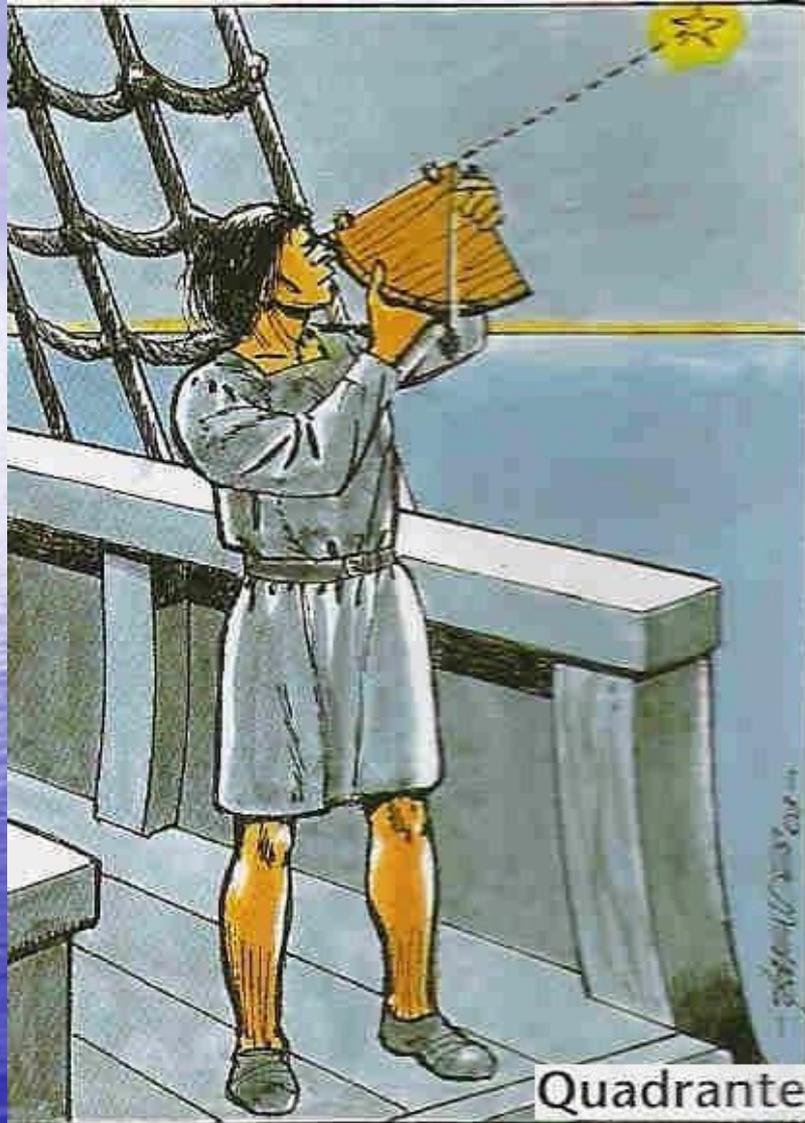
Usado pelos navegadores portugueses, pelo menos desde o século XV, o **quadrante** era um instrumento de madeira ou latão empregado para medir a alturas dos astros, e através de cálculos, ajudar na localização das embarcações em alto mar. Sua origem é mais antiga que a do **astrolábio**. O **quadrante náutico** é um instrumento bastante simples, consiste num quarto de círculo com duas pínulas de pontaria (espécie de mira) perfuradas num dos seus lados retos, um fio de prumo fixo ao centro do arco e uma escala de graduação inscrita na borda do quarto de círculo.

Quadrante náutico século XVI



Para utilizá-lo, a pessoa aponta o **quadrante** ao astro que pretende observar, até conseguir ver através dos orifícios de ambas as pínulas. A medição é então encontrada através do valor apontado pelo fio de prumo na escala do quarto de círculo, onde se encontra uma graduação de 0° a 90° .

Quadrante Português



Leitura com o Quadrante

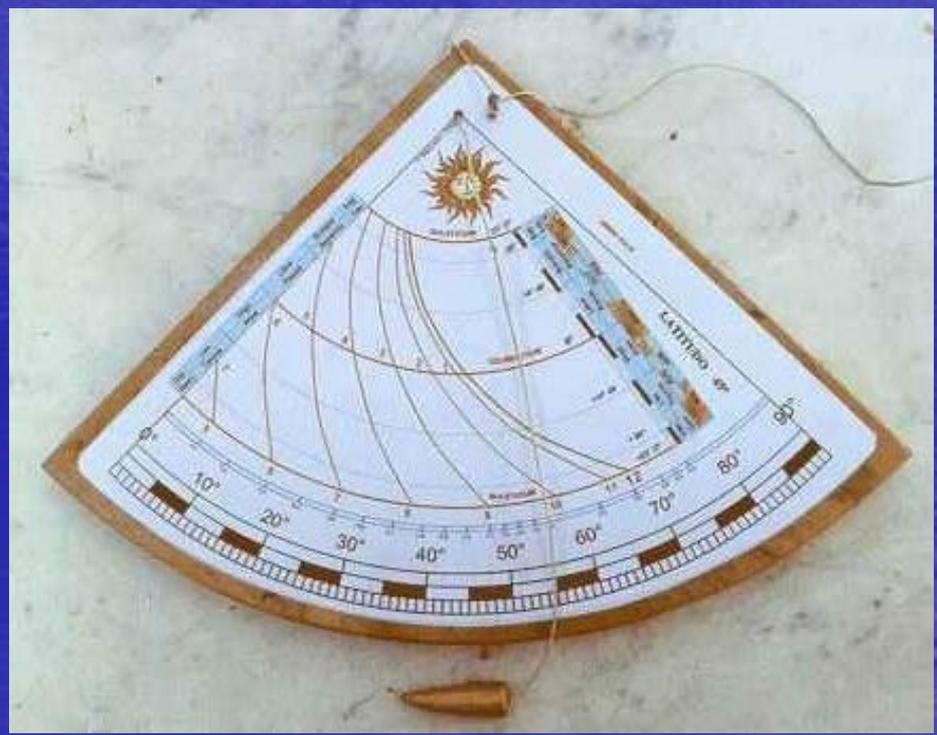


Quadrante Inglês, fabricado por James Kynuyn em 1595



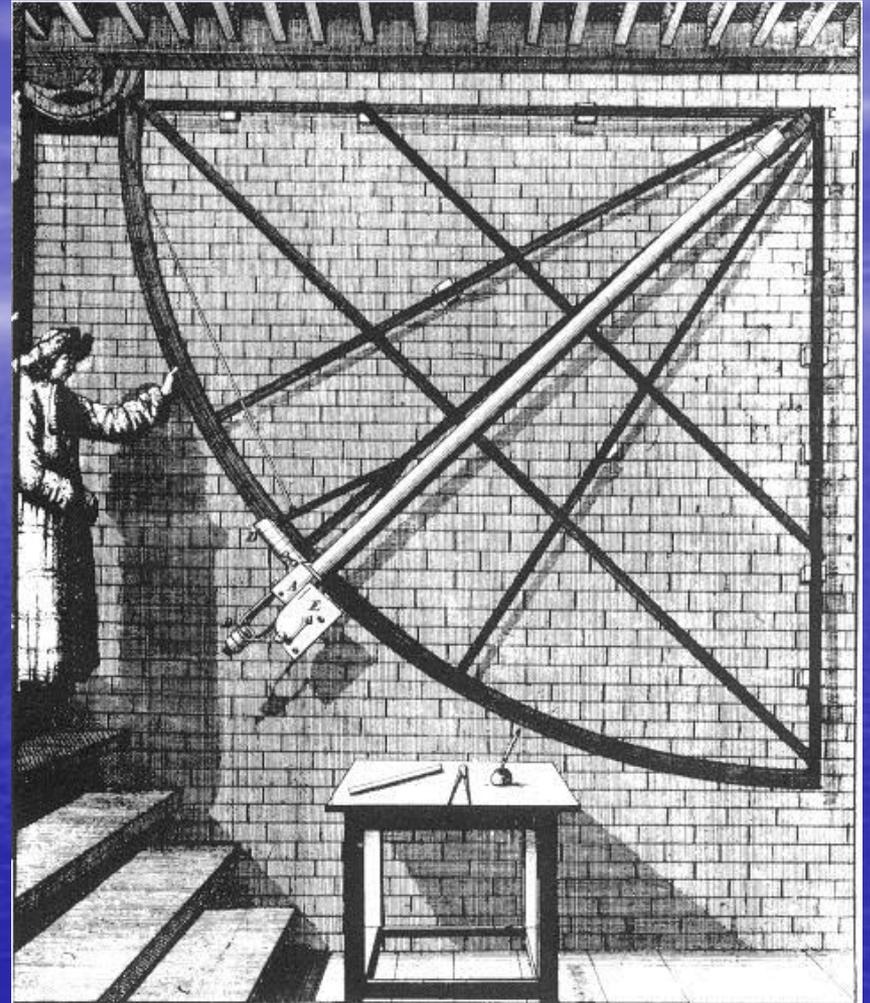
Quadrante de Davis - 1756

Quadrante Marinho

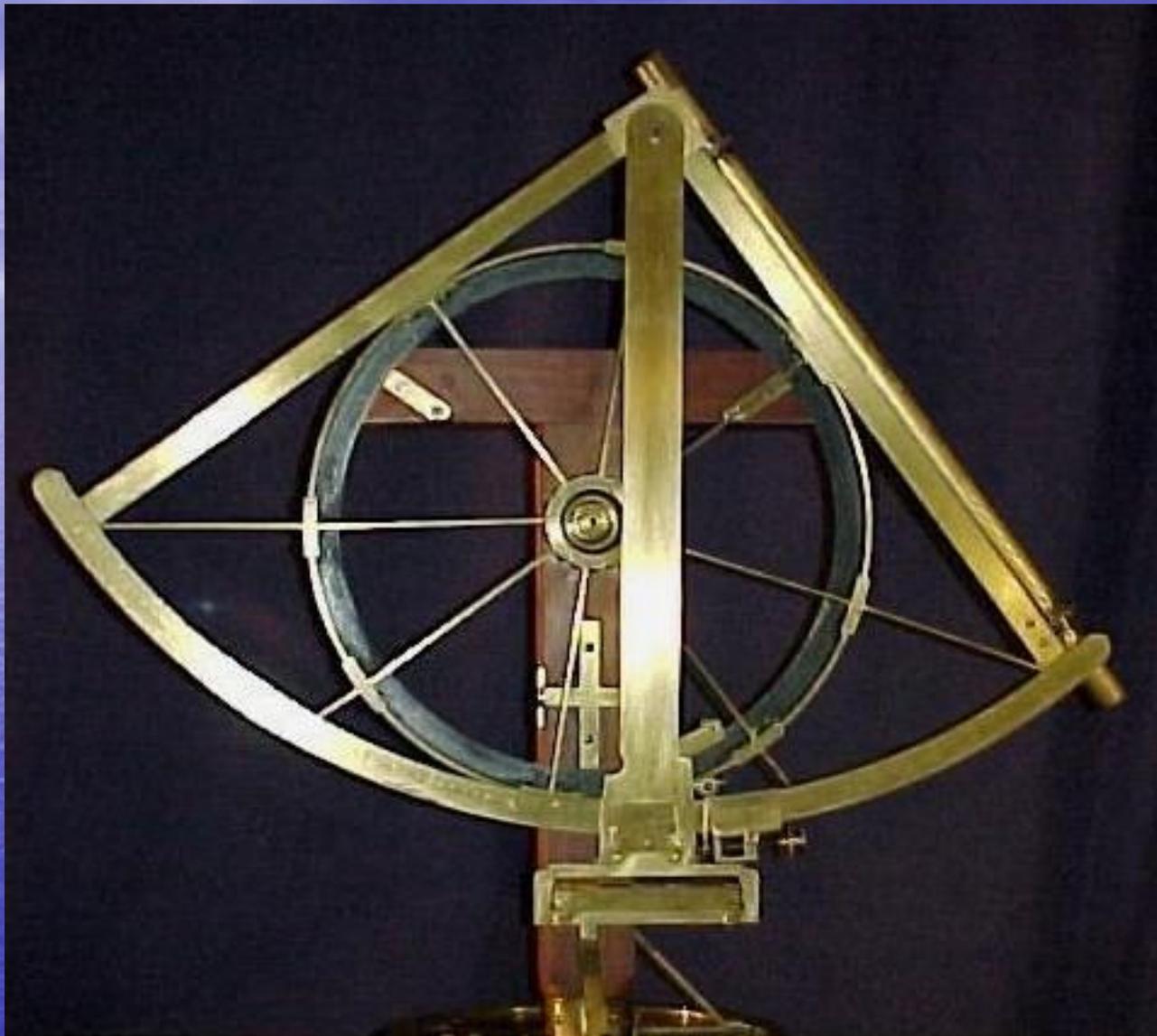




Quadrante Mural – Coimbra - Portugal



Quadrante mural de Flamsteed - 1676



Quadrante portátil 1779-1781 Londres

ASTROLÁBIO

O **astrolábio** é um antigo instrumento astronômico, utilizado no mundo árabe desde a alta Idade Média, e disseminado pela Europa a partir do século X. Antes da invenção do relógio mecânico e da difusão da bússola magnética, o **astrolábio** era o melhor dispositivo conhecido para determinação da hora (do dia ou da noite) e para a navegação (tanto em terra como no mar).

Para durar toda uma vida e resistir a viagens longas e difíceis, os **astrolábios** eram tradicionalmente construídos em metal maciço. Dessa forma, eram objetos preciosos, por vezes ricamente ornamentados, verdadeiras obras de arte.



Astrolábio fabricado por Gualterus Arsenius, c.1570, atualmente no Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze, Itália. As pontas representam posições de 54 estrelas no céu.

Saber utilizar o **astrolábio** era prerrogativa exclusiva das pessoas cultas. Por muitos séculos, construir seu próprio instrumento foi, entre os eruditos, uma prova de grandes conhecimentos matemáticos, astronômicos e técnicos.



Gravura renascentista mostrando a esfera celeste sendo estudada com um astrolábio

O nome "**astrolábio**" vem do grego, e significa algo como "**pegador de estrelas**". Em caravanas árabes que cruzavam vastos desertos, era usual que apenas o chefe do grupo possuísse um **astrolábio**, que se tornava então um símbolo de poder político e religioso, pois apenas ele era capaz de determinar a direção precisa a seguir e o momento exato de certas orações islâmicas.



Frente e verso de um astrolábio árabe fabricado em 1706-1707 d.C.

*Na metade superior do verso está gravado:
"Alá seja louvado. Construído por Ahmad ibn 'Ali al-Sharafi - que Alá o abençoe em 1118 a.H."*



Por tudo isso, o **astrolábio** sempre possuiu uma forte carga simbólica: era um meio de comunicação direta com os céus, com os poderes cósmicos que desde a antiguidade mais remota foram concebidos como deuses e associados ao Sol, à Lua, às estrelas e aos planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno (que são visíveis a olho nu). De fato, o **astrolábio** é um ótimo instrumento para o estudo de fenômenos que fascinam a humanidade desde os seus primórdios, como os eclipses, por exemplo.

A origem histórica do **astrolábio** permanece envolta em mistério: alguns pesquisadores afirmam que ele já era conhecido na Antiguidade Greco-romana, e uma antiga tradição islâmica atribui sua invenção a **Ptolomeu** (século II d.C.). O **astrolábio** mais antigo que chegou aos nossos dias é um instrumento árabe datado de 927 d.C., e o manuscrito mais antigo conhecido atualmente sobre o **astrolábio** é do século IV d.C. (compilado por **Theon Alexandrinus**).

A partir do século XVII, o **astrolábio** foi sendo gradualmente substituído pelo telescópio como instrumento de observação científica dos astros. Mas o telescópio concentra a atenção do observador em minúsculas porções do céu, exigindo ajustes minuciosos e precisão numérica, enquanto o astrolábio leva à apreensão do firmamento como um todo, de um modo divertido e lúdico. Assim, o **astrolábio** permanece insuperável no ensino da Astronomia fundamental.





Astrolábio assinado por Erasmus Habermel, c.1585, atualmente no Museum of the History of Science, Oxford, Inglaterra. Este instrumento mede 19,5 cm de diâmetro e tem gravadas as insígnias de Paduanus de Forli, médico do imperador germânico Rodolfo II de Habsburgo.



Astrolábio Árabe – ano 1000



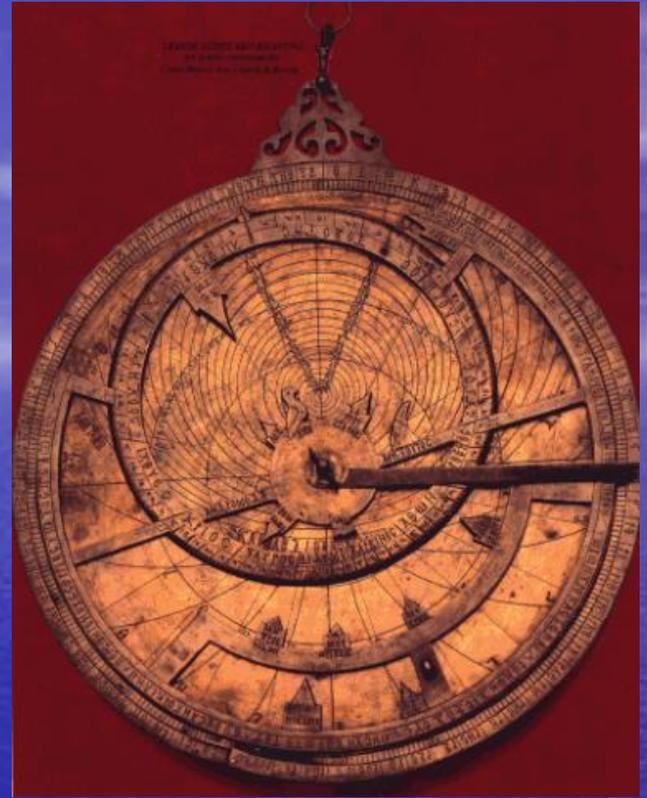
*Astrolábio gótico do
Séc. XV*



Astrolábio do séc. XIV



Astrolábio Árabe do séc. XIII



Astrolábio Bizantino de 1062



Astrolábio do séc. IX



*Astrolábio de 1572
construído por
Gualterus Arsenius*



Astrolábio Islâmico de 1480



Astrolábio Genovês de 1586



*Astrolábio Sírio do
séc. XII*



Astrolábio Persa



***Astrolábio Náutico Português
Séc. XVI - XVII***



Astrolábio Dundee - 1555



Astrolábio usado por navegadores Portugueses



Astrolábio dito de Galileu



Astrolábio Náutico Português



Astrolábio Florentino Séc. X



Astrolábio Mouro

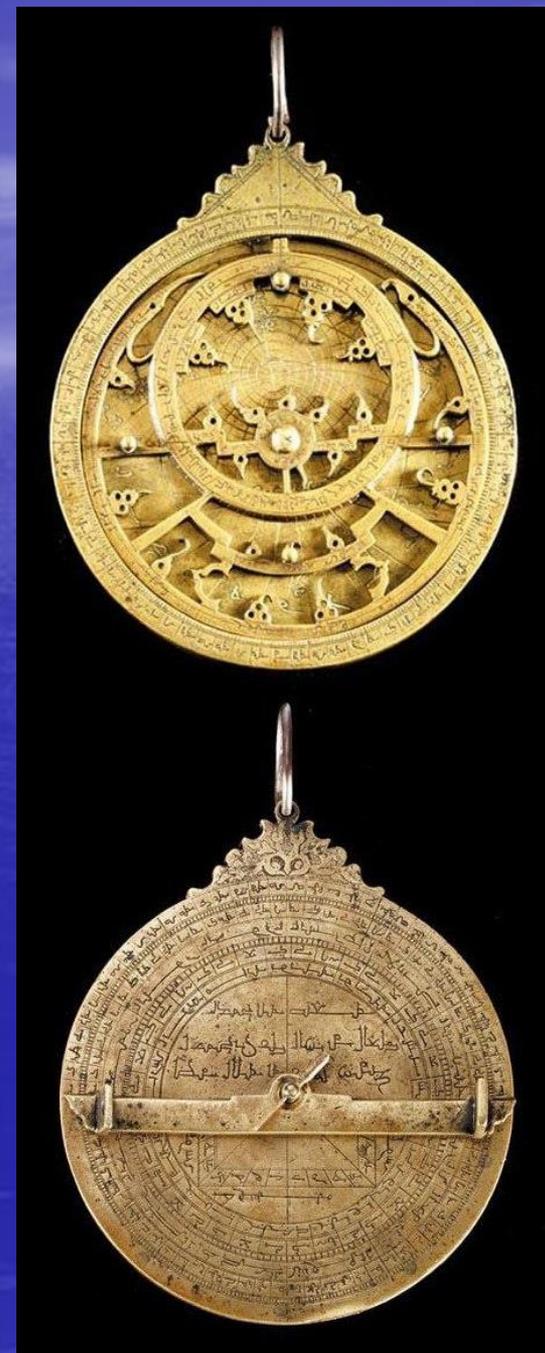


Astrolábio Árabe de 1140



Notturlabio de Ponteira
Séc. XVII

Astrolábio Islâmico
Face frontal e posterior
Séc. XIII



OCTANTE

Em 1731 John Hadley apresenta à Royal Society uma proposta de um instrumento novo. Tratava-se do **octante** um instrumento que permitia tomar alturas de astros por meio de dois espelhos.

Visava-se o horizonte e a imagem refletida do astro era trazida para o mesmo campo de visão do observador. Muito mais simples e rigoroso que o **astrolábio**, o **quadrante** e a **balestilha** e que finalmente dava um grande impulso á possibilidade da obtenção da longitude com algum rigor. Os **octantes** antigos eram fabricados em madeira, normalmente mogno ou ébano, com a escala num limbo em marfim, osso ou latão. Já possuía vidros coloridos de modo a poder-se apontar ao sol protegendo a vista. A escala no início era em diagonal com subdivisões do tipo **nônio** de Pedro Nunes ou **vernier**.

O **octante** ou **oitante**, chamado assim pela sua forma de um sector circular de 45° , permitia medir ângulos de até 90° (dobro de um oitavo do círculo).





Octante de 1760

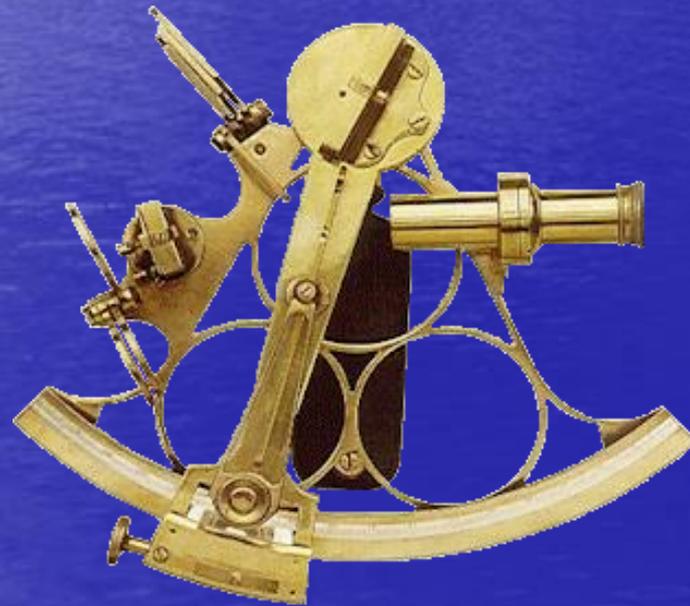


Octante de 1731

SEXTANTE

Em 1757, Campbell, um oficial da marinha inglesa aumenta o arco do limbo do **octante** para 60°, nascendo assim o **sextante**. Mas foram precisos ainda mais vinte anos até que *Tomaz Godfrey*, um vidreiro da Filadélfia, lhe aplicasse dois espelhos dispostos de forma a coincidir as imagens de dois astros, qualquer que fosse a distância a que se encontrassem, para que o **sextante** substituísse finalmente com vantagem o **octante**.

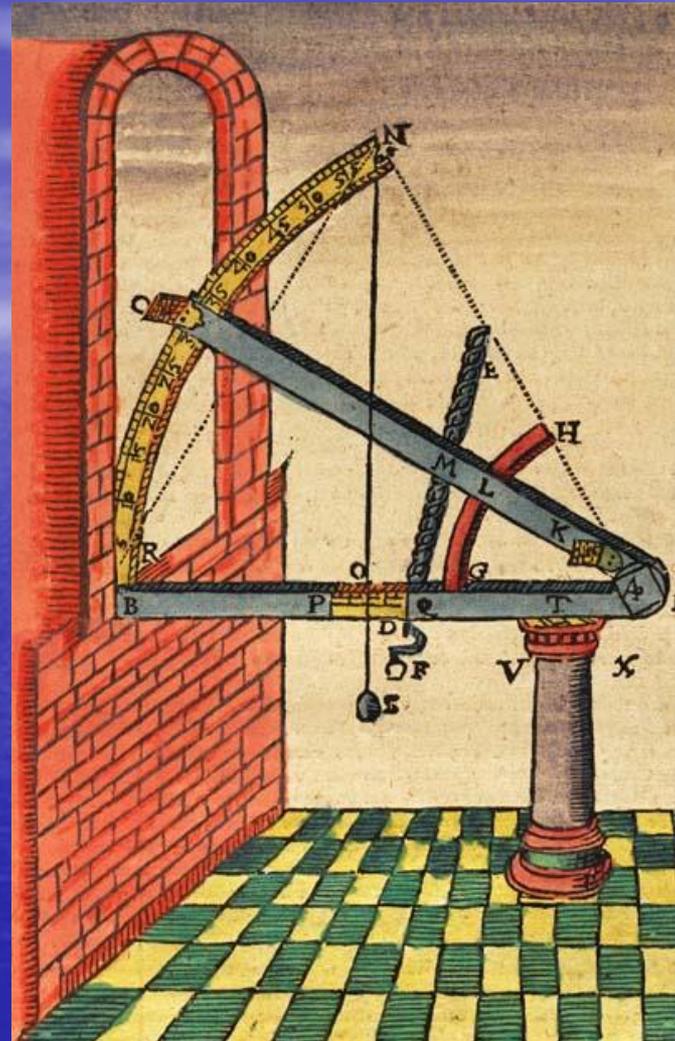
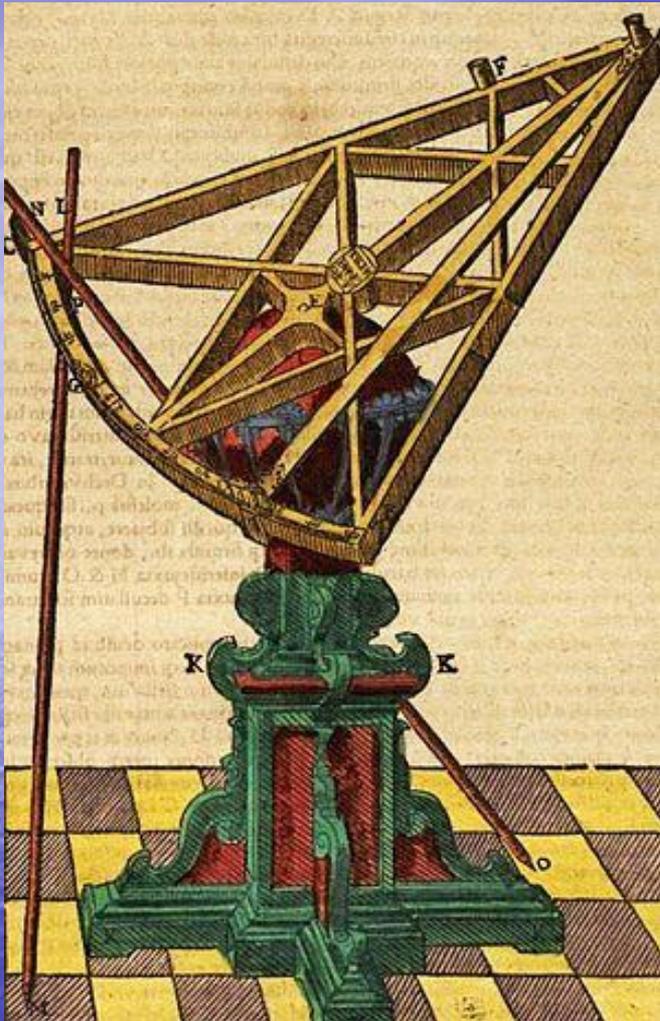
Até nossos dias, pequenas modificações foram incluídas para uma melhor adaptação ao uso corrente. Sem dúvida, há de se salientar a adaptação de um horizonte artificial, aperfeiçoado pelo Almirante Gago Coutinho e usado em 1922 na travessia aérea Lisboa/Rio de Janeiro. Já em 1733, Hadley, depois de ter apresentado o **octante**, publicou a descrição de um instrumento para medir alturas de astros sem o horizonte visível, recorrendo a um nível curvo.



Sextante



Exemplos de Sextantes



Sextante de Tycho-Brahe usado para medir distâncias angulares entre estrelas



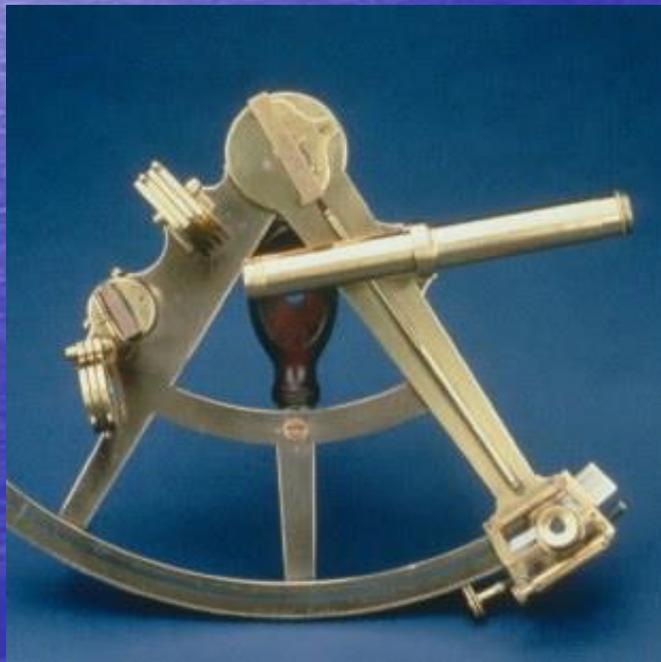
Sextante de 1806



Sextante de 1824



Sextante de 1937



Sextante de Dollond



*Sextante de prata do rei Edwardo VII
1855*



Sextante de Ramsden - Séc. XVIII



***Círculo de reflexão (Harris)
Séc. XIX***

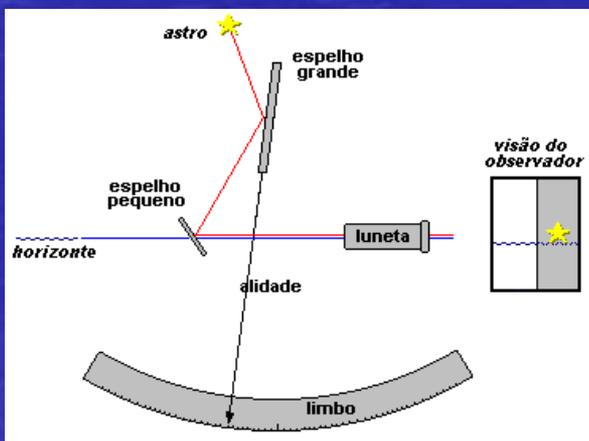


***Círculo de Reflexão (Troughton)
1868***

Até o aparecimento do GPS, o **sextante** era o instrumento primordial da navegação. Na marinha, há quem pense, erradamente, que já não é necessário. Convém, no entanto, não perder o treino no seu uso, já que, apesar de toda a paranoia tecnológica, este método é, por enquanto, o único infalível na obtenção de uma posição. Desde que haja Sol .

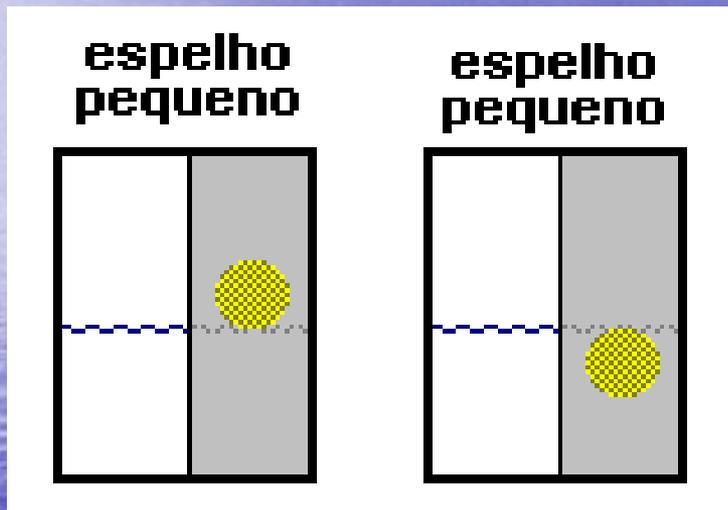
O **sextante** é formado por um suporte metálico, normalmente latão ou outro metal mais leve e rígido, com a forma de um sector. Em torno do centro move-se a **alidade** cujo extremo se desloca sobre um **limbo** graduado em graus, com um dispositivo de fixação. Neste extremo da **alidade** existe outro dispositivo que, pelo princípio de **vernier**, permite leituras até de segundo, com grande precisão. Solidário com a **alidade** move-se o **espelho grande**. Fixo ao sector encontra-se o **espelho pequeno**, que de fato é apenas meio-espelho, sendo a outra metade de vidro transparente. No extremo oposto do sector encontra-se a **luneta** enroscada no **colar**. Em ambos, os espelhos se encontram justapostos a vidros coloridos que servem de filtros aos raios solares.

O funcionamento do **sextante** é simples. O objetivo é medir um ângulo entre dois objetos. Pega-se firme o instrumento e visa-se o horizonte através da **luneta** e movendo a **alidade**, temos de levar a imagem refletida do astro a coincidir com a imagem do horizonte, visada diretamente. Se o astro visado é grande, como o sol ou a lua, a coincidência com o horizonte faz-se pelo limbo (borda) superior ou inferior do astro. A **alidade** indica no **limbo** do **sextante** o valor do ângulo medido.

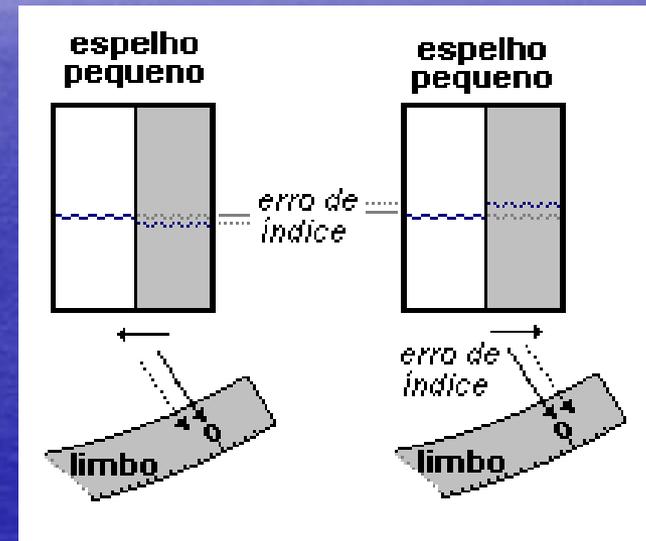


Peças e princípio de funcionamento

Como instrumento de grande precisão, deve ser tratado com cuidado. Existe no entanto um erro que é preciso levar em conta nas leituras. Ao levar a **alidade** ao zero da escala, verifica-se, algumas vezes, que as imagens (direta e refletida) não estão devidamente alinhadas, devido à falta de paralelismo de ambos os espelhos. Neste caso devemos mover a **alidade** até que a coincidência se verifique. A diferença então lida na escala, tem o nome de **erro de índice** e deve-se aplicar em todos os cálculos para corrigir o valor do ângulo lido.



Coincidir pelo limbo do astro



Erro de índice

Ao contrário do que somos levados a pensar nem sempre se medem alturas de astros. Em navegação costeira podemos também medir a altura de um farol, para calcularmos a distância até o mesmo ou ainda ler o ângulo entre dois objetos na horizontal para cálculos semelhantes.



Esquema de medida angular com um sextante



Medida efetuada com o Sextante