



# PARTICIPAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL DO BRASIL

Aristides Pinto Coelho

"Ora (direis) ouvir estrelas! Certo  
Perdeste o senso." E eu vos direi, no entanto,  
Que, para ouvi-las, muita vez desperto  
E abro as janelas, pálido de espanto...

Olavo Bilac

**A**pós a brilhante demonstração de pesquisa bibliográfica realizada pelo ilustre consócio Dr. Fernando de Almeida, pergunto-me se o título de minha palestra representa realmente a verdade histórica, embora tenha procurado qualquer referência de anterior atividade oficial do Governo Brasileiro no campo científico internacional. \*

O fato é que nossos estudos nos levaram, no tempo e no espaço, à ilha de Samos, pertencente às Ilhas Esporádes, da Grécia Asiática, no Mar Egeu. Ali viveu, 300 anos antes de Cristo, Aristarco (320-250? A.C.), seu mais ilustre filho. Astrônomo por vocação, Aristarco estudou e tornou-se Professor em Alexandria e foi, segundo os registros

históricos, o primeiro homem a se preocupar com as distâncias Terra-Lua e Terra-Sol. Introduziu o raciocínio matemático na Astronomia e calculou a distância Terra-Lua com base no trânsito da Terra ao longo do disco lunar, num eclipse da Lua, método usado por Hiparco (130 A.C.) para obter a paralaxe. Seu único trabalho conhecido em nossos dias foi *Das dimensões e distâncias do sol e da lua*, onde obtém, por geometria, resultados relacionados às distâncias e às dimensões desses dois corpos celestes. Os resultados foram consideravelmente imprecisos, segundo os cálculos atuais, muito mais pela inexistência de aparelhagem adequada para medidas astronómicas, do que pelo raciocínio, matematicamente correto.

Em seu trabalho, Aristarco afirma que o Sol estaria 18 vezes mais

\* Palestra realizada no Instituto de Geografia e História Militar do Brasil, a 12 de abril de 1983.

distante da Terra do que a Lua (ao invés das reais 346 vezes). De qualquer modo, o Sol, segundo ele, estaria muito distante da Terra, o que provaria sua grande dimensão e tornaria improvável que ele girasse em torno de um diminuto planeta como o nosso. Logo, a Terra deveria rotacionar em torno do Sol. Por suas idéias originais e "absurdas", Aristarco foi acusado de ímpio por Cleanto, o estóico.

Arquimedes, em seu trabalho *Arenarius*, cita as idéias de Aristarco (provavelmente expostas em trabalho que não chegou a nossos dias). Copérnico, 2.000 anos após, também cita Aristarco.

Foi assim que, ao sobrepujar as atividades diárias de sobrevivência, o espírito humano libertou-se para a amplidão e sentiu a ânsia de saber onde se encontrava no Universo; a que distância das estrelas e dos planetas, de seu Sol e de sua Lua.

O método mais usado pelos astrônomos na determinação da distância Terra-astro até 50 anos atrás, foi o da paralaxe, i.e., o ângulo do ápice quando se conhece a linha de base e os ângulos de base que um corpo inacessível faz com o local de observação. Conhecida a paralaxe, podem-se calcular os dois lados do triângulo formado pelos dois pontos de observação e o objeto em estudo, e logo, a distância procurada. Uma condição necessária é que a linha de base, isto é, a distância entre os dois pontos de observação na Terra, seja suficientemente extensa de modo a permitir a imprescindível precisão no cálculo da distância: Terra-

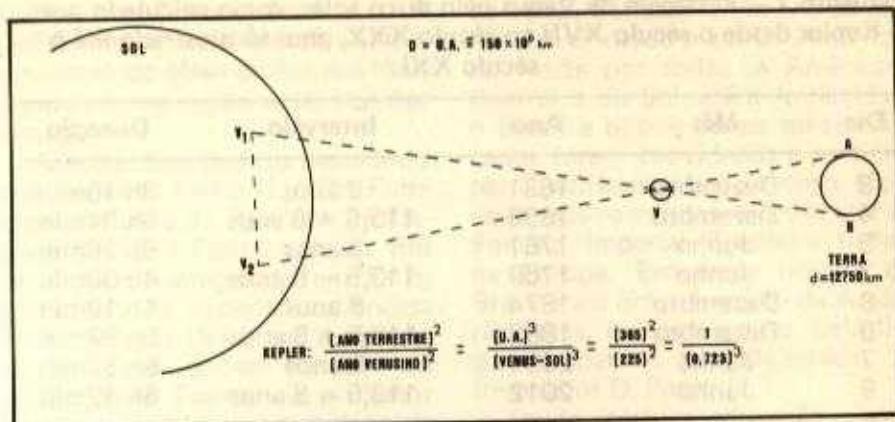
astro. Procura-se, portanto, tomar dois pontos da Terra, suficientemente distantes, situados em diferentes hemisférios e, se possível, sobre o mesmo círculo meridiano.

A primeira estimativa razoável da paralaxe solar foi obtida em 1672, com observações do planeta Marte feitas em Caiena (Guiana francesa) e Paris, com o valor de 9°5. Considerando que Vênus pode aproximar-se mais da Terra do que Marte, embora na ocasião fique entre o Sol e a Terra, Edmund Halley, baseado nos estudos de Kepler, considerou em 1678 (aos 22 anos) e publicou, em 1691, que o estudo do trânsito de Vênus pelo disco solar seria excelente método para a determinação da paralaxe solar (como se vê nas fituras 1 e 2).

A combinação do movimento da Terra e do movimento de Vênus, em suas respectivas órbitas, faz com que Vênus só possa andar diante do Sol a intervalos realmente singulares, de 8 anos e de 113,5 ± 8 anos, segundo se pode ver no quadro I.

Halley, ao analisar os dados do quadro I, lamentou a curta duração da vida humana, que não lhe permitiria estudar a passagem de Vênus pelo disco solar, fenômeno que só viria a ocorrer dali a 98 anos, quando a probabilidade de ainda permanecer vivo e ativo seria praticamente nula.

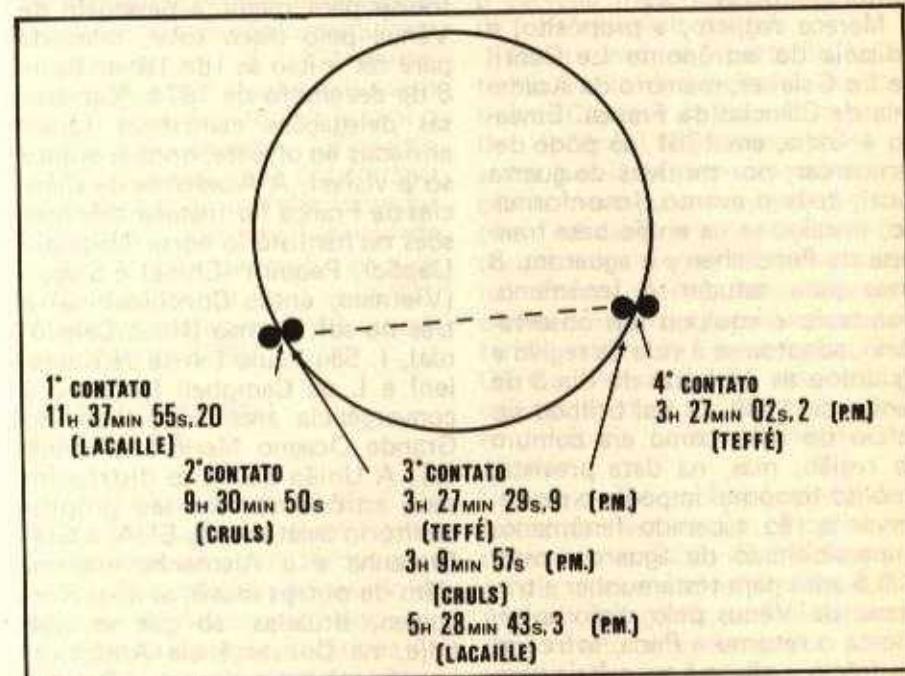
Deve-se notar que tanto em junho como em dezembro, a Terra acha-se muito inclinada e dois observadores, em pontos opostos, só podem observar o fenômeno no



mesmo meridiano tendo um dos pólos entre si.

As passagens de Vênus em 1761 e em 1769, embora muito estudadas, não permitiram a obtenção de resultados concordantes. A depen-

dência de fatores atmosféricos, além de outros fatores fortuitos, sempre foram obstáculos à observação direta de fenômenos astronômicos. Vale lembrar aqui o pensamento de Frederico, o Grande,



**Quadro 1 — Passagem de Vênus pelo disco solar, como calculado por Kepler desde o século XVII ao século XXX, aqui só mostrado até o século XXI.**

Dia	Mês	Ano	Intervalo	Duração
6	Dezembro	1631	8 anos	3h 10min
4	Dezembro	1639	113,5 + 8 anos	6h 34min
5	Junho	1761	8 anos	6h 16min
3	Junho	1769	113,5 - 8 anos	4h 00min
8	Dezembro	1874	8 anos	4h 10min
6	Dezembro	1882	113,5 + 8 anos	5h 57min
7	Junho	2004	8 anos	5h 30min
5	Junho	2012	113,5 - 8 anos	6h 42min
—	—	—	—	—

em carta a Voltaire: "Quanto mais se envelhece, mais se persuade que sua Sacra Majestade, o Acaso, faz três quartas partes da obra deste universo miserável"...

Merce registro, a propósito, a odisséia do astrônomo Le Gentil de La Galaisier, membro da Academia de Ciências da França. Enviado à Índia, em 1761, só pôde desembarcar, por motivos de guerra local, após o evento. Inconformado, instalou-se na então base francesa de Pondicherry e aguardou 8 anos para estudar o fenômeno. Construiu e equipou um observatório, adaptou-se à vida da região e aguardou as 10 horas do dia 3 de junho de 1769. O Sol brilhou no início do mês, como era comum na região, mas, na data prevista, insólito temporal impediu-o de observar o tão esperado fenômeno. Impossibilitado de aguardar mais 105,5 anos para testemunhar a travessia de Vênus pelo disco solar, enceta o retorno a Paris, sofre um naufrágio e chega à sua pátria para

constatar que, dado como morto, fora substituído na própria academia.

Grande número de países aprontou-se para medir a passagem de Vênus pelo disco solar, marcada para ter início às 16h 16min 6s de 8 de dezembro de 1874. Numerosas delegações científicas foram enviadas ao oriente, onde o evento seria visível. A Academia de Ciências da França fez instalar três missões no hemisfério norte: Nagasaki (Japão), Pequim (China) e Saigon (Vietnam, então Conchinchina) e três no sul: Numea (Nova Caledônia), I. São Paulo (norte de Kerguelen) e I. de Campbell (próxima à convergência antártica), todas no Grande Oceano Meridional (Índico). A União Soviética distribuirá seus astrônomos em seu próprio território asiático. Os EUA, a Grã-Bretanha e a Alemanha usaram, além de outros locais, as ilhas Kerguelen, situadas, ao que se sabe hoje, na Convergência Antártica, isto é, nos limites entre o Oceano

Índico e o Oceano Antártico. A Grã-Bretanha estabeleceu, ainda, uma base de observações nas Ilhas Sandwich, na região Atlântica-Antártica.

Atendendo a pedido pessoal do Imperador D. Pedro II, o Dr. Francisco Antonio de Almeida, Professor da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, estagiando em Paris, participou da expedição francesa ao Japão, em 1874, sob a direção do Dr. Jules Jansen, Membro do Instituto de França. O professor brasileiro teve a oportunidade de operar o revólver fotográfico, inventado por Jules Jansen, cujo uso permitiu obter as primeiras fotografias astronômicas em série.

Nem todas as observações tiveram o sucesso esperado, muitas foram prejudicadas pelas nuvens. Vários observadores não conseguiram nem mesmo ver o Sol. Os resultados obtidos por alguns indicavam como 8"85 o ângulo sob o qual o semidiâmetro terrestre seria visto do Sol. Este resultado concordava muito bem com medidas baseadas em outros fenômenos (velocidade da luz: 8"86, aberração da luz: 8"80, movimento da Lua: 8"85, massa dos planetas: 8"86, oposição de Marte: 8"86).

## A PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA

Em 1891 a Academia de Ciências da França reuniu-se em Paris a fim de estabelecer os planos para os trabalhos relativos ao estudo da passagem de Vênus pelo disco solar, prevista para se iniciar às 4h 25min 44s do dia 6 de dezembro

de 1882. Como o fenômeno só seria visível desde o sul da América do Norte por todas as Américas Central e do Sul, até a Antártida, o Brasil e outros países sul-americanos foram convidados a participar cientificamente do evento. Merece registro as boas relações que a Família Imperial Brasileira tinha na Europa. Em parte porque o Brasil era o único império da América, mas, principalmente, pela figura ímpar de Sua Majestade, o Imperador D. Pedro II.

Tendo recebido educação quase espartana, sob o severo regime de seu tutor, o Marquês de Itanhaém, Sua Majestade amadureceu rapidamente e, aos 15 anos, assumiu a responsabilidade de conduzir o Império do Brasil. Daí, inaugurou o período mais rico e construtivo de toda a história do país.

Compreende-se, portanto, que tendo aceito o convite da Academia de Ciências de Paris, o Imperador do Brasil empenhasse todo o ardor patriótico em colocar a nação ao lado de outras grandes nações, na sua primeira atividade de cooperação científica internacional. Foram planejadas duas expedições científicas brasileiras ao exterior, além de observações em Olinda (Pernambuco), esta sob a orientação do astrônomo brasileiro Julião O. Lacaille e no Rio de Janeiro.

Apesar do interesse imperial ou, talvez por isso mesmo, a oposição de ambas as Casas do Parlamento às planejadas expedições às Antilhas e à Patagônia, tomou aspecto deploravelmente derrotista. O pitoresco é que um dos ferrenhos

inimigos do projeto de medida dos fenômenos *luminosos* tinha *luz* no nome. Houve, é verdade, vozes de espíritos mais *iluminados*, com destaque para Affonso Celso, futuro Visconde de Ouro Preto, autor das frases candentes: "Não vive o homem só de pão, nem o destino das nações resume-se na produção e no consumo. Os progressos da Ciência nunca serão demasiadamente pagos." À respeito, pronunciou-se, ainda, o Ministro Rodolfo Dantas: "Em suma, essas expedições destinam-se à procura do mais honesto bem da vida: a verdade. E ao serviço da mais alta força do mais fecundo poder da Terra: a Ciência."

Não obstante o empenho do Imperador e os brilhantes conceitos dos dois ilustres homens públicos, o crédito para as expedições foi negado. Entretanto, o erudito e idealista monarca, a arrastar, com o espírito indomável dos grandes da história do homem na Terra, o Brasil para seus mais altos desígnios, iniciou, com a doação de quantia ponderável, uma lista de donativos que permitiu a realização das duas expedições, inaugurando a participação brasileira nos trabalhos de cooperação científica internacional. A subscrição popular contribuiu com 33:000\$000 (33 contos de réis), que, associados aos 66:666\$666 (66 contos, 666 mil e 666 réis) fornecidos pelo Governo, completaram o orçamento de 100 contos de réis para a execução do projeto.

Desse modo, uma expedição sob a orientação científica do astrônomo Luiz Cruls, belga de nas-

cimento, naturalizado brasileiro e diretor do Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, seguiu na corveta *Parnahyba*, sob o comando do então Capitão-de-Fragata Luiz Phillippe de Saldanha da Gama para a região subantártica do Estreito de Magalhães, cidade de Punta Arenas (53°09'S, 70°54'W). Simultaneamente, outra expedição (de três oficiais navais), sob o comando militar e científico do Barão de Teffé, tomava como base de suas pesquisas a Ilha de Santo Tomás, nas Antilhas (18°25'N, 64°19'W). Acham-se, ambos os locais, muito próximos da mesma linha meridiana e distantes cerca de 71° em latitude, ou seja, cerca de 7.900 km.

A epopéia e o êxito da expedição a Punta Arenas, na época a cidade mais austral do mundo, no navio misto de vapor e vela, a corveta *Parnahyba*, acha-se esplendidamente descrita no livro *Notas de Viagem*, do Comandante Saldanha da Gama, futuro Almirante e fundador do Clube Naval, no Rio de Janeiro. Esse êxito acha-se também registrado nos trabalhos de Luiz Cruls, que acompanhou todas as fases da passagem de Vênus pelo disco solar e nas amostras da biota da Patagônia, coletadas pelo botânico da expedição, G. Rumbelsperger e até hoje preservadas no Museu Nacional.

Gustavo Rumbelsperger nascera na França, estudara em Filadélfia e se naturalizara brasileiro. Coletoou amostras da biota Patagônica em várias áreas do Estreito de Magalhães, visitadas pela *Parnayba*: Broad Ranch, Lomas Bay, Admi-

rality Sound, Phillip Bay e, também, na Ilha de Quarter-Master, a 37 km de Punta Arenas, onde o CF Saldanha da Gama fez erigir um marco da visita brasileira. O botânico brasileiro trouxe muitas amostras de algas, fungos, líquens e plantas superiores para o Brasil, que se acham em perfeito estado de conservação no herbário do Museu Nacional. Entre elas, destacam-se *Cordamine hirsuta* Sm (Cruciferaceae), *Berberis bruxifolia* Lam (Berberidaceae, a Calafate das florestas patagônicas), *Ranunculus penducularis* Smith (Ranunculácea, de flores amarelas).

Além do êxito científico, a expedição ensejou valiosos contatos de brasileiros com outros cientistas e homens do mar, que trouxeram vários frutos para nosso País. Assim, quando o belga Ten Adrien de Gerlache realizou, entre 1897 e 1899 a famosa expedição à Antártida mostrou, por duas vezes, sua admiração por nosso País. Em agradecimento às atenções recebidas, além de água e víveres, no Rio de Janeiro, hasteou o pavilhão nacional do Brasil em seu barco, um ano após prometer que o faria em sessão solene em sua homenagem, no Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, no Rio de Janeiro, e deu o nome de Luiz Cruls, a um grupo de ilhas na região da Península Antártica ( $65^{\circ}11'S$ ,  $64^{\circ}32'W$ ).

A outra expedição brasileira ao exterior, comandada pelo CMG Barão de Teffé, contou com a assessoria de dois brilhantes oficiais de Marinha: Capitão-Tenente Francisco Calheiros da Graça e 1º Tenente Arthur Índio do Brasil, além

de dois ajudantes. A viagem do grupo foi feita em condições precárias, no cargueiro *Cyphrenes*, da Cia. Roach & Sons (EUA), que nada cobrou em passagens e fretes da volumosa carga. O navio, único a aportar na então colônia dinamarquesa, levava 32 mil sacas de café, além de outras mercadorias, no total de 1.822 t. Com peso excessivo, seu casco mergulhou mais 20 cm do que a máxima linha d'água permitida pelo Lloyd, o que lhe causou transtornos na saída do porto de Belém.

Para a Ilha de Santo Tomás foi levado e montado um pequeno laboratório, com paredes e piso de madeira, pré-fabricado nas oficinas do Imperial Observatório no Rio de Janeiro. Media 9,47m x 4m e denominado "Observatório Cerro Dom Pedro II", abrigou a luneta e os demais instrumentos indispensáveis às observações.

Cerca de 100 instrumentos foram distribuídos entre os observatórios de Santo Tomás, Olinda e Punta Arenas. Só na Parnahyba foram transportados 15 cronômetros. A pertinaz busca dos astrônomos do Observatório Nacional conseguiu recuperar, cem anos após, muitos dos instrumentos usados nas expedições, como, por exemplo:

— pêndula astronômica acoplada ao cronógrafo elétrico por E. Liais, do Imperial Observatório do Rio de Janeiro;

— cronômetro de marinha James Poole nº 5691. Este cronômetro foi inventado por John Harrison (1759) e responsável, em grande parte, pela precisão dos dados da

segunda expedição de J. Cook (1772-5), como descrito em meu livro antártico;

— cronômetro de marinha John Poole nº 2977, ainda em funcionamento após mais de cem anos de uso;

— pantômetro com luneta — para medir ângulos em superfícies terrestres;

— horizonte artificial de mercúrio, destinado a refletir a imagem de um astro, devidamente colimada;

— círculo meridiano portátil — destinado a determinar as coordenadas das estrelas, bem como a longitude e a latitude de um ponto da Terra;

— luneta astronômica de 0,105 m de abertura e 1,80m de distância focal.

A partir de 1 de dezembro os astrônomos intensificaram as observações e calibrações da aparelhagem com fins a estabelecer os parâmetros das observações e as flutuações temporais decorrentes das alterações espaciais nas posições dos astros.

Descreve o Barão de Teffé que no dia 6, às cinco horas da manhã todos já estavam a postos. Às 8h 20min o céu encoberto com nimbus muito pesados não permitiu observar as passagens de  $\beta$  Centauro de  $\alpha$  Bootis. Daí em diante as esperanças de uma boa observação começaram a desaparecer. Compreende-se o desespero do Barão de Teffé ante a iminente impossibilidade de executar sua missão.

Em seu relatório ao Governo, Teffé descreve a ansiedade e a an-

gústia sofridas, quando nuvens impediram-lhe registrar a entrada de Vênus no disco solar. Segundo ele "tudo escureceu", querendo afirmar que não só o campo visual do planeta, mas, também, toda a sua esperança de êxito estavam perdidos. A melhora do tempo deu-lhe novo ânimo: "Ao meio-dia e meia, começou a clarear o tempo e aproveitei logo todas as ocasiões favoráveis, todas as intermitências do Sol claro, para tomar série de passagens na tela, a fim de determinar as posições relativas dos centros do Sol e de Vênus."

Entre rajadas de ventos e nuvens esparsas, foi possível registrar o 3º e o 4º contatos (a saída de Vênus) e os resultados foram de grande valor. Estavam salvas as expedições e os resultados brasileiros foram registrados pelos centros astronômicos do mundo, bem como na Academia de Ciências de Paris, ao lado dos valores obtidos pelas 16 delegações científicas francesas.

A título de ilustração, seguem alguns dados que bem demonstram o minucioso e exaustivo trabalho realizado pelas delegações brasileiras.

Horas dos contatos registrados pelo Barão de Teffé com a pêndula astronômica:

3º contato: 17h 00min 40s,53

4º contato: 17h 21min 15s,53

As horas absolutas, fornecidas pelo cronômetro John Poole nº 5003, foram respectivamente:

3º contato: 4h 59min 48s,00

4º contato: 5h 20min 23s,00

Apenas para ilustrar os cuidados dos observadores brasileiros, deve-

se registrar que todas as medidas foram realizadas pelos três observadores de Santo Tomás (com fins a anular influências pessoais como acuidade visual, adaptação do aparelho, etc.). Ao comparar os resultados obtidos pelo Barão de Teffé com a média dos três observadores, encontrei desvios mínimos, correspondentes a:

3º contato: 1s,21

4º contato: 0s,22

o que evidencia a acuidade nas medidas efetuadas.

Os êxitos de ambas as expedições valeram ao Brasil, pela primeira vez, notoriedade científica internacional. Valeram ao Barão de Teffé, principalmente pelo conjunto de seus trabalhos, a eleição, a 4 de fevereiro de 1899, para Membro Correspondente da Academia de Ciências, Instituto de França (na Seção de Geografia e Navegação), honraria somente concedida, até à República, a dois brasileiros (ele e o Imperador D. Pedro II), os únicos da América Meridional.

As medidas da Paralaxe solar não ofereceram, na prática, os resultados ótimos que se poderia esperar. Os fundamentos matemáticos de Halley, como explicados nas figuras que acompanham este texto, eram absolutamente corretos, mas as medições efetuadas sofreram influências difíceis de tornar. Não só as condições atmosféricas, como a própria atmosfera da Terra e a mais densa ainda atmosfera de Vênus, dificultaram a precisão das medidas. O efeito da gota, causado pela atmosfera de Vênus foi um fator ponderável de

erro. Acresce, ainda, não ser a Terra, como se acreditava, uma esfera perfeita, mas, sim, periforme, o que acarreta divergências nas distâncias relativas às latitudes e longitudes dos pontos de observação.

Estudos realizados com o asteroide Eros (descoberto em 1898), um dos corpos celestes que mais se aproxima da Terra, foram muito úteis na determinação mais precisa da paralaxe solar.

A oposição de Eros em 1931, quando o planetóide esteve a apenas 25.531.900 km da Terra, foi fotografada seqüencialmente de ambos os hemisférios terrestres. Pela análise dessas fotos, Sir Harold Spencer obteve o valor de  $8'',790 \pm 0,001$ . Atualmente a União Astronômica Internacional considera válido o ângulo de  $8''794148 \pm 0'',00007$ , valor médio obtido por astrônomos dos EUA, URSS e Inglaterra, no início dos anos 60, após inúmeras observações sucessivas com ondas de radar, nos períodos de conjunção inferior de Vênus (com precisão da ordem de 1-2 km), quando o planeta dista 41.800.000 km da Terra.

A análise crítica das medidas da paralaxe solar, realizadas no século passado, bem mostra a relatividade das vitórias do homem ao estudar e entender a natureza. Mal podiam imaginar os pesquisadores da época que, breve, a fotografia seqüencial de corpos celestes e o uso de outros tipos de radiação não visível, permitiriam obter resultados muito mais precisos para o valor tão avidamente procurado. E, antes de decorrido um século, artefato humano lançaria, na Lua, um

feixe de raios laser, inaugurando novas técnicas de precisão métrica nas medidas das fantásticas distâncias siderais.

As informações registradas neste trabalho foram muito enriquecidas graças ao Projeto Memória da Astronomia e Ciências Afins no Brasil, do Conselho Nacional de Pesquisas. Sob a liderança do astrônomo Dr. Ronaldo Rogério de Freitas Mourão, o Dr. Marcomedes Rangel e outros especialistas do Observatório Nacional trabalharam durante um ano para recuperar peças, aparelhos e fazer mapas e gráficos referentes à passagem de Vênus pelo disco solar em 1882. A mostra, inaugurada no Observatório Nacional, em 8 de dezembro de 1982, representa um marco na História da Ciência em nosso País e um exemplo de carinho e capacidade de trabalho na preservação da memória dos pioneiros científicos, que se dedicaram a fazer, em condições adversas, muito mais do que sua simples e rotineira obrigação.

Deve-se lamentar a excessiva mordacidade das críticas de parlamentares e da imprensa do Rio de Janeiro, ao menosprezarem a participação brasileira no estudo da passagem de Vênus pelo disco solar. O Imperador D. Pedro II, alvo da maioria das críticas, viu-se impossibilitado de acompanhar o fenômeno no Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, devido às más condições atmosféricas, o que se constituiu em excelente motivo para novas chacotas.

A incompreensão da pesquisa científica, aparente e inicialmente

divorciada das exigências de ordem utilitária, gerou críticas e comentários do mais pobre teor, como os de Angelo Agostini na *Revista Ilustrada*. Tais demonstrações de "rica criatividade" foram um prenúncio da triste campanha que viria a sofrer o grande Oswaldo Cruz, poucos anos após.

Figura 1 — Seja a situação Terra, Vênus, Sol, quando da passagem de Vênus pelo disco solar, como mostrado no gráfico.

Na época de Kepler (séc. XVII—1609), a distância média de qualquer planeta ao Sol não era conhecida em quilômetros, mas era perfeitamente calculável em relação à distância média Terra-Sol (a unidade astronômica), isto é, só seria possível representar o sistema planetário em um mapa *sem escalas*.

A 3<sup>a</sup> lei de Kepler diz: "Há uma relação constante entre o quadrado do período de revolução e o cubo do semi-eixo maior, em qualquer órbita planetária". Simplifica-se a interpretação da lei explicando que o *quadrado do tempo gasto na revolução do planeta em torno do Sol, é proporcional ao cubo da semidistância planeta-Sol*, pois o período de revolução do planeta corresponde ao tempo necessário para que o mesmo percorra a elipse de sua trajetória. O período da revolução de Vênus, na época, era dado como 225 dias (atual:  $247 \pm 5d$ ) e sua distância ao Sol foi obtida como 0,723 da Unidade Astronômica. Sua órbita é bastante excêntrica (0,007) com uma inclinação em relação ao plano da eclíptica igual a  $3^{\circ} 24'$ .

A paralaxe do Sol é, na realidade, a dimensão angular sob a qual se vê a Terra à distância do Sol. Assim, por exemplo, um círculo de 1m de diâmetro será visto com um ângulo de  $1^\circ$  à distância de 57m. Um homem com 1,70m de estatura, colocado à distância de 57 vezes sua estatura (isto é, 97m) será visto sob um ângulo de  $1^\circ$ .

Os dois triângulos acima são semelhantes. Deles se utilizam o lado AB (formado pelos observadores terrestres; no caso do estudo brasileiro, é a linha que une Santo Tomás a Punta Arenas e não os dois pólos, como admitido idealisticamente) e o ângulo V, obtido pela união das retas formadas pelo observador B na Terra, ao ponto  $V_1$  no Sol, e de A na Terra, ao ponto  $V_2$  no Sol.

Pela terceira lei de Kepler (os lados dos dois triângulos, como obtidos no gráfico, guardam entre si uma certa relação determinada, que é igual a 0,37 para o triângulo que tem sua base na Terra), a distância retilínea que separa os dois observadores terrestres é 37/100 da linha  $V_1V_2$ , que une os dois pontos da projeção de Vênus sobre o disco solar.

O problema se reduz, pois, em medir essa linha de conjugação, o mais rapidamente possível. Este valor foi encontrado como da ordem de  $48''$ , na maioria das medidas efetuadas. Logo, o diâmetro da Terra, visto à distância do Sol, mede  $48'' \times 0,37 = 17'',76$ , a cifra procurada.

Um segundo de arco, como visto acima, é a grandeza aparente de 1m visto a 206265m. Um objeto

visto a  $17''76$  estará tão longe do observador quanto o número acima dividido por  $17''76$ . Logo, se a Terra é vista no Sol, sob um ângulo de  $17'',76$ , a distância Terra-Sol será  $206265/17,76 = 11614$  vezes o diâmetro da Terra. Na prática, costuma-se representar o ângulo sob o qual se veria o *raio* da Terra, isto é,  $8''88$ .

Este foi o método de triangulação proposto pelo astrônomo inglês Edmund Halley, em 1691 e utilizado pelos cientistas brasileiros, em comunhão com a comunidade científica internacional em 1882.

**Figura 2 —** A passagem de Vênus pelo disco solar ocorreu, em 1882, pela região sul do Sol, como esquematizado, ao contrário da passagem de 1874, que se deu no norte solar. As bolas pretas representam o planeta Vênus em suas posições mais críticas, chamadas contatos (dois de entrada e dois de saída). A delimitação do ponto de contato torna-se imprecisa pela atmosfera de Vênus, cuja "protuberância" na esfera gera o fenômeno da gota. Os tempos correspondem ao tempo médio de acordo com a hora local.

**Quadro 2 —** Resumo das observações utilizadas pelos astrônomos brasileiros na determinação da paralaxe solar, em 1882. Para o cálculo foram considerados, apenas, os dois contatos internos de Vênus com o disco solar. Assim, o 1º contato citado no quadro é, na realidade, o 2º contato de Vênus, enquanto que o segundo contato é o terceiro (v. figura 2). O tempo

	1º contato interno						2º contato interno					
	Tempo	Local		Tempo: c.T./Paris			Tempo	Local		Tempo: c.T./Paris		
		H	M	S	H	M		H	M	S	H	M
Teffé							3	27	29,9	8	4	3
S.T. Calheiros							3	27	39,6	8	4	13
Indio							3	27	35,6	8	4	9
PE Lacaille	11	58	30,5	2	25	38	5	28	43,3	8	4	16
Louzada	11	58	11,5	2	25	19	5	28	19,1	8	3	52
P.A. Cruis	9	30	50	2	26	6	3	9	57	8	3	59

reduzido ao centro da Terra (c.T.) foi referido ao meridiano de Paris. Como a adoção do meridiano de Greenwich, como referência de tempo, só havia sido proposta recentemente (1880) os astrônomos brasileiros relataram, pelo menos, quatro tempos: em relação ao centro da Terra (meridiano de Paris ou de Greenwich), local e sideral, o que torna difícil e trabalhosa a consulta dos relatórios. Para o cálculo da paralaxe foram usados: 2º contato de Santo Tomás, 2º contato de Pernambuco e 1º e 2º contatos de Punta Arenas. A observação indireta, por projeção, utilizada pelos brasileiros, evitou a maior parte do erro visual e muito contribuiu para os excelentes resultados obtidos.

A Comissão Brasileira determinou a Paralaxe Solar como 8"808, um dos valores mais precisos para a época (em 1900 o valor aceito era 8"800).

### Bibliografia

ALMEIDA, F. A. *Da França ao Japão*. Rio de Janeiro, 1870.

ALMEIDA, F. A. *A Paralaxe do Sol e a Passagem de Vênus*. Biblioteca Nacional, Rio de Janeiro, 1878.

CRULS, L. *Anaes do Observatório Imperial*. Tomo 39 (em português e em francês). Rio de Janeiro, 1887.

DEBUS, A. G. (ed.) *World Who's Who in Science. The Marquis Biograph.*, Libr. Chicago, 1968, 1.854 p.

DUBOIS, E. *Passages de Venus Sur le Disque Solaire*. Paris, 1873. *Encyclopaedia Britanica*, 1977.

EVANS, J. V. *Radar Signatures of the Planets*. In: Enzmann, R.D. (ed.) *Planetology and Space Mission Planning*. Ann. N. Y. Acad. Sci. 140(1): 196-257, 1966.

EVANS, J. V. et alii (7 autores). *Radio-echo observations of Venus and Mercury at 23cm wavelength*. Astron. J. 70: 486-501, 1965.

FLAMMARION, C. *L'Astronomia Polare* (trad. ital. de Sergent-Marceau, E.). Societá Editrice Sonzogno. Milano, 784 p. il., 1905.

KOTEL'NIKOV, V. A. et alii (10 autores). *Radar Observations of Venus*. Doklady Akademii Nauk. 145: 1035-38, 1962.

MUHLEMAN, D. O., HOLDRIDGE, D. B. e BLOCK, N. *Astronomical Unit*

*Determined by Radar Reflection from Venus. Astron. J.* 67: 191-203, 1962.

Observatório Nacional (CNPq). Centenário da Passagem de Vênus. Exposição e folhetos organizados pela equipe sob a orientação do astrônomo Dr. Ronaldo Rogério de Freitas Mourão. Rio de Janeiro, 1982.

PINTO COELHO, A. *Barão de Teffé—Thala Dan. Rev. Marit. Bras.* 102(10/12): 77-80. Rio de Janeiro, 1982.

PINTO COELHO, A. *Nos Confins dos Três Mares... A Antártida. Letras em*

*Marcha Editora Ltda. Rio de Janeiro, 246 + XIV p. il., 1982.*

POTENGIL, G. H. e SHAPIRO, I. *Radar Astronomy. Ann. Rev. of Astronomy and Astrophysics*, 3: 377-410, 1965.

SALDANHA DA GAMA, L. P. *Notas de Viagem. Min. Marinha. Rio de Janeiro, 1945.*

SHAPIRO, I. *Fourth Test of General Relativity. Phys. Rev. Letters*, 13: 789-91, 1964.

TEFFÉ, T. *Barão de Teffé. Serv. Doc. Geral Mar. Rio de Janeiro, 481 p. il., 1977.*



O Professor Aristides Pinto Coelho, natural de Ponte Nova, Minas Gerais, é membro-fundador do Instituto Brasileiro de Estudos Antárticos. Em 1982 realizou quinze conferências sobre a importância da Antártida para o Brasil, sendo quatro em Delegacias Regionais da Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra. É membro recém-eleito do Instituto de Geografia e História Militar do Brasil.