

A MEDIDA DO RAIOS DA TERRA PELO MÉTODO DE POSIDÔNIO¹

Victor César Ferreira da ROCHA²
Graduando em Engenharia de Produção
IFSP/Câmpus São Paulo

Alberto Carlos BERTUOLA³
Doutor em Física/USP
Docente de Engenharia de Produção
IFSP/Câmpus São Paulo

RESUMO

Neste trabalho, foi realizado um estudo sobre a possibilidade da medida do raio da Terra por meio da aplicação do instrumento conhecido por astrolábio óptico. Para obtenção de um valor numérico dessa grandeza, aplica-se o método desenvolvido pelo cientista grego Posidônio (~135 a.C.), com sua triangulação geométrica peculiar. O experimento é uma reprodução do procedimento adotado por esse antigo cientista, otimizado por uma visão estruturada na pedagogia contemporânea. Dois astrolábios ópticos projetados e construídos especialmente para esse trabalho são ideais para serem utilizados nas observações de uma conveniente estrela, a partir de dois lugares distantes entre si. A parte experimental deste projeto é a medição de ângulos por meio de aplicativo instalado no *smartphone* acoplado ao astrolábio e, também, fotografias do aparato experimental, que, posteriormente, podem ser analisadas com auxílio do *AutoCAD*. Os valores encontrados na experimentação serão aplicados na triangulação desenvolvida por Posidônio e os resultados poderão ser comparados ao valor atualmente aceito para o raio da Terra.

Palavras-chave: Astrolábio Óptico; Raio da Terra; Posidônio.

Introdução

Para que seja possível obter determinadas grandezas astronômicas, como as distâncias Terra-Sol e Terra-Lua, é imprescindível ter um valor numérico bem definido para o raio da Terra. Esse valor foi obtido pela primeira vez por Eratóstenes de Cirene,

¹ Trabalho resultante de Iniciação Científica. Orientador Prof. Dr. Alberto Carlos Bertuola. Agradecimentos especiais ao CNPq, pelo suporte financeiro a esse trabalho; ao Departamento de Mecânica do IFSP – Câmpus São Paulo, pelo suporte técnico ao trabalho; e ao professor Me. Gilberto Fernandes e seu aluno Artur Gonzales Meger Pohl, pelo auxílio no trabalho de oficina.

² Endereço eletrônico: victorcezarf@gmail.com

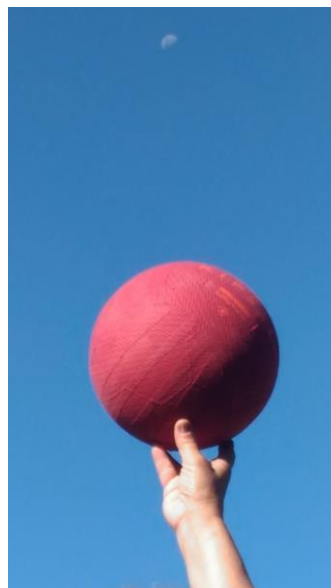
³ Endereço eletrônico: acbertuola2@ifsp.edu.br

cientista que viveu entre 276 a.C. e 194 a.C., utilizando sua triangulação geométrica (FRENCH, 1971). Posteriormente, um segundo valor foi encontrado por Al-Biruni (973-1048) por meio de sua triangulação geométrica própria. No entanto, esse outro método apresenta uma grande imprecisão, visto que requer uma medição bastante refinada e de difícil obtenção na prática (ROCHA; BERTUOLA, 2018).

Outra forma de triangulação matemática utilizada para obter o valor do raio da Terra foi desenvolvida por Posidônio (CANOPUS, 2019). Esse método consiste na utilização do astrolábio para medição de ângulos. Apontando dois astrolábios idênticos para a mesma estrela, quando esses instrumentos estão localizados em dois pontos diferentes, com uma distância bem conhecida entre eles, obtém-se dois ângulos formados pelas direções estrela-astrolábio com o plano horizontal local. Então, é possível, utilizando a triangulação geométrica proposta por Posidônio, estimar um valor numérico experimental para o raio da Terra.

Esse método tem como principal hipótese o fato de que os raios do Sol chegam paralelamente à Terra. Essa afirmação é avaliada, de forma simples, recorrendo à fotografia da Figura 1.

Figura 1 — Raios paralelos

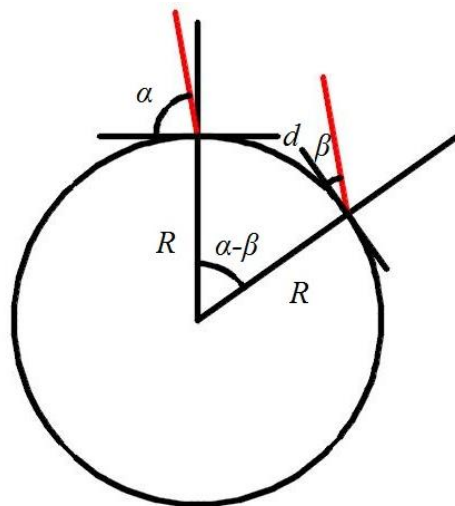


Fonte: Autores

É possível constatar visualmente na Figura 1 que a forma da região iluminada da Lua é aproximadamente a mesma que a da bola.

Considerando como evidência que os raios do Sol chegam paralelamente à Terra, a triangulação proposta por Posidônio é ilustrada conforme o esboço da Figura 2.

Figura 2 — Triangulação de Posidônio



Fonte: Autores

Os ângulos encontrados com auxílio do astrolábio, a distância entre os dois pontos de observação e a triangulação ilustrada na Figura 2 são partes fundamentais para alcançar os objetivos previstos neste trabalho.

Considerando a geometria da triangulação da Figura 2 e algumas manipulações matemáticas, obtém-se a equação:

$$R = \frac{d}{\alpha - \beta}, \quad (1)$$

em que R é o raio da Terra, d é a distância entre os dois pontos de observação obtida com um *software* de localização (*Google Maps*) e (α, β) os ângulos (em radianos) medidos com o astrolábio.

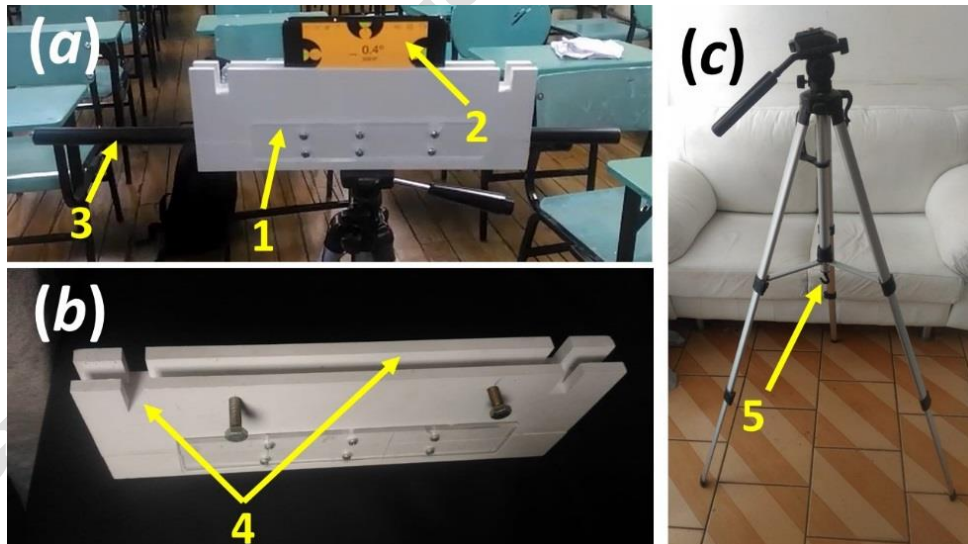
Todo o estudo esteve embasado com relação à pesquisa na aprendizagem direta do estudante pesquisador, em sua versão TEAL (*Technology-Enhanced Active Learning*), a qual é considerada uma variante da metodologia SCALE-UP (HENRIQUES; PRADO; VIEIRA, 2014).

Coleta dos dados, análises e resultados

Este estudo pressupõe um trabalho de campo realizado ao mesmo tempo nos estados de São Paulo e Santa Catarina, em duas cidades localizadas sob o mesmo grande círculo⁴.

Quanto ao aparato experimental, um astrolábio simples pode ser construído com um cano retilíneo para observar a estrela a olho nu, um pêndulo para fixar a vertical local e um celular com três aplicativos. O primeiro aplicativo (*SkyView*) é para identificar estrelas e planetas no céu noturno. O segundo (*Accurate Altimeter*) é um altímetro, enquanto o terceiro (*AnglePro*) é aquele destinado a medir o ângulo da estrela em relação à horizontal local. Dois astrolábios, necessários para obter as medidas em cada ponto de observação, foram projetados e a arquitetura utilizada na construção é mostrada na Figura 3.

Figura 3 — Aparato experimental



Fonte: Autores

A seta 1 na Figura 3 (a) aponta para o bloco principal dos astrolábios. A seta 2 indica a posição do *smartphone* no bloco. A seta 3 é o tubo cilíndrico utilizado para

⁴ Um grande círculo é aquele que envolve o globo terrestre em qualquer direção e tem comprimento igual ao círculo equatorial.

localização da estrela no céu. As setas na figura 3 (b), indicadas pelo número 4, mostram as canaletas que permitem acoplar o *smartphone* ao bloco. Na canaleta transversal, o *smartphone* é utilizado para localizar a região no céu onde se encontra a estrela escolhida, utilizando o aplicativo *SkyView*. Na canaleta longitudinal, o *smartphone* é adaptado para medir o ângulo de inclinação utilizando o aplicativo *Angle Pro*. Na figura 3 (c), é mostrado o tripé que suporta o astrolábio e permite movimentá-lo para localizar a estrela. A seta 5 é um gancho que permite vincular um pêndulo que registra a direção vertical local.

Os ângulos podem ser obtidos diretamente com um aplicativo que simula um goniômetro instalado no *smartphone* ou por meio do tratamento de imagem, utilizando um *software* adequado (AutoCAD), das fotografias dos astrolábios em seus respectivos locais, que exibem os ângulos formados entre o tubo cilíndrico e o pêndulo. Esse procedimento é repetido para diversas fotografias, de modo a obter uma amostra estatística representativa.

Inserindo na equação (1) os valores numéricos dos ângulos e o valor da distância entre os dois pontos de observação, obtém-se um valor experimental para o raio da Terra.

Conclusão

Utilizando o método de Posidônio em uma versão técnica moderna, um valor experimental pode ser estimado para o raio da Terra. As partes experimentais são o planejamento, a fabricação (usinagem das peças), a montagem do aparato, os trabalhos fotográficos, a coleta direta de dados experimentais e o tratamento de imagem das fotografias com o *AutoCAD*, resultando na aquisição dos valores dos ângulos referentes aos dois pontos de observação. A parte teórica é a equação (1) deduzida da triangulação proposta por Posidônio. A combinação dessas duas atividades resultará no valor experimental do raio da Terra, que poderá ser comparado a um valor de referência (WEISSTEIN, 2007), explicitando a coerência do resultado experimental obtido.

É importante ressaltar que a técnica desenvolvida no presente trabalho possui um valor didático inerente, devido ao fato de que o estudante pesquisador atua sob o princípio da aprendizagem direta (HENRIQUES; PRADO; VIEIRA, 2014). Essa

atividade teórica, experimental e tecnológica pode ser utilizada também em disciplinas experimentais, nas quais os estudantes são distribuídos em grupos e seguem uma metodologia de aprendizagem colaborativa (TORRES; ALCANTARA; IRALA, 2004). Para que essa transformação seja possível, é necessário que o professor responsável inclua essa atividade em seu planejamento.

Referências

CANOPUS star. *In*: ENCYCLOPÆDIA britannica. [S. l.]: Encyclopædia Britannica, 2019. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Canopus-star>. Acesso em: 26 out. 2019.

FRENCH, A. P. **Newtonian Mechanics**. New York: W.W. Norton & Company, 1971.

HENRIQUES, V. B.; PRADO, C. P. C.; VIEIRA, A. P. Aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p. 1-2, 2014.

ROCHA, V. C. F.; BERTUOLA, A. C. **O astrolábio óptico, a fotografia e a curvatura da Terra**. Trabalho apresentado no ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, 3, 2018, São Paulo.

TORRES, P. L.; ALCANTARA, P.; IRALA, E. A. F. Grupo de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 4, n. 13, p. 129-145, 2004.

WEISSTEIN, E. W. **Earth Radius**. *In*: WOLFRAM Research. [S. l.]: Wolfram Research, 2007. Disponível em: <http://scienceworld.wolfram.com/astronomy/EarthRadius.html>. Acesso em: 7 nov. 2019.

THE MEASURE OF THE RADIUS OF THE EARTH THROUGH POSIDONIUS' METHOD

ABSTRACT

In this paper, a study on the possibility of the measure of the radius of the Earth through the application of an instrument known as optical astrolabe was conducted. To obtain a numerical value, the method developed by the Greek scientist Posidonius (~135 BCE), with its peculiar geometrical triangulation, was applied. The experiment consists on the reproduction of the procedure adopted by this ancient scientist, optimized for a view that is structured on contemporary pedagogy. The optical astrolabes that were specially projected and built for this work are ideal to observe a convenient star, from two points that are distant between them. The experimental part of this project is the measurement of angles through an app installed on the smartphone connected to the astrolabe and, also, photographs of the experimental apparatus, which can be, later, analyzed using the software AutoCAD. The values found will be, then,

applied on the triangulation developed by Posidonius and the results compared to the value currently accepted for the radius of the Earth.

Keywords: *Optical Astrolabe; Earth Radius; Posidonius.*

Envio: novembro/2019

Aceito para publicação: dezembro/2019

REGRASP (ISSN 2526-1045), v. 5, n. 1, mar. 2020