

**Um exemplo de limitação numérica
como causa da anomalia de Mercúrio
(An example of numerical limitation
as the cause of the anomaly of Mercury)**

Valdir Monteiro dos Santos Godoi

valdir.msgodoi@gmail.com

RESUMO – É dado um exemplo de como é possível que uma limitação na determinação do valor da precessão diária do periélio de Mercúrio explique esta precessão quando projetada para um século.

ABSTRACT – An example is given of how it is possible that a limitation in determining the value of daily precession of the perihelion of Mercury explain this precession when designed for a century.

Palavras-chave: anomalia, precessão, periélio, Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Cálculo Numérico, erro, imprecisão, precisão, limitação, truncamento, arredondamento.

Keywords: anomaly, precession, perihelion, Mercury, Venus, Earth, Mars, Numerical Calculus, error, imprecision, precision, limitation, truncation, rounding.

Esta breve nota é uma continuação natural de meu trabalho anterior^[1], onde foi calculado um novo valor para a anomalia da precessão secular do periélio de Mercúrio, valendo

$$\delta \varpi_{obs} - \delta \varpi_{teórico} = 8,24'' . \quad (1)$$

Ela poderia ser acrescida à sua Conclusão, mas optei por inseri-la em novo artigo.

Um exemplo de como é possível que a imprecisão, limitação ou erros numéricos expliquem este novo valor da anomalia de Mercúrio é o seguinte:

A longitude do periélio ϖ correspondente a um dia na tabela 1 a seguir, obtida da página 109 de [2], onde há um resumo dos valores para as três longitudes L , ϖ e θ , é igual a $0'',153$, ou seja, há uma precisão até a ordem de um milésimo de segundo. Convencionalmente, os últimos algarismos são arredondados até a ordem que se adotou para a precisão, mas o valor de ϖ com maior precisão poderia ser, por exemplo, $0'',1528$, $0'',153428$, $0'',1532211$, etc., todos arredondados para $0'',153$ ao se adotar 3 algarismos significativos. Em dados experimentais este algarismo 3 seria um algarismo duvidoso, impreciso, enquanto a certeza estaria em $0'',15$.

Período	Longitude Média L	Longitude do Periélio ϖ	Longitude do Nodo θ
1 dia	4° 5' 32'',5573	0'',153	0'',117
365 dias	53° 43' 3'',4056	55'',876	42'',614
366 dias	57° 48' 35'',9629	56'',029	42'',731
4 anos com 1 bissexto	218° 57' 46'',1796	3' 43'',655	2' 50'',572
20 anos com 5 bissextos	14° 48' 50'',8980	18' 38'',276	14' 12'',860
100 anos julianos	74° 4' 14'',4900	1° 33' 11'',380	1° 11' 4'',300
100 anos julianos menos 1 dia	69° 58' 41'',9327	1° 33' 11'',227	1° 11' 4'',183

Tabela 1 – Valores das longitudes L, ϖ e θ para 7 períodos diferentes.

Se acrescentarmos uma ordem a mais neste valor, especificamente

$$\Delta\varpi = 0'',0002/\text{dia}, \quad (2)$$

obteríamos para o calculado em um século devido a este acréscimo

$$\delta\varpi_{\text{sec}} = 0,0002'' \times 365,25 \times 100 = 7,305'', \quad (3)$$

ou seja, bastante próximo do novo valor da precessão, e a diferença para os 8,24'', igual a 0,935'', poderia ser creditada à influência dos satélites, em especial à Lua^[3], como já dissemos.

Se fizermos

$$\Delta\varpi = 0'',0002256/\text{dia} \quad (4)$$

o valor resultante é praticamente exato, igual a (1), mas estaríamos desprezando a influência dos satélites (deveríamos provar que isto é possível sem piorar a precisão).

Vemos assim que é perfeitamente possível que só seja preciso provar que mesmo calculando novos coeficientes para as fórmulas

$$e\delta\varpi = +1,08386 + 0,57704 v^I + 0,17191 v^{II} + 0,00587 v^{III} + 0,31375 v^{IV} + 0,01489 v^V + 0,0028 v^{VI} + 0,00012 v^{VII}, \quad (5)$$

$$\varpi = 75^\circ 7' 1'',03 + 55'',5308 t + 0'',0001111 t^2 + 2'',8064 v^I t + 0'',8361 v^{II} t + 0'',0255 v^{III} t + 1'',5259 v^{IV} t + 0'',0724 v^V t + 0'',0014 v^{VI} t + 0'',0006 v^{VII} t, \quad (6)$$

$$\varpi = 75^\circ 7' 13'',93 + 55'',9138 t + 0'',0001111 t^2, \quad (7)$$

o valor de ϖ não sofreria alteração significativa, exceto se aumentarmos a ordem de precisão. Daí o valor resultante para um século poderia ficar compatível com o valor observado, de

$$\delta \varpi_{obs} = (5.600,73 \pm 0,41)''^{[4]}, \quad (8)$$

de maneira inteiramente clássica.

Além dos valores (2) e (4), baseados em (1), montaremos uma tabela mais geral, com os valores das precessões seculares obtidos para os planetas Vênus, Terra e Marte, mais o valor padrão que é aceito para Mercúrio.

Seja $\delta\varpi_{sec}$ a precessão secular considerada não explicada segundo a Mecânica Newtoniana, e $\Delta\varpi_{dia}$ um valor de erro do cálculo da longitude do periélio de um planeta, para um dia. $\Delta\varpi_{dia}$ poderia ser um valor que se perderia no cálculo devido a truncamento do resultado para o avanço diário da longitude do periélio, por exemplo.

Explicando $\delta\varpi_{sec}$ pelo erro $\Delta\varpi_{dia}$ que se obtém para um dia, deve valer

$$\Delta\varpi_{dia} \times 365,25 \times 100 = \delta\varpi_{sec}, \quad (9)$$

conforme tabela 2 a seguir, cuja última coluna está arredondada para 4 algarismos significativos. A precessão “observada” dos 3 primeiros planetas foi obtida de [5], e em Marte está o valor teórico segundo a Relatividade Geral^[6].

Planeta	$\delta\varpi_{sec}$ (")	$\Delta\varpi_{dia}$ (")
Mercúrio	43,11	$1,180 \times 10^{-3}$
Vênus	8,4	$2,300 \times 10^{-4}$
Terra	5,0	$1,369 \times 10^{-4}$
Marte	1,35	$3,696 \times 10^{-5}$

Tab. 2 – Precessões para os 4 planetas interiores

Vemos que uma perda de valor numérico devido a um truncamento da ordem de um milésimo de segundo de arco no dia é capaz de diminuir o resultado calculado para a longitude do periélio de Mercúrio em um século, produzindo o valor que é considerado não explicado, e perdas ainda menores resultariam nas precessões seculares dos outros planetas. Será verdadeiramente muito admirável que a Astronomia seja capaz de medir a posição de um planeta distante com tamanho grau de precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Godoi, V.M.S., *A New Value for the Anomaly of Mercury*, <http://www.vixra.org/abs/1408.0091> (2014).
2. Le Verrier, U.J., *Theorie du Mouvement de Mercure*, Annales de L'Observatoire Impérial de Paris, Recherches Astronomiques, tome V, chapitre XV (1859).
3. Godoi, V.M.S., *Estimating the Influence of the Satellites in the Precession of the Perihelion of Mercury*, <http://vixra.org/abs/1407.0097> (2014).
4. Weinberg, S., *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*, pp. 198-199. New York: John Wiley & Sons, Inc. (1972).
5. Duncombe, R.L., *Relativity effects for the three inner planets*, The Astronomical Journal **61**, 1238, pp. 174-175 (1956).
6. Smart, W.M., *Celestial Mechanics*, p. 245, London: Longmans, Green and Co (1953).