

## O EFEITO SCHROTER EM VÊNUS E A ELONGAÇÃO VESPERTINA DE 1988

Claudio Brasil Leitão Junior

## ABSTRACT

This article presents theoretical considerations about the Schroter Effect in Venus and the results of REA's program on observation in March and April 1988 to determinate the moment of Venus's dichotomy.

## 1. O EFEITO SCHROTER.

Vênus é o segundo planeta do nosso sistema a uma distância de 108 milhões de quilômetros do Sol. É aproximadamente do mesmo tamanho da Terra, com um diâmetro equatorial de 12400 km e uma massa igual a 0.815 massas terrestres. Sendo um planeta interior, Vênus apresenta fases.

Vamos agora relembrar algumas características do movimento orbital de Vênus (1), cuja órbita é mostrada na figura 1. A Terra, considerada estacionária, está na posição T. Quando Vênus está na posição  $V_1$ , diz-se que o mesmo está em conjunção inferior, uma vez que está situado entre o Sol e a Terra. Nas raras ocasiões em que o alinhamento é perfeito, o planeta é observado em trânsito como um disco negro projetado contra o disco brilhante do Sol. A menos que esteja em trânsito, Vênus é invisível no exato momento da conjunção inferior, uma vez que seu lado não iluminado (representado em preto no diagrama) está voltado para a Terra.

A medida que Vênus se desloca para a posição  $V_2$ , o hemisfério iluminado começa a apontar na direção da Terra. O planeta é visível então no céu da manhã, apresentando um disco crescente. O planeta vai se tornando cada vez mais brilhante e sua fase e distância angular ao Sol aumentam. Quando Vênus atinge a posição  $V_2$ , forma um ângulo reto com o Sol e a Terra, e se apresenta a nós metade iluminado. Diz-se então que o planeta está em dicotomia, a palavra de origem grega que significa literalmente "cortado ao meio". Na posição  $V_2$ , Vênus atinge a maior distância angular ao Sol (cerca de 47 graus) e é um objeto brilhante visível no leste antes do amanhecer.

Continuando seu movimento orbital, Vênus sai da dicotomia passando para uma fase gibosa. O planeta vai, a cada passo, mostrando mais seu hemisfério iluminado, enquanto que a distância à Terra aumenta e, conseqüentemente, seu tamanho aparente diminui (figura 2). Quando Vênus atinge a posição  $V_3$ , diz-se que o mesmo está em conjunção superior. Nesta ocasião, o planeta está cheio, mostrando-

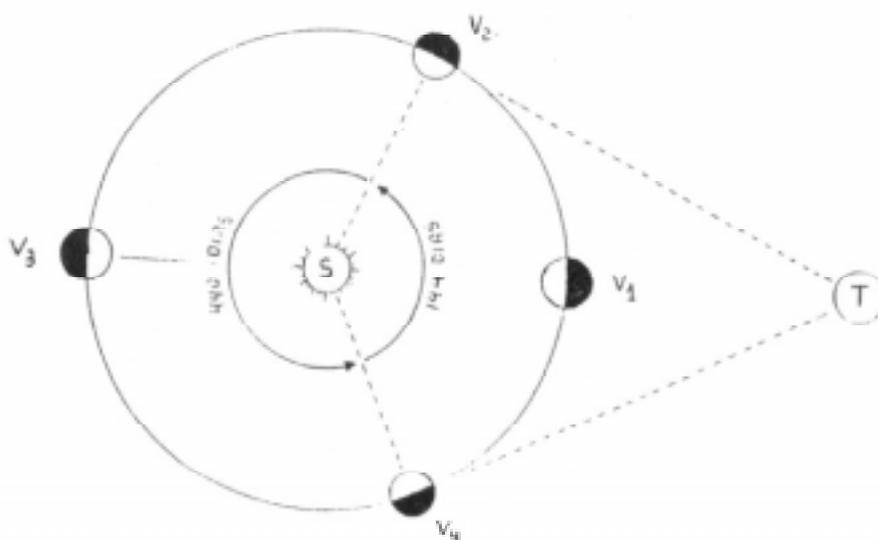


Figura 1: Desenho da órbita de vênus

nos integralmente seu hemisfério iluminado. Como está muito próximo do Sol, é observado com dificuldade.

Entre as posições V3 e V4, Vênus apresenta novamente uma fase gibosa, sendo visível no céu vespertino. Ocorre agora o inverso da semi-órbita anterior. O planeta se aproxima da Terra, sua fase diminui e seu tamanho aparente aumenta.

Na posição V4, o planeta está novamente dicotomizado, apresentando a máxima distância angular ao Sol. Saído de V4, a fase de Vênus continua crescendo e sua distância angular ao Sol diminuindo, até atingir novamente a conjunção inferior (V1).

O tempo necessário para um ciclo completo é de 584 dias, que corresponde ao período sinódico de Vênus. Em geral, há um intervalo de 144 dias entre uma elongação vespertina e uma matutina (V4 e V2) enquanto que 440 dias são gastos para o planeta circundar o Sol e voltar novamente a uma elongação vespertina (V2 a V4).

Como vimos acima, nas posições V2 e V4, o ângulo entre o Sol e a Terra, visto de Vênus, é de 90 graus. Batizemos este ângulo de  $i$ . A fase de Vênus, em função de  $i$ , é dada pela equação:

$$K = (1 - \cos i) / 2 \quad (\text{eq. 1})$$

Para  $i = 90$  graus, na equação 1, resulta  $K = 0,5$ , ou seja, o planeta está em dicotomia.

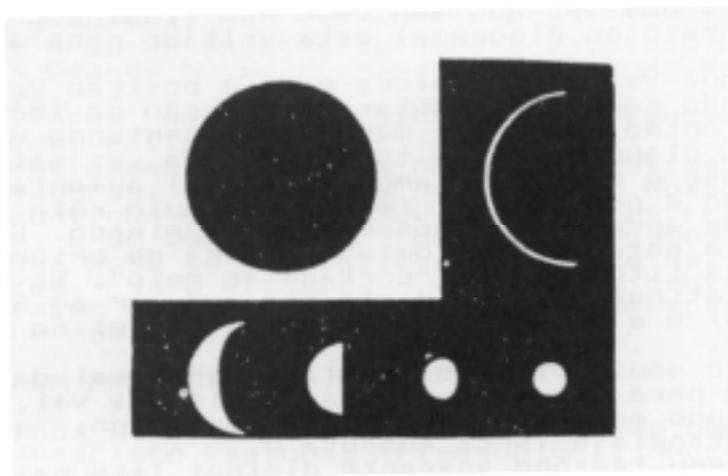


Figura 2: Tamanho aparente de Vênus em várias fases.

A órbita de Vênus é bem determinada e é fácil prever o instante em que o planeta se apresentará dicotomizado. Porém o astrônomo alemão Johann Schroter observou, em agosto de 1793, que a dicotomia ocorrera com oito dias de atraso e o fenômeno se repetiu em elongações posteriores. Quarenta anos mais tarde, os astrônomos alemães Wilhelm Beer e Johann Madler encontraram uma discrepância de seis dias. Em 1927, McEwen e J. A. Lees registraram uma diferença de 14 dias entre a dicotomia teórica e a observada.

Observou-se que nas elongações matutinas, a dicotomia é observada depois da data prevista. Ocorre justamente o oposto nas elongações vespertinas, ocasiões em que se observa a dicotomia antes da data teórica (2,3). Esta situação está resumida na tabela I.

TABELA I - O EFEITO SCHROTER

ELONGAÇÃO	APARIÇÃO	DISCO	FENÔMENO
W	Matutina	Crescente	Dicotomia é observada depois da data teórica
E	Vespertina	Minguante	Dicotomia é observada antes da data teórica

Diversas explicações foram sugeridas para o efeito Schroter (1). O próprio Schroter sugeriu que o efeito era causado pelo espalhamento da luz no terminador. Beer e Madler achavam que o efeito tinha origem nas sombras lançadas por montanhas altas na superfície do planeta. Para Antonialdi, o efeito era de origem puramente fisiológica. É provável que o fenômeno esteja associado a complexa atmosfera do planeta.

Durante a aparição vespertina de 1963-64, Alan Binder realizou uma série de observações (4) com o objetivo de determinar se a curva de fase observada diferia da curva teórica. A fase observada foi determinada através de medições de desenhos do planeta.

A figura 3 mostra o gráfico obtido por Binder (4). Nele podemos identificar cinco regiões principais.

Tem-se uma linha reta na região I porque o defeito de fase era muito pequeno para ser detectado. Segundo Binder, tem-se na região II uma superestimativa da fase pela razão de se ter comparado o terminador com um círculo imaginário, que é o limbo invisível do planeta. Este fato induziu o observador a desenhar o terminador mais circular do que ele realmente é, provocando a superestimativa da fase.

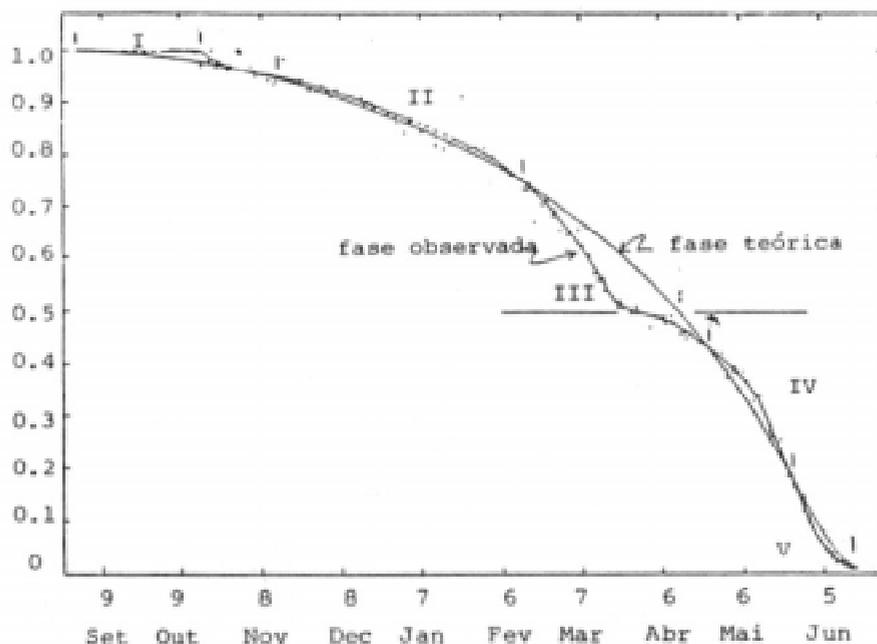


Figura 3: Gráfico obtido por Alan Binder em 1963-

Na região III, tem-se a ação de dois efeitos. Um deles de origem puramente fisiológica. Uma vez que nesta região compara-se o terminador com uma linha reta e tem-se a tendência de desenhá-lo mais reto do que ele o é na realidade. Isto provoca a subestimativa da fase. O segundo efeito é o efeito Schroter, independente do efeito fisiológico citado anteriormente.

Tem-se na região IV novamente a tendência de se comparar o terminador com uma linha reta, provocando neste caso a superestimativa da fase. Além disso, um segundo efeito ocorre. Devido as difíceis condições de visibilidade das cúspides, que tendem a desaparecer, erramos ao estimar a fase como sendo a razão A/B ao invés da correta razão A/C (figura 4), uma vez que C é o semi-diâmetro real da imagem do planeta.

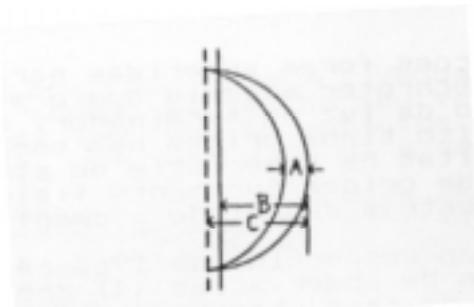


Figura 4: Explicação da superestimativa de fase na região IV.

Na região V torna-se a comparar o terminador com o limbo do planeta, havendo a tendência de se desenhar o terminador mais circular do que é na realidade, causando uma subestimativa da fase.

É importante notar na figura 3 o ponto de inversão (5) a partir do qual a fase observada supera a fase teórica, ao contrário do que ocorria até então. O ponto de inversão tem sido detectado em algumas observações e não tem sido registrado em outras. Também há divergências com relação a que valor de fase o ponto de inversão ocorre. Henry McEwen observando de 1919 a 1927 encontrou que o ponto de inversão ocorreu em  $K = 0,44$ . Milchelso e Petrov detectaram a inversão em  $K = 0,55$  (6). Um grupo de observação da RASC determinou, em 1961, o ponto de inversão em  $K = 0,40$ , porém não conseguiu detectá-lo em 1962, ocasião em que todas as observações, com exceção de uma, ficaram abaixo da teórica.

## 2. MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO.

São dois os principais métodos de observação para o estudo do efeito Schroter: o método do registro de fase e o método das probabilidades.

### 2.1. MÉTODO DO REGISTRO DE FASES.

Este método tem sido sugerido por John Westfall da ALPO. Consiste em registrar em fichas apropriadas desenhos do planeta que serão utilizados posteriormente para se calcular as fases. Os resultados são então tratados estatisticamente através do método dos mínimos quadrados (5), uma ferramenta matemática que serve para calcular a reta que melhor se ajusta a um conjunto de pontos de origem experimental. Se traçarmos um gráfico da fase teórica de Vênus em função do tempo, obtem-se a curva mostrada na figura 5. Porém se considerarmos um intervalo de tempo de 30 a 40 dias em torno da data da dicotomia, podemos considerar este segmento de curva como sendo retilíneo e ajustar os resultados pelo método dos mínimos quadrados.

Através da reta ajustada, obtem-se a data da dicotomia observada, podendo-se então calcular a defasagem entre esta e a data teórica.

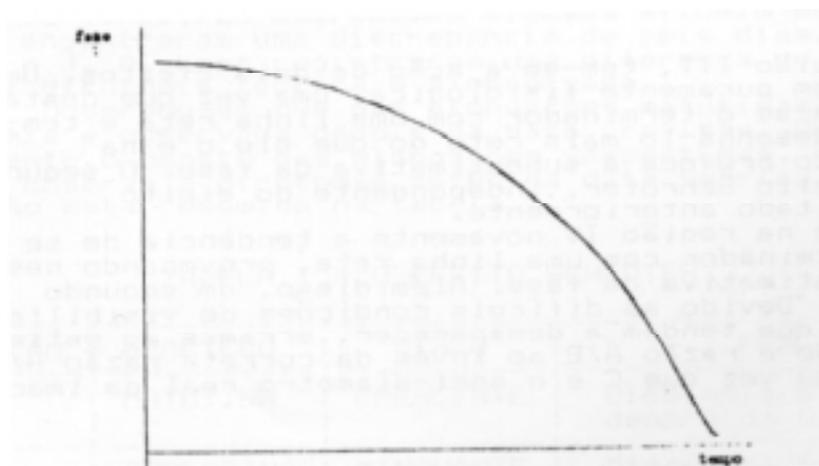


Figura 5: Gráfico da fase teórica de Vênus em função da fase.

## 2.2. O MÉTODO DAS PROBABILIDADES.

Este método foi desenvolvido por Alan Binder com o objetivo de minimizar as dificuldades causadas pelo mau “seeing” ou imagens óticas pobres de Vênus (7). Consiste em se estimar três probabilidades: a do terminador de Vênus estar côncavo, a de estar retilíneo e a de estar convexo. A soma das três probabilidades deve ser igual a um. De posse de um bom número de estimativas, pode-se determinar a data em que ocorreu a dicotomia.

## 3. AS OBSERVAÇÕES NA ELONGAÇÃO VESPERTINA DE 1988

Através da REA, empreendeu-se durante os meses de março e abril de 1988 um programa observacional com o objetivo de se determinar a data em que ocorreu a dicotomia citeriana, recolhendo desta forma elementos para o estudo do efeito Schroter. Utilizou-se o método dos mínimos quadrados. Os observadores faziam desenhos do planeta em uma ficha padrão, registrando a data e a hora da observação. Através de medidas posteriores realizadas nestes desenhos, pode-se calcular a fase observada correspondente a uma determinada data juliana.

No período de 19/03 a 01/05 foram obtidas 38 observações, realizadas por oito observadores, Estas observações estão listadas na tabela II.

Analisando-se o gráfico fase observada versus data juliana, apresentado na figura 6, percebe-se o comportamento retilíneo das observações. Não se detectou o ponto de inversão, que tem aparecido em outros estudos do planeta. Nota-se também a discrepância entre observações realizadas na mesma data por observadores diferentes. Este fato é bem evidente no dia 31/03 (veja DJ = 2447252 no gráfico da figura 6) ocasião em que cada um dos quatro observadores encontrou um resultado diferente para a fase observada.

Ajustando-se os dados obtidos pelo método dos mínimos quadrados, encontrou-se um coeficiente de correlação de 0.9158, que evidencia o comportamento retilíneo, apesar das discrepâncias.

A equação da reta ajustada é:

$$F = 1.9649104 - 0.0057971727 DJ' \quad (\text{eq. 2})$$

onde F é a fase observada e DJ' é o dia Juliano subtraído de 2447000, ou seja,

$$DJ' = DJ - 2447000 \quad (\text{eq. 3})$$

Substituindo-se o valor F = 0,5 na equação 2, encontra-se para DJ' o valor 252.69, e pela equação 3 calcula-se que DJ vale 2447252.69 (04:32 TU do dia 1 de abril), que corresponde ao instante em que Vênus se apresentou dicotomizado. Assim sendo, a dicotomia ocorreu 4.98 dias antes da data teórica (04:02 TU do dia 6 de abril).

Apresenta-se na tabela III a relação dos observadores que participaram desta primeira campanha observacional de 1988.

TABELA III - RELAÇÃO DOS OBSERVADORES

NOME	N. OBS.	INSTRUMENTO
Andre Luiz da Silva	7	R 114mm f/8
Antonio Padilla Filho	1	L 60mm f/15
Carlos Alberto Colesanti	1	SC 200mm f/10
Claudio Brasil Leitão Junior	2	R 114mm f/8
Edvaldo José Trevisan	9	L 60mm f/15
Reinaldo del Dotore	2	R 96mm f/7
Renato Levai	5	R 114mm f/8
Tasso Augusto Napoleão	11	SC 200mm f/10

Pretende-se manter programas observacionais para estudo do efeito Schroter em Vênus ao longo de muitos anos, incluindo elongações matutinas e vespertinas para que se tenha condições de traçar um comportamento da anomalia de fase citeriana para diversas elongações.

Dia Juliano	Data TU	Hora TU	Fase	Observador	Local
2447240.39	Mar 19, 88	09:21 PM	0.59	Reinaldo del Dotore	São Paulo
2447240.40	Mar 19, 88	09:30 PM	0.58	Andre Luiz da Silva	São Vicente
2447240.43	Mar 19, 88	10:25 PM	0.55	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447241.38	Mar 20, 88	09:00 PM	0.58	Andre Luiz da Silva	São Vicente
2447241.38	Mar 20, 88	09:00 PM	0.53	Antonio Padilla Filho	R. de Janeiro
2447241.43	Mar 20, 88	10:25 PM	0.62	Renato Levai	São Paulo
2447241.44	Mar 20, 88	10:35 PM	0.53	Carlos Alberto Colesanti	São Paulo
2447241.44	Mar 20, 88	10:30 PM	0.53	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447243.40	Mar 22, 88	09:30 PM	0.62	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447243.42	Mar 22, 88	09:58 PM	0.60	Renato Levai	São Paulo
2447243.43	Mar 22, 88	10:20 PM	0.53	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447244.40	Mar 23, 88	09:30 PM	0.53	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447244.42	Mar 23, 88	10:00 PM	0.53	Andre Luiz da Silva	São Vicente
2447245.40	Mar 24, 88	09:35 PM	0.52	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447245.42	Mar 24, 88	10:05 PM	0.59	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447246.39	Mar 25, 88	09:17 PM	0.57	Reinaldo del Dotore	São Paulo
2447246.39	Mar 25, 88	09:28 PM	0.57	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447246.40	Mar 25, 88	09:40 PM	0.50	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447247.39	Mar 26, 88	09:20 PM	0.50	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447248.25	Mar 27, 88	06:07 PM	0.50	Claudio Brasil Leitão Jr.	São Paulo
2447248.39	Mar 27, 88	09:25 PM	0.50	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447248.41	Mar 27, 88	09:48 PM	0.56	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447249.40	Mar 28, 88	09:40 PM	0.50	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447252.25	Mar 31, 88	05:54 PM	0.47	Claudio Brasil Leitão Jr.	São Paulo
2447252.38	Mar 31, 88	09:12 PM	0.52	Andre Luiz da Silva	São Vicente
2447252.39	Mar 31, 88	09:25 PM	0.50	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447252.41	Mar 31, 88	09:55 PM	0.49	Renato Levai	São Paulo
2447256.46	Apr 4, 88	11:05 PM	0.47	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447262.37	Apr 10, 88	08:57 PM	0.47	Andre Luiz da Silva	São Vicente
2447262.40	Apr 10, 88	09:40 PM	0.43	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447262.42	Apr 10, 88	10:08 PM	0.44	Renato Levai	São Paulo
2447266.39	Apr 14, 88	09:25 PM	0.40	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447267.40	Apr 15, 88	09:32 PM	0.47	Andre Luiz da Silva	São Vicente
2447273.40	Apr 21, 88	09:40 PM	0.35	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447276.39	Apr 24, 88	09:20 PM	0.40	Renato Levai	São Paulo
2447276.39	Apr 24, 88	09:25 PM	0.37	Tasso Augusto Napoleão	São Paulo
2447276.40	Apr 24, 88	09:45 PM	0.32	Edvaldo José Trevisan	São Paulo
2447283.37	Mai 1, 88	08:50 PM	0.33	Andre Luiz da Silva	São Vicente

Tabela II - Listagem das observações.

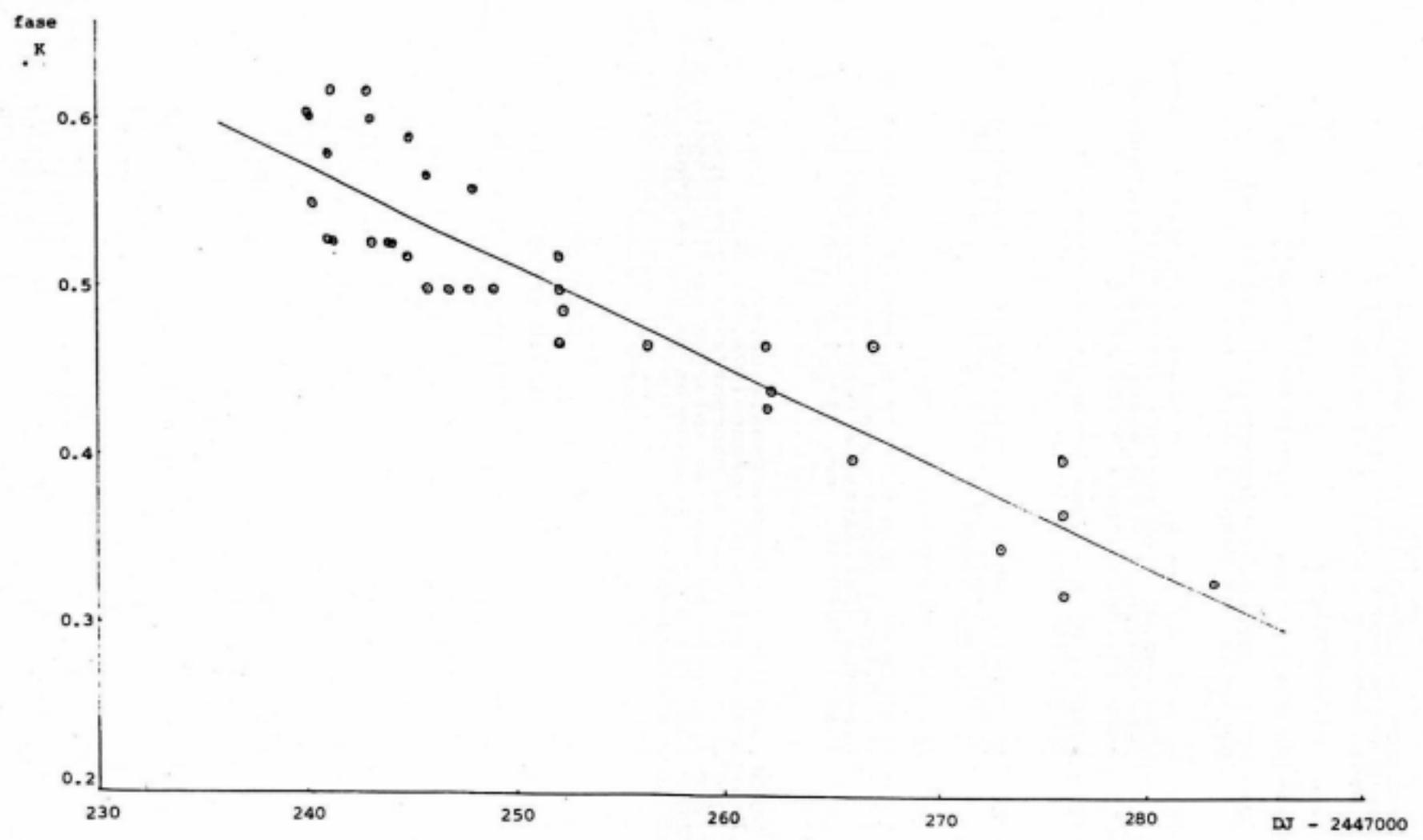


Figura 6: Gráfico fase observada versus dia juliano para a elongação vespertina de 1988.

#### 4. AGRADECIMENTOS.

Agradeço ao colega Odilon Simões Corrêa pelas referências e orientações fornecidas durante e após o desenvolvimento deste programa observacional.

#### 5. REFERÊNCIAS.

- (1) - MOORE, Patrick - "The Planet Venus".
- (2) - HEATH, M.B.B. - "Theoretical and Visual Dichotomy of Venus": JBAA, 66, n. 1, p. 33-35 (1955).
- (3) - CORREA, Odilon S. - "O Efeito Schroter em Vênus Observações e Análises"; Informativo Astronômico da União Brasileira de Astronomia; vol. IV; n. 6; p. 176-182 (1984).
- (4) - BINDER, Alan - "The Venus Phase Anomaly"; JALPO, 18; n. 9-10, p. 189-192 (1965).
- (5) - WESTFALL, John E. - "Estimation of Dichotomy of Venus by Least Squares"; JALPO, 18, n. 11-12, p. 226-228 (1965).
- (6) - SLY & TELESCOPE, 17, 520, (1958).
- (7) - CRUIKSHANK, Dale P. - "A Method of Determining the Date of Dichotomy and Some Results of Dichotomy Estimates on Venus, March-April, 1964"; JALPO, 18, n. 11-12, p. 228-230 (1965).

**SOBRE O AUTOR:** Claudio Brasil Leitão Jr., 26, é físico. Dedicou-se à astronomia desde 1976. Na área observacional, seu interesse se concentra na observação planetária e fenômenos do sistema solar em geral. É sócio da LIADA, CEA e UBA. Foi um dos fundadores da REA em 1988, onde atua como um dos coordenadores.