

# Determinação da Pressão Atmosférica de Marte, pelo método de G. Vaucouleurs, utilizando dados da oposição de 1969.

Frederico L. Funari - (REA/Brasil-SP)

## Abstract

The purpose of this work is to determine the value of the atmospheric pressure of Mars, with photometric data obtained from 17-5-69 to 14-6-69, in amateur "Kepler Observatory", with a 160 mm Cassegrain telescope (Schaer optic). The method employed is used by G. Vaucouleurs (1945, 1951, 54, 56). The value obtained for the mean pressure is 7.1mb or 5.3 mmhg.

## 1. Introdução.

O propósito deste trabalho foi de determinar o valor da pressão atmosférica em Marte, usando dados coletados na oposição de 1969, utilizando a metodologia usada por Gerard de Vaucouleurs (1945, 1951). As observações foram efetuadas pelo autor, usando um refletor Cassegrain de 160mm de abertura e 2330 mm de distância focal,  $f/D = 14.5$ ; o aumento mais empregado foi de 233x.

## 2. Observações.

Nº	Data TU	W	Imagem	Aumento	N	d''
1	17/5/69	335,3	4	233x	243°	17,8"
2	17/5/69	311	3/4	233x	243	17,8
3	19/5/69	293,9	3/4	233x/194x	244	18,1
4	20/5/69	283,7	4/3	233x	244	18,2
5	03/6/69	147,2	4	233x	252	19,4
6	04/6/69	175,2	4/5	233x	252	19,4
7	09/6/69	104,3	4/5	233x	255	19,5
8	10/6/69	85,5	5/4	233x	255	19,5
9	11/6/69	83,4	4/3	233x	256	19,5
10	12/6/69	70,3	4/5	233x	257	19,5
11	13/6/69	56,6	4/5	233x	257	19,5
12	17/6/69	42,8	4	233x	258	19,4

Diâmetro de Marte na oposição = 19.5"

## 3. Método de G. Vaucouleurs.

a) O método consiste em estimar as cotas de intensidade que variam de 0 (zero) = calota polar, até 10 (dez) = fundo do céu nas vizinhanças do

planeta, e as regiões claras em cota 2 (dois), os outros valores são interpolados entre estes tres.

A transformação das cotas de intensidade em brilhos relativos, é dada pela relação:

$$\beta = 10^{-0,125(T-2)}$$

$\beta$  = brilho relativo da região

$T$  = cota de intensidade fotométrica da mesma região (dada pela observação).

b) Levando-se em conta as variações de brilho das regiões em função da distância ao centro do disco (meridiano central da observação), podemos obter os valores  $\beta_0$  de  $\beta_1$ , que correspondem ao brilho relativo da região no centro do disco (meridiano central) e brilho da unidade da espessura da atmosfera respectivamente.

Para calcular:

$$\beta = \beta_0 + \beta_1 \sec \delta$$

$$\beta_1 = \beta_0 - \beta / \sec \delta \quad \text{Equação 1}$$

onde:

$\delta$  = distância do centro do disco em graus (MC) de uma região.

c) Separa-se as várias regiões observadas em grupos segundo os valores de  $T$  (cotas fotométricas observadas).

Grupos:

**a** =  $T$  de 1.5 a 2.0

**b** =  $T$  de 2.1 a 2.3

**b'** =  $T$  de 2.4 a 5.0

**c** =  $T$  de 5.1 a 6.2

**c'** =  $T$  de 6.3 a 6.9

**d** =  $T$  de 7.0 a 7.5

sendo **c'** e **d** reduzidas a um único grupo.

**d)** Os valores de cada grupo (**a**, **b**, **b'**, **c** e **c'** + **d**) foram ainda separados em faixas (**I**, **II**, **III**, **IV**, **V**) de acordo com o valor de  $\delta$  (distância da região estudada ao meridiano central) segundo abaixo:

Faixa	Valores de $\delta$
I	0° a 20°
II	25° a 30°
III	35° a 40°
IV	45° a 60°
V	55° a 60°

O valores de  $\beta_0$  são iguais a  $\beta$  no centro do disco (meridiano central), menos o valor do brilho do céu ( $T = 10$  ---  $\beta = 0.10$ )

Segue tabela dos vários grupos e faixas, sendo cada grupo com os valores de:

sec  $\delta$ ; T;  $\beta$ ; e n (n° de medidas).

#### 4. Dados fotométricos observados.

Grupo a (T = 1.5 a 2.0)

	I	II	III	IV	V
$\delta$	0/20	25/30	35/40	45/50	55/60
$\delta$	10	25	35	45	55
sec	1,02	1,11	1,22	1,44	1,75
T	1,86 /19/	1,90 /10/	1,98 /10/	1,99 /11/	2,00 /7/
$\beta$	1,04	1,03	1,006	1,003	1
$\beta_1$	0,098	0,081	0,046	0,043	0,034

$$\beta_0 = 1.04 - 0.10 = 0.94 \quad \beta_1 = 0.064$$

Grupo b (T = 2.1 a 2.3)

	I	II	III	IV	V
$\delta$	5/15	---	---	---	55
$\delta$	10	---	---	---	55
SEC	1,02	---	---	---	1,75
T	2,2 /4/	---	---	---	2,2 /1/
$\beta$	0,95	---	---	---	0,95
$\beta_1$	0,098	---	---	---	0,057

$$\beta_0 = 0.95 - 0.10 = 0.85 \quad \beta_1 = 0.077$$

Grupo b' (T = 2.4 a 5.0)

	I	II	III	IV	V
$\delta$	0/20	25/30	35/40	45/50	55/60
$\delta$	10	25	38	47,5	57
SEC	1,02	1,11	1,27	1,48	1,83
T	3,66 /15/	3,80 /5/	3,30 /5/	3,77 /4/	3,33 /3/
$\beta$	0,624	0,6	0,69	0,606	0,684
$\beta_1$	0,098	0,072	0,134	0,061	0,087

$$\beta_0 = 0.624 - 0.10 = 0.52 \quad \beta_1 = 0.094$$

Grupo c (T = 5.1 a 6.2)

	I	II	III	IV	V
$\delta$	0/10	30	40	45	55/60
$\delta$	5	30	40	45	57,8
SEC	1,004	1,15	1,3	1,4	1,87
T	5,84 /5/	5,5 /1/	5,5 /1/	5,5 /1/	5,5 /2/
$\beta$	0,34	0,38	0,38	0,38	0,38
$\beta_1$	0,099	0,121	0,107	0,1	0,074

$$\beta_0 = 0.34 - 0.10 = 0.24 \quad \beta_1 = 0.100$$

Grupo c' (T = 6.3 a 6.9)

	I	II	III	IV	V
$\delta$	20	---	---	---	---
$\delta$	20	---	---	---	---
SEC	1,06	---	---	---	---
T	6,5 /1/	---	---	---	---
$\beta$	0,28	---	---	---	---
$\beta_1$	0,094	---	---	---	---

Grupo d (T = 7.0 a 7.5)

	I	II	III	IV	V
$\delta$	---	---	40	45	---
$\delta$	---	---	40	45	---
SEC	---	---	1,3	1,4	---
T	---	---	7,5 /1/	7,5 /1/	---
$\beta$	---	---	0,22	0,22	---
$\beta_1$	---	---	0,031	0,031	---

c' + d

$$\beta_0 = 0.28 - 0.10 = 0.18 \quad \beta_1 = 0.052$$

Valores médios:  $\beta_0 = 0.546$  e  $\beta_1 = 0.073$

#### 5. Cálculo da pressão.

O valor  $\beta_1 = 0.073$ , é o brilho da unidade de espessura da atmosfera. Para calcular-se o brilho da atmosfera em unidades ordinárias, usa-se a fórmula:

$$b_1 = \beta_0 \times (\beta_1 / \beta_0) \quad \text{Equação 2, onde:}$$

$b_1$  = brilho da atmosfera em unidades ordinárias ( $bg \times cm^{-2}$ )

$b_0 = 0.25 \text{ bg} \times \text{cm}^{-2}$  = Brilho médio do planeta (em  $\text{bg} \times \text{cm}^{-2}$ ) na oposição média

$b_1$  e  $b_0$  são os brilhos de unidade de espessura da atmosfera e brilho relativo de uma região no centro do disco, ou seja quando a mesma está no meridiano central ( $d = 0^\circ$ ).

Substituindo na equação 2 os valores numéricos:

$b_1 = 0.25 \times 0.073/0.546 = 0.033$ , portanto:  $b_1 = 0.033$

Calcula-se agora o valor de  $b_0$  que é o brilho corrigido da unidade de massa atmosférica, suposta ela isolada no espaço e observada no ângulo de fase  $i = 0^\circ$ :

$b_0 = b_1 (1 - F) \times (2(1 - \rho) / 1 + (1 - 2\rho) \cos^2 i)$  Equação 3, onde:

$F$  = fator de difusão global de Marte que pode ser substituído por:  $F_0$  = fator de difusão global de Marte na fase "cheia" = **0.139** (G. Rougier - L'Astronomie, Vol. 51, pg. 165 (1937).

$\cos^2 i = 1.0$

$r$  = fator de despolarização do  $\text{CO}_2$  (que é a componente maior da atmosfera marciana);

$r_{\text{co}_2} = \mathbf{0.103}$ .

Substituindo na equação 3 os seus valores numéricos, o resultado será:

$$b_0 = \mathbf{0.0284}$$

Altura reduzida da atmosfera de Marte:

emprega-se a fórmula:

$h = (1/R \times E_0'/E_0 \times 1/2(1 - \rho)) E_0$  Equação 4, onde:

$R = \mathbf{1.109 \times 10^{-10}}$  ( Constante de Rayleigh)

$E_0$  = brilho de um volume de gás a TPN.

$E_0 = \mathbf{5.70 \text{ Phots}}$  á distância de 1.54 UA de Marte ao Sol. (valor da iluminação de Marte) (Kimball & Scharonov, 1936).

$$E_0 = b_0$$

Substituindo na equação 4, os valores numéricos:

$h = \mathbf{3.08 \times 10^7 \times E_0}$ ; onde  $E_0$  é obtido pela equação:

$E_0 = \mathbf{REh (1 + ((1-\rho)/(1+\rho)) \times \cos^2 i)}$ , substituindo pelos dados, será:

$$E_0 = \mathbf{11,4 \times 10^{-10} h}$$

Como vimos:

$h = 3.08 \times 10^7 \times E_0$  ,fica então

$$E_0 = 35,112 \times 10^{-3}$$

$$E_0 = \mathbf{0.035}$$

Voltando a h:

$$h = 3.08 \times 10^7 \times E_0 \implies h = 3.08 \times 10^7 \times 0.035$$

$$h = 1078000 \text{ cm} \implies h = 10.78 \text{ km}$$

## 6. Resultados.

Finalmente podemos calcular a Pressão,

pela fórmula clássica:

$$P = d \times g \times h$$

$d$  = densidade =  $1.78 \times 10^{-5} \text{ g.cm}^{-3}$  (determinado e confirmado pelos Marines 6 e 7)

$g = 370 \text{ cm/seg}$

$h = 1078000 \text{ cm}$

$P = 7099.71 \text{ dinas}$  ou  $P = 0.007099 \text{ baries}$  ou

$P = 7.1 \text{ mb}$ , ou  $P = 5.3 \text{ mmHg}$ .

## 7. Referências.

1. Vaucoulers, G. - "Determination photométrique de la pression atmosphérique sur la planète Mars à l'aide des cotes d'intensité obtenues em 1929." - Publ. de l'Observatoire du Houga n° 11 (Extrait "Ciel et Terre" LXI - n° 9 - 10 ; set/out 1945).

2. Vaucoulers, G. - "Physique de la La Planète Mars".; albin Michel - Paris, 1951.

3. Vaucoulers, G. - "Fisika Planeti Mars". - (em russo) - Moscou - 1956.

4. Funari, F.L.; Nazareth, W & Palm, N. - "Determination of the atmospheric pressure of Mars in the perihelic opposition of 1971" - Centro de Estudos Planetáriao de São Paulo - CEPLASP - Publicação n° 3 - Dec. 1971.

## Apêndice 1.

Fórmula para cálculo da pressão - variação com a altitude.

$$Pz = P_0 \cdot 10^{-z/H} \quad [A], \text{ onde:}$$

$Pz$  = pressão na altitude (z) desejada

$P_0$  = pressão ao nível do solo = 7.1 mb

$z$  = altitude do ponto onde se deseja saber a pressão.

$h$  = altura da atmosfera de Marte = 10.78 km

Simplificando a equação [A]:

$$\log Pz = \mathbf{0.85 - 0.093z}$$

Em Marte cada 10.78 km da camada atmosférica a pressão é dividida por 10, assim:

Altura (km)	Pressão (mb)
0	7.1
10.78	0.71
21.56	0.071
32.34	0.0071

## Apêndice 2.

Cálculo de R - Constante de Rayleigh

$R = ( \Pi^2 (\mu^2 - 1)^2 / ( 2 \eta \lambda^4 ) \times ( 6 ( 1 - \rho ) / ( 6 - 7\rho ) )$  onde:

$$\Pi^2 = \mathbf{9.87}$$

$(\mu^2 - 1)^2 = \mathbf{4.41 \times 10^{-9}}$  índice de refração da atmosfera de Marte suposta constituída de  $\text{CO}_2$  na sua maior parte.

$\eta$  = n° de molécula por  $\text{cm}^3$  (valores obtidos pelo Mariner IV) =  $2.5 \times 10^{17}$ , portanto  $2\eta = 5.0 \times 10^{17}$

$\rho$  = fator de despolarização do  $\text{CO}_2$  (= 0.103)

$$R = \mathbf{1.109 \times 10^{-10}}$$