



ESTUDO ESTATÍSTICO DOS PERÍODOS  
DE ROTAÇÃO DOS ASTEROIDES

CLEIDE VITAL DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. JÚLIO A. FERNANDEZ - OV/UFRJ

1985

Dedico este trabalho

aos MEUS PAIS

## A G R A D E C I M E N T O S

*Desejo agradecer a todos aqueles que me auxiliaram na elaboração deste trabalho. Agradeço em particular aos meus colegas que se formaram em 1984 e ao meu orientador, Prof. Júlio A. Fernandez.*

## R E S U M O

A dependência da frequência de rotação no tipo taxonômico, diâmetro e amplitude máxima da curva de luz, é analisada para 248 asteróides com períodos de rotação estatisticamente aproveitáveis.

Os resultados obtidos mostraram que a distribuição Maxweliana não se ajusta bem para as frequências de rotação de toda a amostra, devido principalmente a um excesso de objetos com rotação lenta. Enquanto que as distribuições para diferentes tipos taxonômicos não apresentaram diferenças estatisticamente grandes para considerar a frequência de rotação função do tipo taxonômico. Esses resultados podem ser interpretados em termos das colisões mútuas dependendo do tamanho dos asteróides.

Encontramos que os menores asteróides têm uma grande variação de amplitudes máximas enquanto os maiores têm essa variação pequena. E que não existe correlação linear entre os períodos de rotação e a amplitude.

Uma pronunciada mudança ocorre nas frequências de rotação e nas amplitudes máximas dos asteróides pertencentes ao intervalo de tamanho  $100 < D < 200$  km. Acreditamos que esse intervalo de tamanho representa uma região de transição entre os objetos muito grandes, de rotação rápida e amplitude baixa daqueles outros, tendo uma variação grande da amplitude e a frequência de rotação lenta.

E por fim, concluímos que devemos considerar em separado uma amostra constituída pelos menores asteróides, cujos períodos de rotação foram determinados pela técnica de fotometria fotográfica, pois essa técnica tende a detectar asteróides com grandes amplitudes e de rápida rotação.

<u>PÁGINA</u>	<u>LOCAL</u>	<u>CORREÇÃO</u>
iii	1ª linha	Substituir rotação no tipo por rotação do tipo.
iii	5ª linha	Substituir bem para as freqüências por bem às freqüências
iii	7ª linha	Substituir tipos toxonômicos por tipos taxonômicos
iii	8ª linha	Substituir para considerar por de modo a considerarmos
iii	14ª linha	Substituir pequena. E que não por péguena, e que não
iii	18ª linha	Substituir intervalo de tamanho $100 < D < 200$ Km por intervalo $100 < D < 200$ Km onde D é o diâmetro do asteróide.
iii	20ª linha	Substituir amplitude baixa daqueles outros, tendo uma variação por amplitude baixa, e os outros de variação.
2	8ª linha	Substituir toxonômico por taxonômico
2	12ª linha	Substituir distribuição de freqüências das freqüências por distribuição de freqüências
2	fórmula $f(\Omega)$	Substituir $\exp\left(\frac{-\Omega^2}{2\delta^3}\right)$ por $\exp\left(\frac{-\Omega^2}{2\delta^2}\right)$
3	5ª parág., 1ª linha	Substituir de freqüências das freqüências por de freqüências.
3	5ª parág., 4ª linha	Substituir taxonômico por taxonômicos
3	6ª parág., 2ª linha	Substituir baixa freqüência por baixas freqüências
6	tabela	Substituir figura 2 por tabela 2
6	tabela	Substituir $\bar{\Omega}_m$ por $\bar{\Omega} M$
6	Seção II.3, 2ª linha	Substituir foi .significante por foi significativo
6	Seção II.3, 13ª linha	Substituir intervalos <u>a</u> e <u>c</u> por nos diâmetros entre $100 < D < 200$ Km
10	tabela 4	Substituir Y por r
10	tabela 4	Substituir 62 por 58
12	6ª linha	Substituir uma distribuição por as partículas apresentando distribuição
14	5ª linha	Substituir provasse isso por provassem isto

# ÍNDICE

	Página
I - INTRODUÇÃO .....	1
II - A AMOSTRA E A ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	2
II.1 - A distribuição das frequências de rotação para toda a amostra .....	3
II.2 - Distribuição das frequências de rotação ver- sus tipo taxonômico .....	5
II.3 - Distribuição das frequências de rotação ver- sus tamanho do asteróide .....	6
III - A CORRELAÇÃO ENTRE A AMPLITUDE E FREQUÊNCIA DE ROTA ÇÃO .....	9
IV - AS COLISÕES .....	11
V - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	13
APÊNDICE A .....	14
REFERÊNCIAS .....	20

## I INTRODUÇÃO

As propriedades de rotação dos asteróides têm sido usadas para nos informar sobre a origem, evolução e propriedades físicas desses objetos (Tedesco e Zappalá, 1980).

Vários estudos foram feitos por Tedesco e Zappalá (1980) , Farinella et al (1981, 1982) e outros com a finalidade de examinar as propriedades de rotação dos asteróides e suas possíveis correlações. Tedesco e Zappalá, usando uma amostra com 134 asteróides do cinturão principal, concluíram que não existem diferenças significantes nas frequências de rotação e nas amplitudes rotacionais dos asteróides do tipo C e S e que os maiores asteróides giram mais rápidos que os menores. Farinella et al. encontraram que a distribuição das frequências para todos os asteróides dispõe de significantes diferenças com respeito a distribuição Maxwelliana aceitando a hipótese de evoluções distintas para asteróides com diferentes intervalos de tamanho.

O nosso objetivo, neste trabalho, foi o de analisar a distribuição das frequências de rotação dos asteróides através de suas relações com o tipo taxonômico, diâmetro e amplitude da curva de luz. E para complementar, estudar a possível contribuição das colisões, entre os asteróides, para a modificação de seus períodos.

## II A AMOSTRA E A ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste trabalho, baseamos nossa análise estatística nos dados das frequências, períodos, diâmetros, tipos taxonômicos e das amplitudes máximas dos asteróides pertencentes principalmente ao índice TRIAD "Tucson Index of Asteroid Data" (Tedesco e Zellner, 1979) e aos artigos até 1984 (Apêndice A).

A amostra utilizada é constituída por 248 asteróides, com período de rotação conhecidos dentro de aproximadamente frações de horas e minutos, sendo que 91 asteróides são do tipo taxonômico S (silicato), 66 do tipo C (carbônio) e 91 de outros tipos e de tipos indeterminados, o qual chamamos de O.

Seguindo o mesmo rumo de Harris e Burns (1979), resolvemos procurar ajustar uma curva na distribuição de frequências das frequências de rotação dos asteróides, através da curva dada pela distribuição tridimensional Maxwelliana, que pode ser uma boa sugestão para o entendimento dos períodos de rotação dos asteróides. A hipótese da distribuição Maxwelliana se deve ao fato de ser desenvolvida para os corpos sujeitos às colisões aleatórias.

Para se determinar uma curva Maxwelliana, assumimos a distribuição da forma:

$$f(\Omega)d\Omega = \sqrt{\frac{2}{\pi}} N \frac{\Omega^2}{\sigma^3} \exp\left(-\frac{\Omega^2}{2\sigma^2}\right) d\Omega$$

com

$$\int_0^{\infty} f(\Omega)d\Omega = N$$

podendo, o único parâmetro desconhecido ( $\sigma$ ) ser determinado pelas observações através da fórmula



$$\sigma^2 = \frac{1}{3N} \sum_{k=1}^N \Omega_k^2 \approx \frac{1}{3N} \sum_{i=1}^n n_i \Omega_i^2$$

onde  $\sigma$  é o desvio padrão,  $n_i$ , a frequência absoluta, isto é, o número de objetos em cada intervalo,  $\Omega_i$ , o ponto médio de cada intervalo de frequência e  $N$  o número total de objetos.

O valor médio da frequência da distribuição Maxwelliana é da forma:

$$\bar{\Omega}_M = \sqrt{\frac{8}{\pi}} \sigma$$

E o da frequência média da amostra é da seguinte forma:

$$\bar{\Omega} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \Omega_k \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n n_i \Omega_i$$

Para verificar se a curva Maxwelliana estava bem ajustada aplicamos o teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) cuja função é comparar a distribuição obtida com uma distribuição esperada. O número de grau de liberdade ( $\nu$ ) é  $n - 1 - m$ , onde  $n$  é o número de classes e  $m$  o número de parâmetros, que neste caso é 1 (o desvio padrão), ficando então  $\nu = n - 2$ .

## II.1 A Distribuição das Frequências de Rotação para Toda a Amostra

O estudo da distribuição de frequências das frequências de rotação de todos os asteróides nos mostra que talvez fosse interessante procurar alguma correlação entre as frequências de rotação dos asteróides com seus tipos taxonômico e seus tamanhos.

Pela Figura 1 nota-se que existe um excesso de asteróides com baixa frequência de rotação. E pelos resultados estatísticos apresentados na Tabela 1 verifica-se que a curva Maxwelliana não se ajusta à distribuição das frequências de rotação da amostra. O valor da frequência média da distribuição é menor do que o valor da frequência média esperada (através da distribuição Maxwelliana).

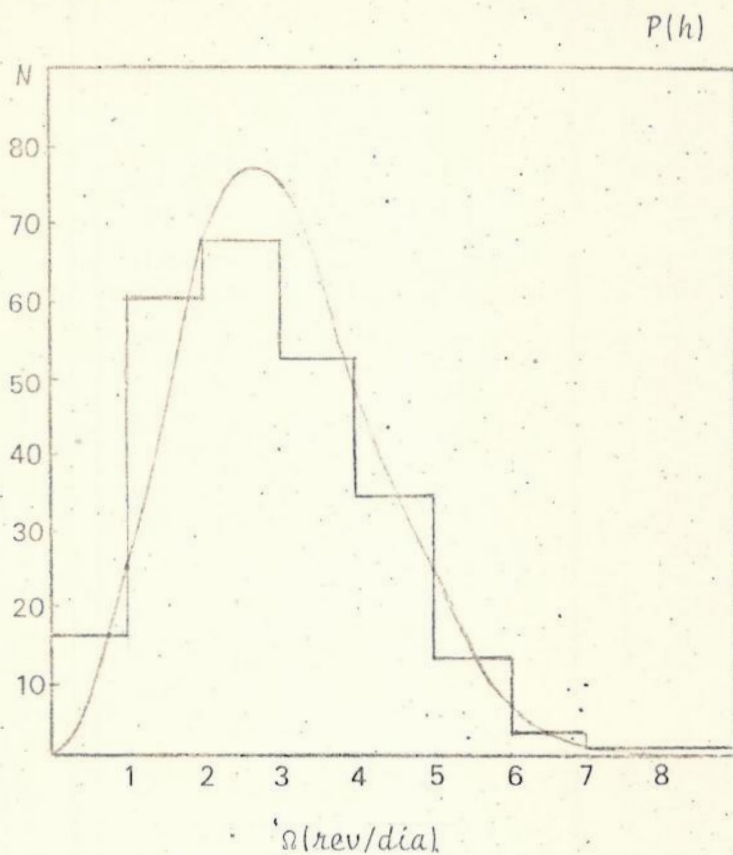


Figura 1

A distribuição das frequências de rotação para todos os asteróides e a curva Maxwelliana ajustada

Todos os Asteróides	
$N$	247
$\sigma$	1.85
$\bar{\Omega}$	2.86
$\Omega_M$	2.95
$\nu$	7
$\chi^2$	31.41

Tabela 1

Resultados estatísticos para a amostra com todos asteróides

TAXONÔMICO

Para verificar se existe alguma relação entre os tipos taxonômicos dos asteróides e suas frequências de rotação, analisamos as sub-amostras obtidas pela divisão das classes taxonômicas em S e C, o que nos apresenta a Figura 2. Os outros tipos taxonômicos não foram considerados porque eram poucos.

A comparação das distribuições de frequências com as suas respectivas curvas Maxwellianas mostra que a diminuição de asteróides no pico Maxwelliano é mais pronunciada na sub-amostra do tipo S do que a do tipo C (Figura 2), apesar das curvas se ajustarem bem nas observações.

Pelo resultado da análise, exposta na Tabela 2, a diferença entre as frequências médias dos tipos S e C é estatisticamente pequena para afirmar que a frequência de rotação é função do tipo taxonômico, embora a possibilidade de que os asteróides do tipo S girem mais rápidos que os do tipo C não pode ser, excluída.

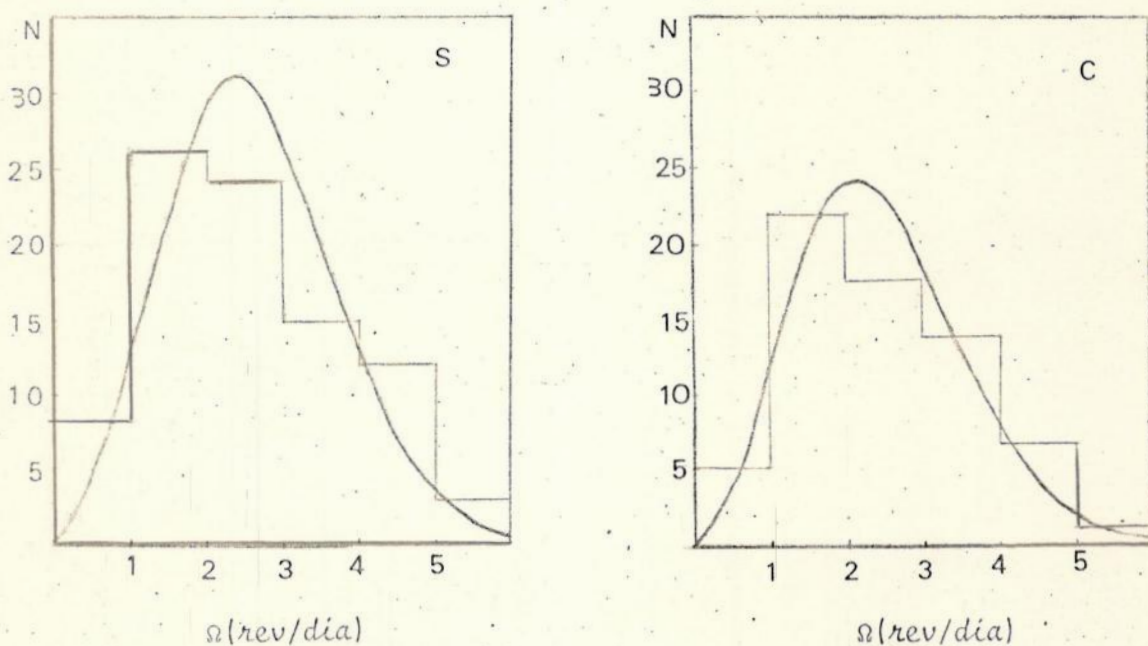


Figura 2

Distribuições das frequências de rotação para as amostras correspondentes aos dois tipos taxonômicos: S e C e suas respectivas curvas Maxwellianas

	S	C
N	88	67
$\sigma$	1.66	1.59
$\bar{\Omega}$	2.57	2.48
$\bar{\Omega}_m$	2.65	2.53
v	4	4
$\chi^2$	11.21	3.96

Figura 2

Resultados estatísticos para as 2 amostras de tipos taxonômicos.

### II.3 DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE ROTAÇÃO VERSUS TAMANHO DO ASTERÓIDES

Como o estudo da distribuição das frequências de rotação de todos os asteróides não foi significativo para o entendimento dos períodos de rotação dos asteróides, resolvemos estudar essa mesma distribuição com intervalos de tamanho diferentes, defendendo a hipótese de evoluções diferentes para cada intervalo.

Toda a amostra foi dividida em 4 sub-amostras correspondendo aos seguintes intervalos: (a)  $D < 50$ ; (b)  $50 < D < 100$ ; (c)  $100 < D < 200$ ; (d)  $D > 200$ .

As distribuições de frequências para esses intervalos são mostradas na Figura 3. E comparando as distribuições com suas respectivas curvas Maxwellianas (Tabela 3), chegamos as seguintes conclusões:

- existe um excesso de asteróides com rotação lenta nos intervalos a e c;
- os maiores e menores asteróides giram mais rápido do que aqueles de tamanho intermediário.

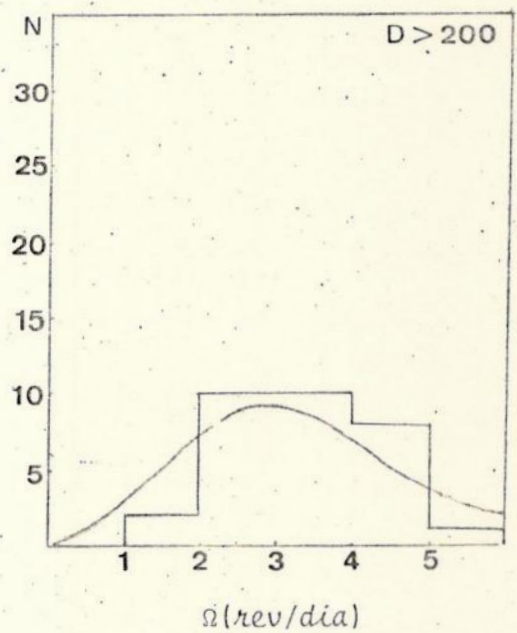
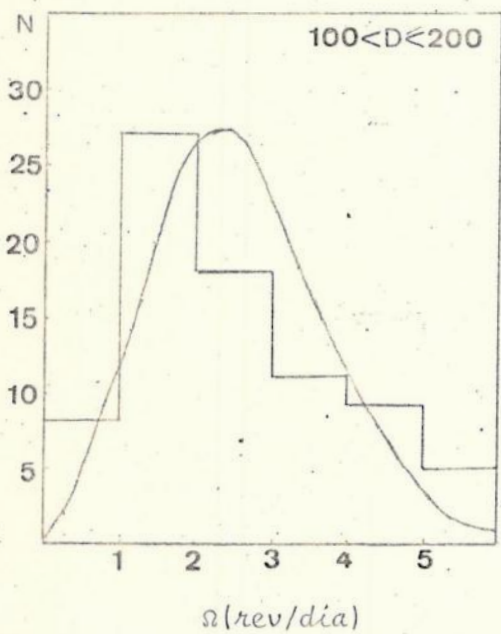
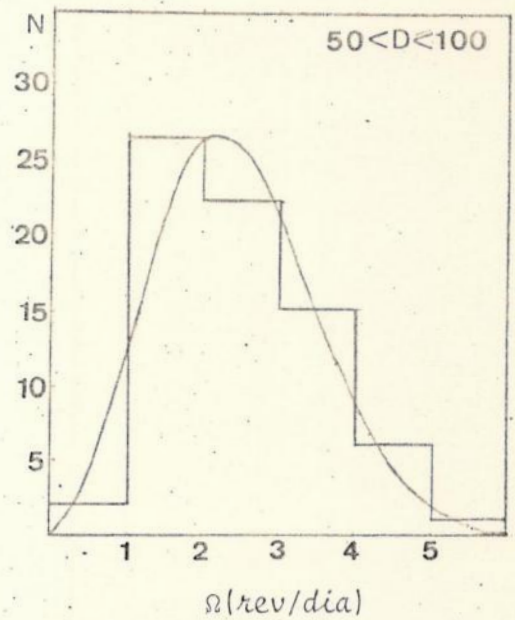
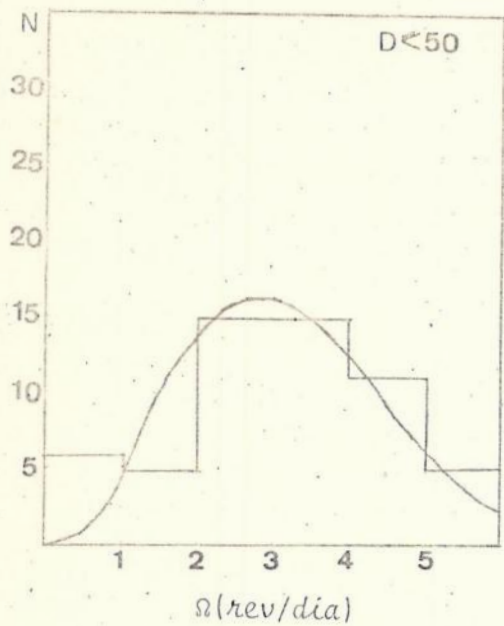


Figura 3

Distribuições de frequências para os asteróides com: a -  $D < 50$  km; b -  $50 < D \leq 100$  km; c -  $100 < D \leq 200$ ; d -  $D > 200$  e suas respectivas curvas Maxwellianas

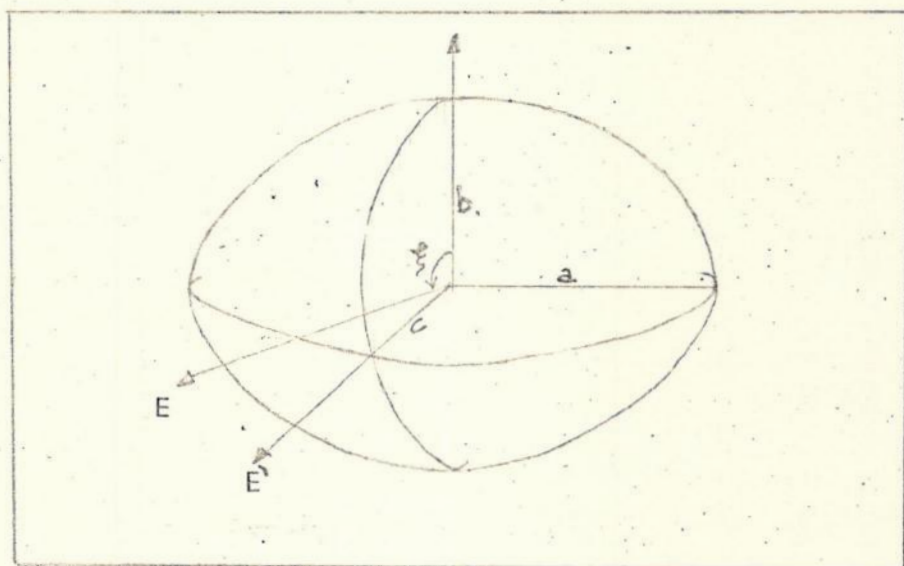
	< 50	50-100	100-200	> 200 (km)
N	57	72	78	31
$\sigma$	1.97	1.57	1.66	2.03
$\bar{\sigma}$	3.11	2.50	2.51	3.37
$\bar{\sigma}_M$	3.14	2.51	2.65	3.23
v	4	4	4	4
$\chi^2$	18.12	2.64	22.08	4.84

Tabela 3  
 Resultados estatísticos para as 4 sub-amostras

### III. A CORRELAÇÃO ENTRE A AMPLITUDE E FREQUÊNCIA DE ROTAÇÃO

A variação no brilho de um asteróide, em pequena escala, é devido principalmente aos efeitos de rotação, e a essa variação observada durante um período de tempo chamamos de curva de luz.

O estudo das amplitudes máximas das curvas de luz com as frequências de rotação, levando-se em conta o tipo taxonômico e o tamanho, nos fornece informações sobre as formas dos asteróides. A amplitude máxima de uma curva de luz é a amplitude observada equatorialmente, como nos mostra a figura.



A figura 4 nos mostra os diagramas amplitudes máximas versus frequência de rotação, para os asteróides com diferentes intervalos de diâmetro. Pelos valores dos coeficientes de correlação ( $r$ ), dados na tabela 4, podemos afirmar que não existe uma correlação linear entre a amplitude máxima e a frequência de rotação dos asteróides, pois os valores estão próximos de zero.

DIAM	50	50 - 100	100 - 200	200 - 280	280
N	34	47	62	18	9
Y	0.13	0.14	0.34	0.42	0.17
$\overline{AM}$	0.48	0.27	0.20	0.24	0.13

TABELA 4

Um aspecto interessante que se nota na figura 4 é quanto ao tipo taxonômico. O tipo S predomina nos asteróides de tamanhos intermediários, enquanto o tipo C nos maiores asteróides.

Com o estudo entre a média da amplitude máxima ( $\overline{AM}$ ) e os eixos dos asteróides ( $a, b, c$ ), considerando os semi-eixos menores iguais, achamos os seguintes valores para os asteróides com  $D > 280$  Km,  $280 < D < 200$ ,  $200 < D < 100$ ,  $100 < D < 50$ ,  $50 > D$ ;  $a=1$  e  $b=c= 0.83$  ;  $a=1$   $b=c= 0.70$ ;  $a=1$  e  $b=c= 0.75$ ;  $a=1$   $b=c= 0.67$ ;  $a=1$ ,  $b=c= 0.41$ , respectivamente. Esse resultado nos mostra que os maiores asteróides são quase esferoidais enquanto os menores mais alongados.



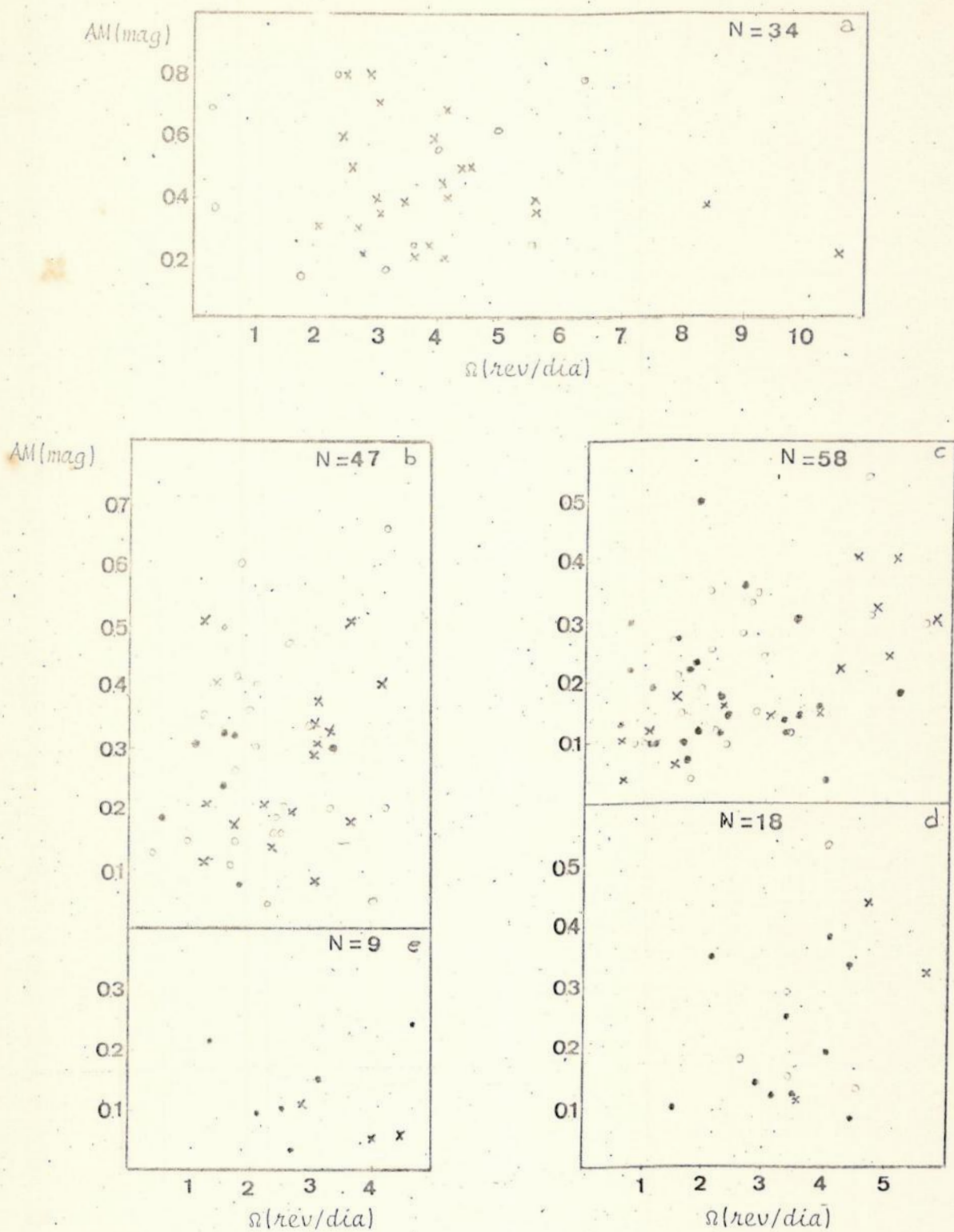


Figura 4

A amplitude máxima  $AM$  versus a frequência de rotação  $\Omega$  para asteroides com: (a)  $D < 50$  km; (b)  $50 < D < 100$ ; (c)  $100 < D < 200$ ; (d)  $200 < D < 280$  km; (e)  $D > 280$  km, onde  $\circ$  representa os asteroides de tipo S,  $\bullet$  o tipo C e  $\times$  o O.

#### IV AS COLISÕES

O movimento de rotação dos asteróides tem sido frequentemente atribuído aos efeitos das colisões mútuas (Harris, 1979). E para o entendimento das colisões deve-se analisar seu mecanismo com variações de certas quantidades como a velocidade de impacto, a razão de massa do alvo e do projétil, os materiais e etc.

O estudo das colisões mútuas, com uma distribuição de massa provenientes dos fragmentos da colisão da forma  $N(m) = c m^{-b}$  (c e b constantes) nos leva a classificá-las em 3 tipos principais:

- 1) A do tipo que somente ocorre craterização e onde o papel da auto-gravitação (reacumulação dos fragmentos devido a gravidade) é dominante;
- 2) A colisão que causa a fragmentação catastrófica sendo que uma fração dos fragmentos escapa com velocidade de ejeção não muito maior do que a velocidade de escape.
- 3) Aquela cuja destruição total do alvo ocorre fazendo com que os fragmentos sejam dispersados para o infinito.

A Figura 5 nos mostra os resultados das várias colisões possíveis, classificadas de acordo com o tamanho e a razão de massa entre o alvo e o maior fragmento resultante da colisão. O valor de  $m_{\max}/M$  nos dá uma indicação do tipo de colisão que os asteróides sofreram e da capacidade do efeito de reacumulação devido a auto gravidade do alvo. Em ordem decrescente de tamanho, temos: corpos maiores com formas quase esferoidais cuja colisão não teve uma transferência suficiente de momento angular; corpos um pouco menores com formas de elipsóides triaxiais, sistemas binários e uns até parecendo "pedregulhos", esses são resultantes das colisões cuja transferência de momento angular estava em um intervalo crítico; e fragmentos isolados ou sendo membros de família cuja transferência significativa de momento angular não ocorreu.

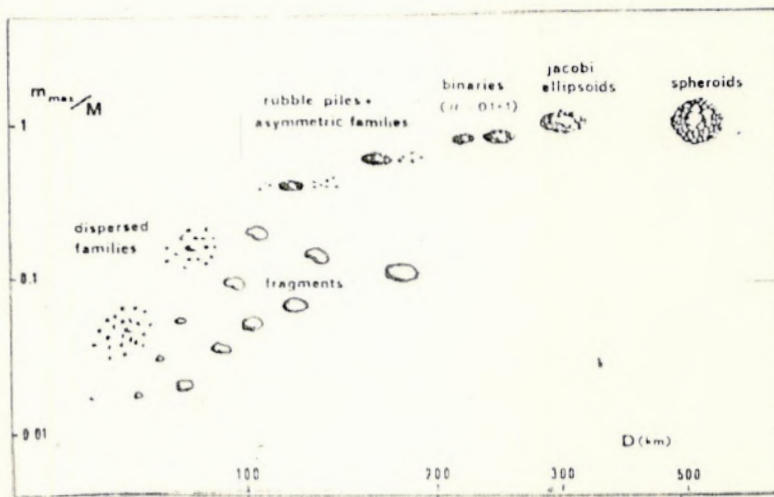


Figura 5

A figura ilustra os diversos resultados das maiores colisões para alvos de diferentes tamanhos (Referência i)

## V ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os estudos feitos anteriormente chegamos a conclusão que devemos considerar os períodos de rotação dos asteróides em diferentes tamanhos. Mas, não podemos afirmar que o período de rotação depende do tipo taxonômico, pois não tivemos fatores significantes que nos provasse isso. Quanto a amplitude máxima, podemos dizer que não há uma correlação linear entre ela e o período de rotação.

A possível causa da distribuição das frequências de rotação ser explicada para intervalos de tamanhos, se deve as colisões mútuas. O Capítulo IV complementou a nossa análise sobre o período de rotação dos asteróides. Com esses resultados podemos descrever as características dos asteróides para cada intervalo de tamanho.

Os asteróides com  $D > 280$  km, têm alta frequência de rotação, baixa amplitude máxima e suas formas são quase esferoidais com intenso regolito, o que nos leva a crer que sejam asteróides "primordiais". Para os asteróides com diâmetro entre 200 - 280 km, com rápida rotação e com a variação da amplitude máxima <sup>max</sup> muito grande, se apresentam, segundo Farinella et al (1982) com formas de elipsoides triaxiais. No intervalo de 100 - 200 km, os asteróides têm baixas frequências de rotação, baixas amplitudes e o não ajustamento da curva Maxwelliana nos faz acreditar que talvez seja uma zona de transição, onde temos as famílias, os asteróides binários e os pedregulhos. Os asteróides entre 50 - 100 km têm baixa frequência de rotação e essa região deve ser de pequenos fragmentos.

E, para finalizar, não devemos esquecer dos efeitos de seleção para os asteróides com  $D < 50$  km. O problema está associado aos pequenos asteróides quando eles são observados somente pela fotometria fotográfica. Os efeitos causados pela fotometria fotográfica são porque, geralmente, as observações feitas por essa técnica são efetuadas numa única noite através de um intervalo de 6 a 8 horas e só sendo revelada para variações maiores do que 0.2 mag, favorecendo, então, a determinação de períodos pequenos e as altas amplitudes.

# APÊNDICE A

## DADOS DOS ASTERÓIDES

NÚMERO	TIPO	F( $r/d$ )	D (km)	P(h)	AM(mag)	REF.
1	C	2.64	1025	9.078	0.04	c, b, o
2	C	3.07	565	7.811	0.15	c, b, o
3	S	3.33	244	7.211	0.15	c, b, o
4	O	4.49	533	5.342	0.14	c, b, o
5	S	1.43	122	16.812	0.27	c, b, o
6	S	3.30	206	7.275	0.19	c, b, o
7	S	3.36	210	7.135	0.29	c, b, o
8	S	1.76	160	13.600	0.04	c, o
9	S	4.72	183	5.080	0.31	c, b, o
10	C	1.33	443	18.000	0.21	c, b, o
11	S	2.24	158	10.700	0.12	c, b, o
12	S	2.77	135	8.654	0.33	c, b, o
13	C	3.41	245	7.945	0.12	c, b, o
14	S	2.35	151	10.200	0.10	c, b, o
15	S	3.95	261	6.082	0.53	c, b, o
16	O	5.58	249	4.303	0.32	c, b, o
17	S	1.95	97	12.275	0.36	b, t
18	S	2.07	163	11.573	0.35	c, b, o
19	C	3.22	226	7.460	0.25	c, b, o
20	S	2.96	135	8.098	0.24	c, b, o
21	O	3.91	109	6.133	0.15	c, b, o
22	O	5.78	175	4.148	0.30	c, b, o
23	S	1.95	118	12.308	0.19	b, t
24	C	2.87	249	8.369	0.14	c, o
25	S	2.41	73	9.945	0.18	c, b, o
27	S	2.82	118	8.500	0.15	c, b, o
28	S	1.53	126	15.695	0.21	b, c, o
29	S	4.45	201	5.390	0.13	b, c, o
30	S	1.75	94	13.685	0.14	b, c, o
31	C	4.33	267	5.540	0.08	b, c, o
32	S	2.54	92	9.443	0.20	b, c, o
33	S	1.29	62	18.580		b
36	C	2.42	120	9.930	0.15	b, c, o
37	S	1.63	96	14.670	0.10	b, c, o
39	S	4.67	158	5.138	0.54	b, c, o
40	S	2.63	118	9.136	0.28	b, c, o
41	C	4.01	204	5.988	0.38	b, c, o
42	S	1.77	95	13.590	0.32	b, c, o
43	S	4.17	86	5.755	0.66	b, c, o
44	O	3.71	68	6.470	0.50	b, c, o
45	C	4.21	250	5.700	0.33	b, c, o
46	O	1.17	133	20.500	0.12	b, c, o
48	C	2.02	245	11.890	0.35	b, c, o
49	C	2.30	175	10.420	0.18	b, c, o
51	O	3.08	156	7.785	0.14	b, c, o

NÚMERO	TIPO	F( $r/d$ )	D (km)	P(h)	AM(mag)	REF.
52	C	2.13	291	11.258	0.09	6,c,o
54	C	3.41	177	7.040	0.12	6,c,o
55	O	4.99	185	4.804	0.24	6,c,o
56	O	1.50	144	16.000	0.06	6,c,o
57	S	1.95	115	12.290		6
59	C	1.75	165	13.690	0.10	6,c,o
60	S	0.45	52	53.500	0.12	6,c,o
61	S	2.09	88	11.500	0.30	6,c,o
63	S	2.58	93	9.297	0.47	6,s
64	O	2.74	90	8.750		6
65	O	3.95	311	6.070	0.06	6,c,o
67	S	1.51	59	15.89	0.23	6,c,o
68	S	1.62	128	14.85	0.15	6,c,o
69	O	4.24	108	5.655	0.22	6,c,o
70	C	1.97	153	12.170	0.12	6,t
71	S	0.83	106	28.800	0.10	6,c,o
72	O	2.96	96	8.098		6
74	C	2.67	113	9.000		6
75	O	4.48	60	5.356		6
77	O	2.67	67	9.000	0.19	6,s
78	C	3.32	144	7.220	0.14	6,c,o
79	S	4.01	80	5.980	0.05	6,c,o
80	S	1.71	84	14.033		6
82	S	1.85	66	13.000		6
85	C	3.51	149	6.834	0.15	6,c,o
87	O	4.63	274	5.184	0.42	6,c,o
88	C	3.97	213	6.042	0.19	6,c,o
89	S	2.11	168	11.380	0.25	6,c,o
91	C	3.98	106	6.025	0.15	6,c,o
92	O	1.50	184	15.940	0.17	6,t
94	C	3.32	190	7.230		6
95	C	2.76	234	8.704		6
97	O	0.68	109	35.000	0.04	6,c,o

NÚMERO	TIPO	F( $\kappa/d$ )	D (km)	P(h)	AM(mag)	REF.
101	S	2.07	73	11.615		6
103	S	1.01	97	23.744	0.14	6,t
107	C	4.95	215	4.850	0.53	6,c,o
110	O	2.20	76	10.927	0.20	6,t
111	C	1.09	156	22.000	0.10	6,t
112	C	1.52	67	15.783	0.50	p,c,o
113	S	2.43	49	9.868		6
115	S	3.31	94	7.244	0.20	6,c,o
116	S	1.75	80	13.700	0.6	6,c,o
118	O	3.08	52	7.780	0.33	6,t
124	S	2.43	72	9.867	0.15	6,t
128	O	0.61	191	39.000	0.10	6,c,o
129	O	4.84	113	4.957	0.32	6,c,o
130	C	4.57	175	5.250		6
133	S	1.89	72	12.680		6
134	C	1.40	116	17.140		6
139	C	1.15	172	20.900	0.19	6,c,o
144	C	1.74	132	13.819		6
146	C	1.29	142	18.600		6
148	S	1.16	92	20.664	0.30	6,c,o
161	O	3.29	61	7.288		6
163	C	1.49	71	16.143		6
164	C	1.76	111	13.660	0.07	6,c,o
171	O	1.78	80.0	13.440	0.16	c,o
173	C	4.05	169	5.930	0.04	6,c,o
179	S	2.15	68	11.170	0.40	6,t
182	S	0.28	39	85.000	0.7	6,c,o
183	O	2.03	33	11.790	0.31	6,t
185	C	2.22	188	10.830	0.12	6,c,o
186	O	1.22	59	19.600	0.5	6,c,o
192	S	1.76	98	13.622	0.42	6,c,o
194	C	1.53	195	15.670	0.27	6,t
196	S	2.88	162	8.333	0.35	6,c,o
200	C	1.26	137	19.000	0.10	6,c,o

NÚMERO	TIPO	F( $r/d$ )	D (km)	P(h)	AM(mag)	REF.
201	O	6.40	87	3.746		6,
211	C	1.31	168	18.375		6
214	O	3.51	50	6.845		6
216	O	4.45	128	5.394	0.40	6,c,o
218	S	3.75	59	6.400		6
221	S	2.30	98	10.450	0.04	6,c,o
224	O	1.27	73	18.933	0.10	6,c,o
230	S	1.00	126	24.000	0.10	6,c,o
233	S	1.19	67	20.190	0.35	6,t
234	S	0.90	45	26.500		6
246	O	1.48	70	16.220	0.40	6,t
247	C	1.98	143	12.100	0.12	6,c,o
249	S	0.56	18	42.62		a
250	O	4.70	128	5.100		6
254	S	4.00	11	6.000	0.56	6,c,o
258	S	2.39	68	10.040		6
261	O	3.00	51	8.000		6
267	O	4.07	47	5.900	0.21	6,c,o
270	S	1.59	52	15.060	0.32	6,t
281	O	5.52	14	4.348	0.38	6,c,o
282	O	3.74	13	6.42		a
283	C	3.52	111	6.820		6,c,o
284	C	2.82	61	8.500		6
291	S	5.55	15	4.32	0.25	a,c,o
304	O	1.31	68	18.3	0.20	6,c,o
306	S	2.74	53	8.770	0.26	b,t
308	O	2.00	139	12.020		6
313	C	1.85	108	13.000	0.23	6,t
317	O	2.94	47	8.170		6
321	O	8.36	35	2.870	0.38	6,c,o
332	O	3.43	79	7.000	0.32	6,c,o
334	C	3.93	199	6.100	0.16	c,o
337	C	5.21	107	4.610	0.19	6,c,o
340	S	3.12	31	7.700	0.17	6,c,o
345	C	1.94	109	12.371	0.5	6,c,o
349	O	5.10	145	4.701	0.40	6,c,o
352	S	3.58	31	6.700	0.25	6,c,o
354	S	5.61	156	4.280	0.30	6,c,o
356	C	0.75	157	31.820	0.22	6,t
359	C	3.29	93	7.300	0.3	6,c,o
360	C	1.47	132	16.280		6,
362	C	1.33	97	18.000		6,
364	O	2.62	32	9.155	0.50	6,c,o
386	C	2.46	211	9.760		6
388	C	2.53	120	9.490		6
393	C	0.62	128	38.700	0.13	6,t
397	S	1.55	51	15.470		6
404	C	2.69	103	8.930	0.36	6,t
405	C	2.38	126	10.080	0.15	6,t
410	C	0.74	136	32.476		6
422	O	1.85	43	13.000		6
432	S	3.82	47	6.280		6



NÚMERO	TIPO	F( $r/d$ )	D (km)	P(h)	AM(mag)	REF.
433	S	4.55	20	5.270	1.50	c,o
441	O	2.32	66	10.350	0.13	b,t
444	C	3.86	167	6.218		b
451	C	2.47	281	9.728	0.1	b,c,o
454	O	3.13	88	7.660	0.37	b,c,o
459	O	3.76	30	6.380	0.25	b,c,o
471	S	3.36	145	7.140	0.12	b,c,o
485	O	1.36	58	17.590		b
497	O	5.19	30	4.620		b
505	O	3.69	55	6.500	0.17	b,c,o
511	C	4.65	335	5.160	0.25	b,c,o
512	O	4.05	22	5.430	0.45	b,c,o
516	O	3.43	65	7.015		b,t
532	S	2.55	219	9.408	0.18	b,c,o
554	C	1.76	102	13.630	0.22	b,c,o
558	O	2.40	62	10.025		b,c,o
563	S	4.21	66	5.693	0.2	b,c,o
584	S	4.74	51	5.063		b
593	C	2.42	82	9.898		b
599	S	2.51	66	9.570	0.15	b,c,o
624	O	3.47	234	6.922	0.09	c,o
654	C	0.75	121	31.900	0.3	b,c,o
660	S	3.03	52	7.920	0.33	b,c,o
675	O	3.11	71	7.717	0.28	b,c,o
679	O	3.15	74	7.625	0.07	b,c,o
683	O	5.55	119	4.322		b
695	S	1.69	47	14.222		b
700	O	4.14	17	5.800	0.4	b,c,o
702	C	1.43	217	16.720	0.10	b,t
704	O	2.75	340	8.720	0.11	b,c,o
709	C	0.46	95	52.400	0.18	b,t
712	C	2.04	128	11.750		b
726	S	1.84	23	13.04		a
737	S	1.70	45	14.130	0.15	b,t
747	C	3.00	208	8.000	0.13	b,c,o
753	O	2.44	25	9.840	0.8	b,c,o
778	O	2.06	60	11.659		a
779	O	2.15	71	11.163		b
790	O	2.31	178	10.370	0.16	b,t
792	O	2.62	28	9.170		b
796	O	3.10	88	7.750	0.30	b,c,o
804	C	1.61	143	14.853	0.20	b,t
841	S	7.08	8	3.39		a
849	O	5.83	92	4.119		b
852	O	5.26		4.56	0.31	p,c,o
873	O	2.26	23	10.600		b
887	S	0.32	5	73.990	0.37	b,c,o
925	S	3.03	59	7.920		b
944	O	2.38	28.5	10.064	0.60	c,o
945	S	3.25	30	7.380		b
952	O	3.19		7.51	0.13	c,o
980	S	1.19	79	20.100		b

NUMERO	TIPO	F( $r/d$ )	D(km )	P(h)	AM(mag)	REF.
984	0	4.17	74	5.760	0.4	b,c,o
1029	0	1.71	25	14.000		b
1076	0	3.27	19	7.336		a
1192	S	3.66	8	6.558		a
1207	0	3.00	37	8.000	0.71	b,c,o
1245	S	4.98	30	4.820	0.63	b,c,o
1250	S	6.12	11	3.92		a
1267	0	4.36	10	5.500	0.5	b,c,o
1350	0	4.00	47	6.000		b
1416	0	5.58	34	4.300	0.4	b,c,o
1523	0	4.50	11	5.330	0.5	b,c,o
1562	0	2.93	10	8.200	0.4	b,c,o
1566	0	10.56	1.9	2.273	0.22	c,o
1576	0	3.58	26	6.700	0.2	b,c,o
1580	0	3.91	6	6.130	0.6	b,c,o
1590	0	3.58	13	6.700	0.4	b,c,o
1620	S	4.59	2.2	5.223	2.03	c,o
1646	S	0.35	13	69.2		a
1685	S	2.35	4.7	10.196	0.80	c,o
1753	0	2.73	35	8.800	0.22	b,c,o
1757	S	4.91	6	4.89		a
1759	0	0.82	10	29.25		a
1789	0	4.14	7	5.800	0.68	b,c,o
1793	0	3.43	9	7.000	0.39	b,c,o
1864	0	2.80	3.1	8.570	0.80	c,o
1946	0	2.35	8	10.223	0.6	b,c,o
2072	S	5.45	9	4.4		a
2088	S	2.31	10	10.37		a
2156	S	4.27	8	5.62		a
1975RB	0	2.66		9.02	0.30	c,o
1978CA	S	6.38		3.761	0.80	c,o
1978DA	0	3.00		8	0.35	c,o

Observações: Tipo - tipo taxonômico  
F - frequências de rotação-revoluções por dia  
D - diâmetro - quilômetro  
P - período - horas  
AM - amplitude máxima da curva de luz-magnitude  
REF - referências.

## R E F E R Ê N C I A S

- a) Binzel, R.P. e J.D. Mulholland (1983), *Icarus* 56, 519-533
- b) Binzel, R.P. (1984), *Icarus* 57, 294-306
- c) Bowell, E., T. Gehrels e B. Zellner (1979), *Asteroids* (T. Gehrels, Ed.) 1108-1129.
- d) Bowell, E. e K. Lumme (1979), *Asteroids* (T. Gehrels, Ed.) 132-169.
- e) Chapman, C.R. (1979), *Asteroids* (T. Gehrels, Ed.), 25-60
- f) Dermott, S.F., A.W. Harris e C.D. Murray (1984), *Icarus* 57, 14-34
- g) Dermott, S.F. e C.D. Murray (1982), *Nature* 296, 418-421.
- h) Farinella, P., P. Paolicchi e V. Zappalā (1981), *Astron. Astrophys.* 104, 159-165.
- i) Farinella, P. Paolicchi e V. Zappalā (1982), *Icarus* 52, 409-433.
- j) Gehrels, T. (1979), *Asteroids* (T. Gehrels, Ed.), 3-24.
- l) Harris, A. W. e J. A. Burns (1979), *Icarus* 40, 115-144.
- m) Harris, A.W. (1979), *Icarus* 40, 145-153.
- n) Meyer, Paul L. (1978), *Aplicações à Estatística*, 1ª edição Livros Técnicos e Científicos.
- o) Tedesco, E.F. (1979), *Asteroids* (T. Gehrels, Ed.) 1098-1105
- p) Tedesco, E.F. e V. Zappalā (1980), *Icarus* 43, 33-50.
- q) Wilkening, L.L. (1979), *Asteroids* (T. Gehrels, Ed.) 61-74.
- r) Zappalā, V. (1981), *The Moon and the planets* 24, 319-325.
- s) Zappalā, V.F. Scàltriti e M. Di Martino (1983), *Icarus* 56, 325-344.
- t) Zappalā, V. M. Di Martino e S. Cacciatori (1983), *Icarus* 56, 319-324.