



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE REENTRADAS ATMOSFÉRICAS

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)

Bolsista: Grazielle Cunha Cardoso (EETEP Faculdades, Bolsista CNPq/INPE)

E-mail: graziellecunha@yahoo.com.br

Orientador: Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza (DMC/ETE/INPE)

E-mail: marcelo@dem.inpe.br

São José dos Campos

Julho de 2010

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1-Formato do conjunto de elementos em duas linhas	07
Figura 2: Elementos em duas linhas do satélite SCD 1	10
Figura 3: Elementos em duas linhas do satélite SCD 2	10
Figura 4: Histórico do Apogeu e do Perigeu do satélite SCD 1	11
Figura 5: Variação do apogeu no tempo para o satélite brasileiro SCD 1	12
Figura 6: Variação do perigeu no tempo para o satélite brasileiro SCD 1	12
Figura 7: Histórico do Apogeu e do Perigeu do satélite SCD 2	15
Figura 8: Variação do apogeu e do perigeu para o satélite SCD 2 no tempo	16
Figura 9: Elementos em duas linhas do satélite brasileiro CBERS1	18
Figura 10: Elementos em duas linhas do satélite brasileiro CBERS 2	18
Figura 11: Elementos em duas linhas do satélite brasileiro CBERS 2B	18
Figura 12: Histórico do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 1	20
Figura 13: Variação do apogeu e do perigeu para o satélite CBERS 1 no tempo	20
Figura 14: Histórico do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2	22
Figura 15: Variação do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2 no tempo	23
Figura 16: Histórico do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2B	25
Figura 17: Variação do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2B no tempo	26

LISTA DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1 Itens da linha 1 do conjunto de elementos em duas linhas	08
Tabela 2 Itens da linha 2 do conjunto de elementos em duas linhas	09
Tabela 3: Dados dos satélites SDC 1 e SCD 2	11
Tabela 4: Dados do satélite SCD 1 para análise	13
Tabela 5: Variação da Velocidade para o satélite ir de uma órbita à outra	14
Tabela 6: Tempo de Vida/Tempo de Permanência em uma Órbita	14
Tabela 7: Dados do satélite SCD 2 para análise	16
Tabela 8: Variação da Velocidade para o satélite ir de uma órbita à outra	17
Tabela 9: Tempo de Vida/Tempo de Permanência em uma Órbita	17
Tabela 10: Dados dos satélites brasileiros CBERS 1, CBERS 2 e CBERS 2B	19
Tabela 11: Dados do satélite CBERS 1 para análise	21
Tabela 12: Variação da Velocidade para o satélite ir de uma órbita à outra	21
Tabela 13: Tempo de Vida/Tempo de Permanência em uma Órbita	22
Tabela 14: Dados do satélite CBERS 2 para análise	23
Tabela 15: Variação da Velocidade para o satélite ir de uma órbita à outra	24
Tabela 16: Tempo de Vida/Tempo de Permanência em uma Órbita	24
Tabela 17: Dados do satélite CBERS 2 para análise	26
Tabela 18: Variação da Velocidade para o satélite ir de uma órbita à outra	27
Tabela 19: Tempo de Vida/Tempo de Permanência em uma Órbita	27

SUMÁRIO

	Pag
1- INTRODUÇÃO	05
2- REENTRADA ATMOSFÉRICA	06
3- ELEMENTOS TWO-LINE	07
4 ANÁLISE COM DADOS DOS SATÉLITES BRASILEIROS	10
5-CONCLUSÕES.....	28
6-REFERÊNCIAS.....	29

INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva a análise e simulação de Reentradas Atmosféricas (“Atmospheric Reentry”) e foi desenvolvido baseado nestas e nos conceitos de Elementos em Duas Linhas (“Two-Line Elements”). Tais conceitos foram usados para entender e aplicar o programa “Debris Assessment Software” (DAS), versão 2.0 desenvolvido pela NASA. Este programa permite ao usuário analisar e avaliar os dados de uma missão (reentrada) de acordo com as exigências requeridas pelo programa. Pesquisamos os dados reais de satélites brasileiros, como o SCD 1, SCD 2, CBERS 1, CBERS 2, CBERS 2B, através do site www.celestrak.com, e usando os conceitos já vistos anteriormente, os aplicamos ao programa DAS 2.0 da NASA. Os resultados até então obtidos estão demonstrados ao longo deste trabalho.

Breve Histórico: No período de agosto de 2009 a junho de 2010 foram realizados: 1.) a finalização dos estudos sobre o programa DAS 2.0 da NASA; 2.) um estudo sobre os Elementos em Duas Linhas (“Two-Line Elements”); 3.) Uma pesquisa sobre os dados reais de satélites brasileiros; 4.) A aplicação dos conceitos de “two-line elements” e os dados dos satélites brasileiros SCD 1, SCD 2, CBERS 1, CBERS 2, CBERS 2B, ao programa DAS 2.0 da NASA.

2 Reentrada Atmosférica

Segundo Guedes, Kuga e Souza (2005), reentrada atmosférica é a parte final de uma missão espacial, e também a mais crítica, principalmente quando se tem um grande risco de vítimas humanas. Um satélite está sujeito a ação de forças perturbadoras (força aerodinâmica) que, dependendo da situação em que um satélite ou um corpo se encontram no espaço, têm maior ou menor intensidade. Os desvios provocados por tais ações podem fazer com que o satélite atinja altitudes mais baixas, provocando então uma reentrada natural ou não-controlada.

Para evitar que aconteça uma reentrada natural, coloca-se um sistema de controle orbital para compensar a energia consumida pelo arrasto durante a vida útil do satélite. Isto é feito através de propulsores a gás frio ou quente. Já ao final da vida útil do satélite, estes colaboram com a força da gravidade ou com a força de arrasto, e conduzem o satélite a uma trajetória de reentrada. Isto é denominado de reentrada comandada ou controlada.

A disposição que as superfícies de um satélite podem assumir implica coeficientes de arrasto elevados e desacelerações proporcionais, fazendo com que se tenha uma força de arrasto elevada. Essas desacelerações podem gerar esforço mecânico (vibrações, força cortante, momentos fletores e tensores) fazendo até que o satélite se fragmente. A trajetória de reentrada onde isto ocorre, é o caminho percorrido entre altitudes de 86 km a 15 km.

O satélite que é preparado para uma reentrada comandada leva consigo um conjunto de pára-quedas que vão se abrindo sucessivamente ao diminuir a velocidade. Com esses pára-quedas é possível fazer com que o satélite chegue ao solo com velocidade menor que, aproximadamente, 10 m/s (36 km/h). Quando a reentrada não é controlada, as velocidades com que os satélites chegam ao solo é da ordem de 100 m/s (360 km/h).

3 ELEMENTOS EM DUAS LINHAS

Segundo Kelso (2010), um conjunto de elementos em duas linhas consiste num conjunto de duas linhas com sessenta e nove caracteres, que pode ser usado junto com o modelo orbital *NORAD's SGP4/SDP4*, para determinar a posição e a velocidade associada a um satélite. Somente os algarismos de 0 a 9, as letras de A a Z, os sinais de adição e subtração são caracteres válidos em um conjunto de elementos em duas linhas. Nem todos os caracteres podem ser usados em todas as colunas:

- Colunas com espaço ou período podem não ter nenhum outro caractere.
- Colunas com um "N" pode ter qualquer algarismo de 0 a 9, em alguns casos, pode ter também um espaço.
- Colunas com "A" pode ter qualquer caractere de A a Z ou um espaço.
- Colunas com "C" podem ter somente um caractere representando a classificação do conjunto de elementos – normalmente um "U" para dados não classificados ou um "S" para dados secretos.
- Colunas com "+" pode ter um sinal de adição, um sinal de subtração ou um espaço.
- Colunas com "-" pode ter um sinal de adição ou subtração.

1 NNNNNC NNNNNAAA NNNNN.NNNNNNNNN +.NNNNNNNNN +NNNNN-N +NNNNN-N N NNNNN 2 NNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NNNNNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN N.NNNNNNNNNNNNNNN

Figura 1-Formato do conjunto de elementos em duas linhas.

As Tabelas 1 e 2 definem cada item das colunas das linhas 1 e 2 dos elementos em duas linhas.

Tabela 1 Itens da linha 1 do conjunto de elementos em duas linhas.

Campo	Coluna	Descrição
1.1	01	Número de dados do elemento
1.2	03-07	Número do Satélite
1.3	08	Classificação
1.4	10-11	Designador internacional (últimos dois dígitos do ano do lançamento)
1.5	12-14	Designador internacional (número do lançamento)
1.6	15-17	Designador internacional (parte do lançamento)
1.7	19-20	Época do Ano (dois últimos dígitos do ano)
1.8	21-32	Época (dia do ano e a porção fracionária do dia)
1.9	34-43	Primeira derivada do impulso médio
1.10	45-52	Segunda derivada do impulso médio (ponto suposto)
1.11	54-61	BSTAR termo de arrasto (ponto suposto)
1.12	63	Tipo de efemérides
1.13	65-68	Número do elemento
1.14	69	<i>Checksum</i> (letras, espaços em branco, períodos, sinais de adição = 0, sinais de subtração = 1).

Tabela 2 Itens da linha 2 do conjunto de elementos em duas linhas

Campo	Coluna	Descrição
2.1	01	Número do elemento
2.2	03-07	Número do satélite
2.3	09-16	Inclinação ($^{\circ}$)
2.4	18-25	Ascensão reta do nodo ascendente ($^{\circ}$)
2.5	27-33	Excentricidade
2.6	35-42	Argumento do perigeu ($^{\circ}$)
2.7	44-51	Anomalia Média ($^{\circ}$)
2.8	53-63	Rotação média (rev/dia)
2.9	64-68	Número de revoluções até a data (REVS)
2.10	69	<i>Cheksum</i>

4 ANÁLISE COM DADOS DOS SATÉLITES BRASILEIROS

O programa DAS (*Debris Assessments Software 2.0*) da NASA, possui um conversor dos elementos em duas linhas. Então, com dados de satélite obtidos do site *Celestrak*, conseguimos aplicar esses dados ao programa e obtivemos, por exemplo: a variação do apogeu e perigeu da missão, a variação da velocidade, o tempo de vida de uma órbita e o tempo de permanência do satélite na órbita.

De acordo com o site <http://www.space-track.org>, os elementos em duas linhas dos satélites brasileiros SCD 1 e SCD2 são como mostrados nas Figuras 2 e 3:

```
1 22490U 93009B 10063.50041528 .00000255 00000-0 21166-4 0 2583  
2 22490 024.9678 121.6133 0043513 340.3040 019.5794 14.43489878900484
```

Figura 2: Elementos em duas linhas do satélite SCD 1

```
1 25504U 98060A 10063.93832959 .00000053 00000-0 -37167-4 0 6069  
2 25504 024.9967 307.1675 0017649 056.1913 304.0276 14.43145760599994
```

Figura 3: Elementos em duas linhas do satélite SCD 2

Aplicando esses dados ao programa DAS 2.0 da NASA, obtivemos os dados que são demonstrados na Tabela 3:

Tabela 3: Dados dos satélites SDC 1 e SDC 2

	SCD 1	SCD 2
Ano	2010	2010
Dia do ano	63.500	63.938
Ano decimal	2010.174	2010.175
Semi-eixo maior (km)	7122.859	7123.994
Excentricidade	0.004351	0.001765
Altitude do perigeu (km)	713.729	733.285
Altitude do apogeu (km)	775.717	758.431
Inclinação (°)	24.968	24.997
Ascensão reta do nodo ascendente (°)	121.613	307.168
Argumento do perigeu (°)	340.304	56.191
Anomalia média (°)	19.579	304.028

Com esses dados e com o auxílio do programa DAS 2.0, conseguimos plotar o gráfico com o histórico do apogeu e perigeu para esses satélites. A Figura 4 mostra os dados em questão para o satélite brasileiro SCD 1.

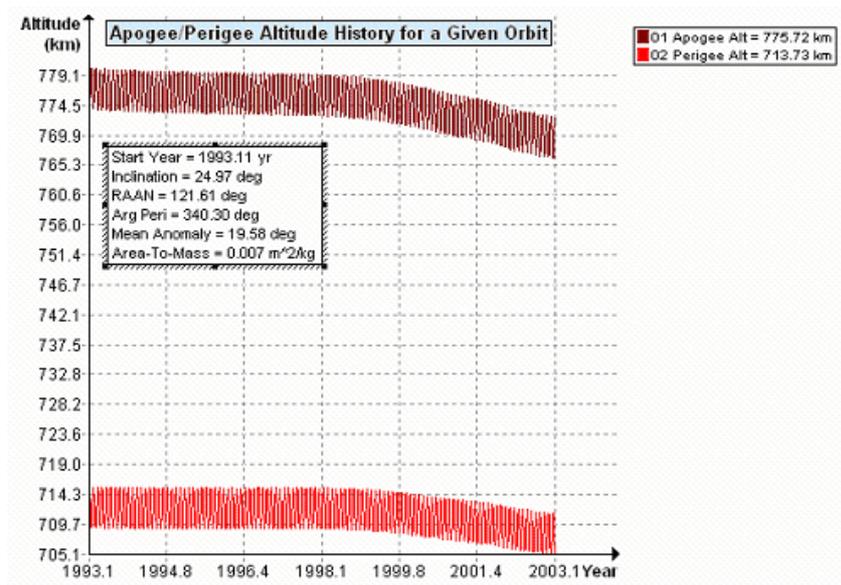


Figura 4: Histórico do Apogeu e do Perigeu do satélite SCD 1.

Ampliando a Figura 4 temos as Figuras 5 e 6 que mostram, com uma melhor visualização, a variação do apogeu e perigeu.

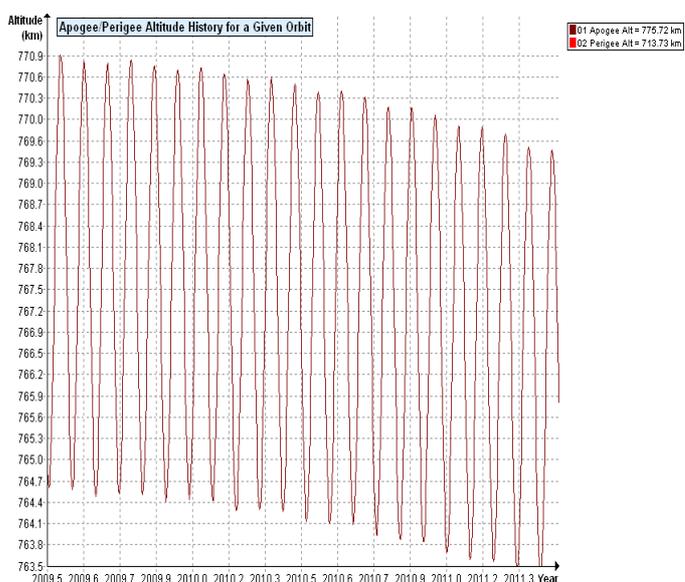


Figura 5: Variação do apogeu no tempo para o satélite brasileiro SCD 1

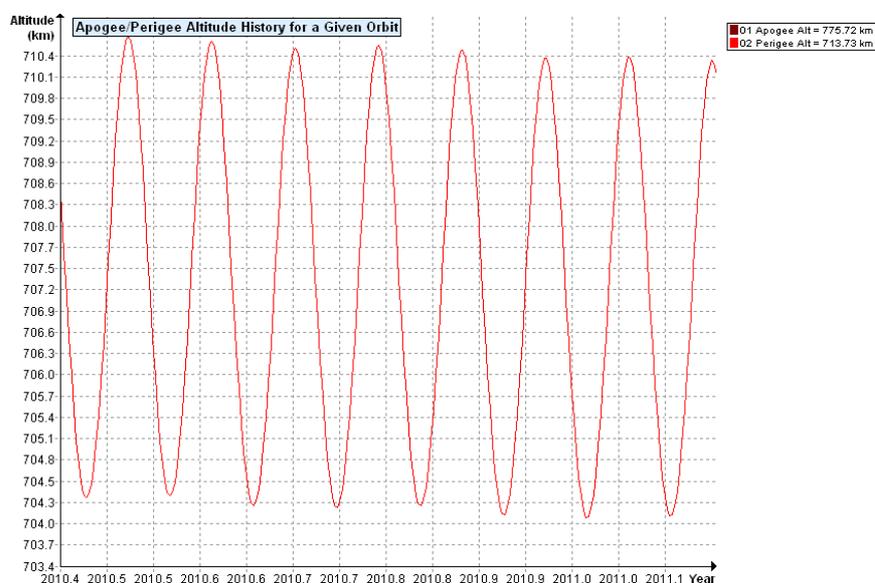


Figura 6: Variação do perigeu no tempo para o satélite brasileiro SCD 1.

Analisando as Figuras 4, 5 e 6, e considerando dois pontos da curva da variação do apogeu, sendo eles: altitude do apogeu 770,6 km e 764,4 km, calculamos o perigeu para cada um dos dados citados anteriormente de acordo com a fórmula:

$$a_2 = \frac{a_1(1+e_1)}{(1+e_2)}$$

E obtivemos os seguintes resultados da Tabela 4:

Tabela 4: Dados do satélite SCD 1 para análise.

Instante	$T_1 \approx 2010,25$	$T_2 \approx 2010,35$
Apogeu	770,6	764,4
Perigeu	763,9	757,8

Aplicando esses dados no programa DAS 2.0.1 da NASA obtivemos os seguintes resultados das Tabelas 5 e 6:

Tabela 5: Variação da Velocidade para o satélite SCD1 ir de uma órbita à outra.

1ª órbita	Perigeu (km)	763,9
	Apogeu (km)	770,6
2ª órbita	Perigeu (km)	757,8
	Apogeu (km)	761,1
	Perigeu Órbita de Transferência (km)	757,8
	Apogeu Órbita de Transferência (km)	770,6
ΔV	ΔV_1 (m/s)	1,6
	ΔV_2 (m/s)	2,48
	ΔV_{total} (m/s)	4,08

Tabela 6: Tempo de Vida/Tempo de Permanência do SCD1 em uma órbita.

Ano Inicial	1993,110
Altitude Perigeu (km)	713,729
Altitude Apogeu (km)	775,717
Inclinação (°)	24,968
RAAN (°)	121,613
Argumento do Perigeu (°)	340,304
Área/Massa (m ² /kg)	0,0068
Tempo de Vida na Órbita (calculado) (anos)	Maior que 100
Tempo de Permanência na Órbita (calculado) (anos)	Maior que cem
Último Ano de Propagação	2093

Com os dados do satélite brasileiro SCD 2, que se encontram na Tabela 3, e de acordo com o programa DAS 2.0.1 da NASA, obtivemos o histórico do apogeu e perigeu para o mesmo satélite, como mostra a Figura 7:

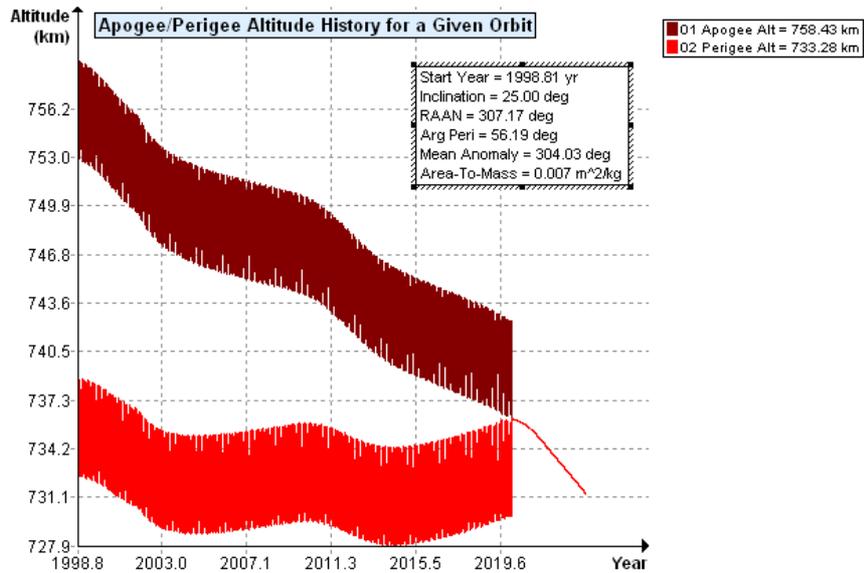


Figura 7: Histórico do Apogeu e do Perigeu do satélite SCD 2.

Ampliando a Figura 7 temos a Figura 8 que mostra, com uma melhor visualização, a variação do apogeu e perigeu.

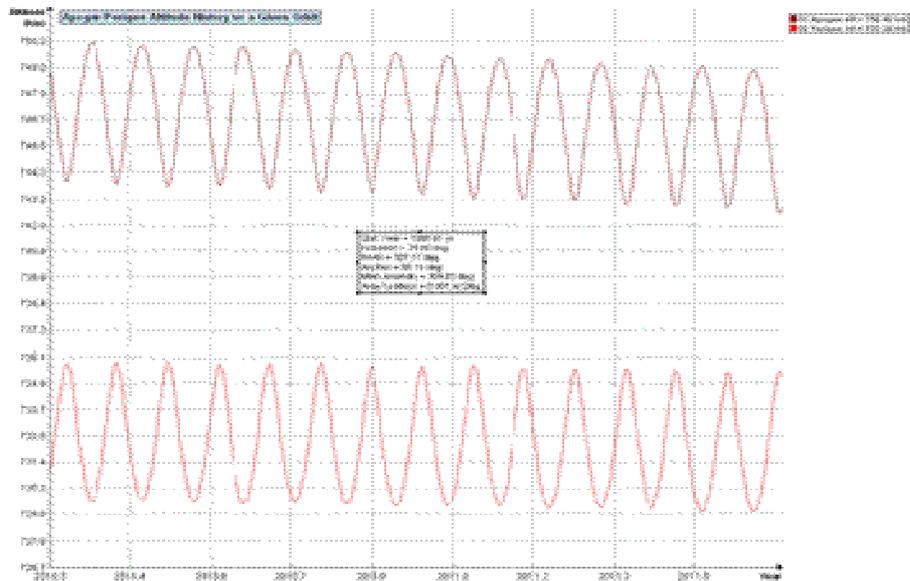


Figura 8: Variação do apogeu e do perigeu para o satélite SCD 2 ao longo do tempo.

Analisamos a Figura 8 e de acordo com ela consideramos dois pontos, que são descritos na Tabela 7:

Tabela 7: Dados do satélite SCD 2 para análise.

Instante	$T_1 \approx 2010,3$	$T_2 \approx 2010,4$
Apogeu	750,1	743,7
Perigeu	729,5	735,9

Aplicando esses dados ao programa DAS 2.0.1 da NASA obtivemos o seguinte resultado da Tabela 8:

Tabela 8: Variação da Velocidade para o satélite SCD2 ir de uma órbita à outra.

1ª órbita	Perigeu (km)	729,5
	Apogeu (km)	750,1
2ª órbita	Perigeu (km)	735,9
	Apogeu (km)	743,7
	Perigeu Órbita de Transferência (km)	735,9
	Apogeu Órbita de Transferência (km)	750,1
ΔV	ΔV_1 (m/s)	1,68
	ΔV_2 (m/s)	1,68
	ΔV_{total} (m/s)	3,36

Tabela 9: Tempo de Vida/Tempo de Permanência do SCD2 em uma órbita.

Ano Inicial	1998,811
Altitude Perigeu (km)	733,285
Altitude Apogeu (km)	758,431
Inclinação (°)	24,997
RAAN (°)	307,168
Argumento do Perigeu (°)	56,191
Área/Massa (m ² /kg)	0,0067
Tempo de Vida na Órbita (calculado) (anos)	Maior que 100
Tempo de Permanência na Órbita (calculado) (anos)	Maior que cem
Último Ano de Propagação	2098

De acordo com o site <http://www.space-track.org> , os elementos em duas linhas dos satélites brasileiros CBERS 1, CBERS 2 e CBERS 2B são como mostram as Figuras 9, 10 e 11:

```
1 25940U 99057A 10052.08977398 -.00000019 00000-0 77214-5 0 5138  
2 25940 98.1672 48.7310 0006047 62.8041 297.3752 14.34476222542490
```

Figura 9: Elementos em duas linhas do satélite brasileiro CBERS 1.

```
1 28057U 03049A 10051.73661524 .00000044 00000-0 30114-4 0 564  
2 28057 98.2478 98.3469 0001463 11.7926 348.3291 14.34926346332045
```

Figura 10: Elementos em duas linhas do satélite brasileiro CBERS 2.

```
1 28057U 03049A 10051.73661524 .00000044 00000-0 30114-4 0 564  
2 28057 98.2478 98.3469 0001463 11.7926 348.3291 14.34926346332045
```

Figura 11: Elementos em duas linhas do satélite brasileiro CBERS 2B.

Colocamos esses dados no TLE Converter (conversor de elementos em duas linhas) do DAS 2.0, e obtivemos os seguintes dados, mostrados na Tabela 10:

Tabela 10: Dados dos satélites brasileiros CBERS 1, CBERS 2 e CBERS 2B.

Satélite	CBERS 1 (ZY 1A)	CBERS 2 (ZY 1B)	CBERS 2B
Ano	2010	2010	2010
Dia do Ano	52.090	51.737	52.098
Ano decimal	2010.143	2010.142	2010.143
Semi-eixo maior (km)	7156.390	7154.892	7143.176
Excentricidade	0.000605	0.000143	0.002642
Altitude do perigeu (km)	773.926	775.709	746.164
Altitude do apogeu (km)	782.581	777.803	783.915
Inclinação (°)	98.167	98.248	98.457
RAAN (°)	48.731	98.347	129.947
Argumento do perigeu (°)	62.804	11.793	327.636
Anomalia média (°)	297.375	348.329	32.320

Com esses dados e com o auxílio do programa DAS 2.0, conseguimos plotar o gráfico com o histórico do apogeu e perigeu para esses satélites, como mostram as Figuras 12 e 13 a seguir:

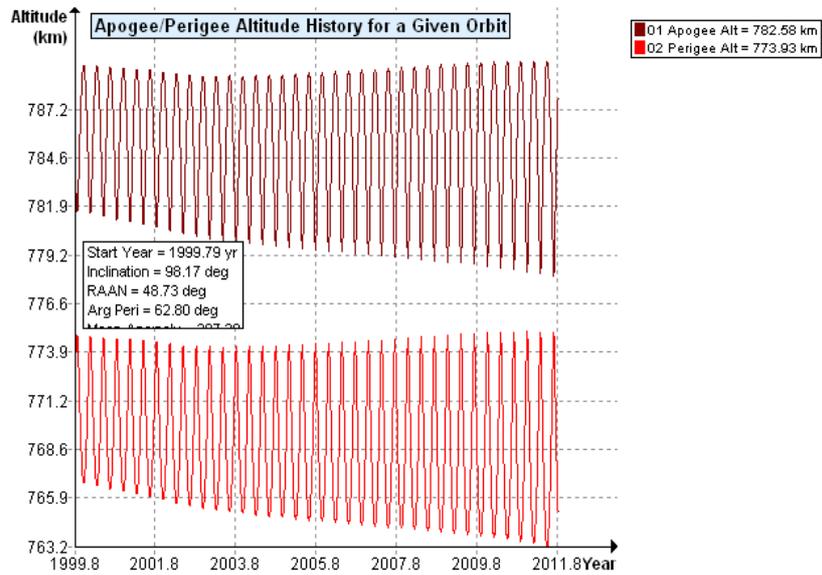


Figura 12: Histórico do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 1.

Ampliando a Figura 12 temos a Figura 13 que mostra com uma melhor visualização a variação do apogeu e perigeu.

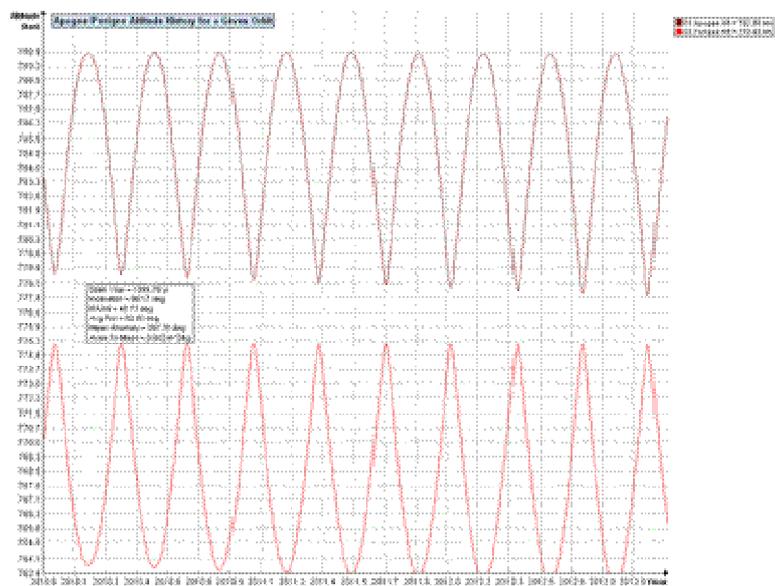


Figura 13: Variação do apogeu e do perigeu para o satélite CBERS 1 ao longo do tempo.

Analisamos a Figura 13 e, de acordo com ela, consideramos dois pontos, que são descritos na Tabela 11:

Tabela 11: Dados do satélite CBERS 1 para análise.

Instante	$T_1 \approx 2010,4$	$T_2 \approx 2010,5$
Apogeu	789,9	763,5
Perigeu	778,3	775

Aplicando esses dados no programa DAS 2.0.1 da NASA obtivemos o seguinte resultado:

Tabela 12: Variação da Velocidade para o satélite CBERS1 ir de uma órbita à outra.

1ª órbita	Perigeu (km)	763,5
	Apogeu (km)	789,9
2ª órbita	Perigeu (km)	775
	Apogeu (km)	778,3
	Perigeu Órbita de Transferência (km)	775
	Apogeu Órbita de Transferência (km)	789,9
ΔV	ΔV_1 (m/s)	3,002
	ΔV_2 (m/s)	3,022
	Δv_{total} (m/s)	6,023

Tabela 13: Tempo de Vida/Tempo de Permanência do CBERS1 em uma órbita.

Ano Inicial	1999,786
Altitude Perigeu (km)	773,926
Altitude Apogeu (km)	782,581
Inclinação (°)	98,167
RAAN (°)	48,731
Argumento do Perigeu (°)	62,804
Área/Massa (m ² /kg)	0,00248
Tempo de Vida na Órbita (calculado) (anos)	Maior que 100
Tempo de Permanência na Órbita (calculado) (anos)	Maior que cem
Último Ano de Propagação	2099

Com os dados do satélite brasileiro CBERS 2, que se encontram na Tabela 10, e de acordo com o programa DAS 2.0.1 da NASA, obtivemos o histórico do apogeu e perigeu para o mesmo satélite, como mostra a Figura 14:

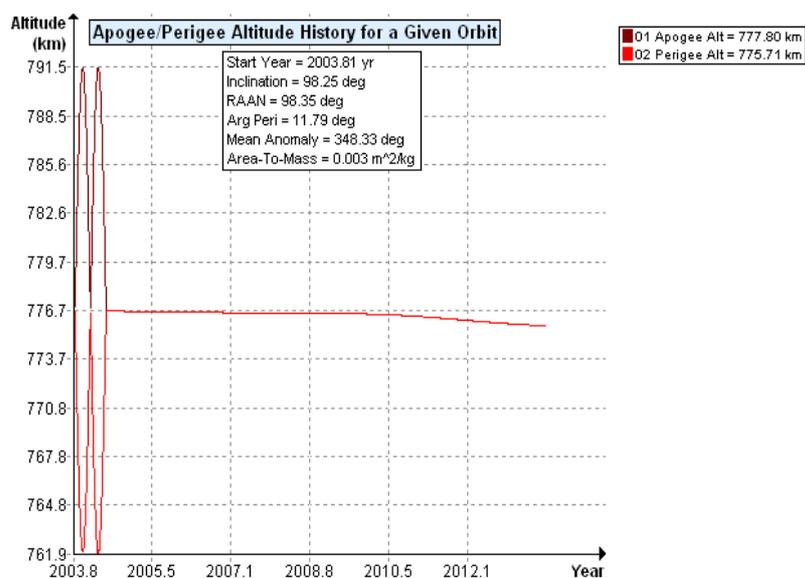


Figura 14: Histórico do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2.

Ampliando a Figura 14 temos a Figura 15 que mostra a variação do apogeu e do perigeu com uma melhor visualização.

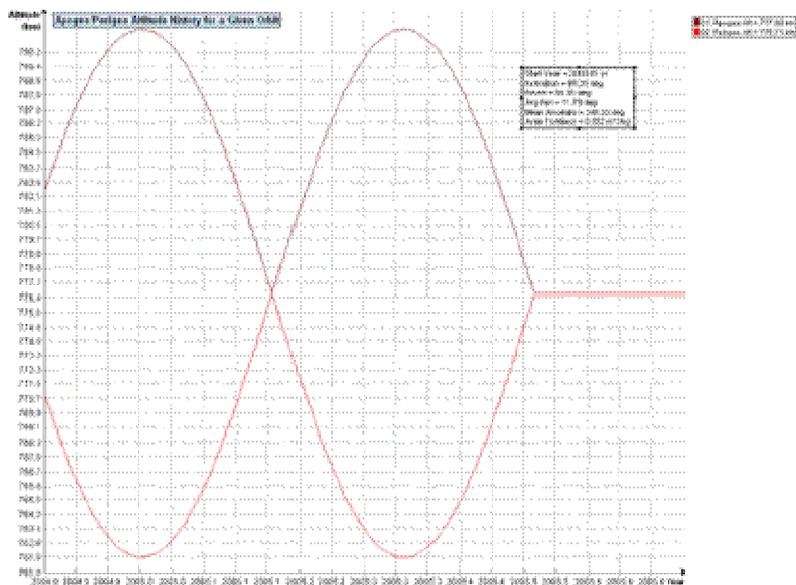


Figura 15: Variação do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2 no tempo.

Analisamos a Figura 15 e de acordo com ela consideramos dois pontos, que são descritos na Tabela 13:

Tabela 14: Dados do satélite CBERS 2 para análise.

Instante	$T_1 \approx 2010,1$	$T_1 \approx 2011,2$
Apogeu	791,5	776,7
Perigeu	761,8	776,7

Aplicando esses dados no programa DAS 2.0.1 da NASA obtivemos o seguinte resultado da Tabela 15 e 16:

Tabela 15: Variação da Velocidade para o satélite CBERS2 ir de uma órbita à outra.

1ª órbita	Perigeu (km)	761,8
	Apogeu (km)	791,5
2ª órbita	Perigeu (km)	776,7
	Apogeu (km)	776,7
	Perigeu Órbita de Transferência (km)	776,7
	Apogeu Órbita de Transferência (km)	791,5
ΔV	ΔV_1 (m/s)	3,889
	ΔV_2 (m/s)	3,855
	ΔV_{total} (m/s)	7,744

Tabela 16: Tempo de Vida/Tempo de Permanência do CBERS2 em uma órbita.

Ano Inicial	2003,805
Altitude Perigeu (km)	775,709
Altitude Apogeu (km)	777,803
Inclinação (°)	98,248
RAAN (°)	98.347
Argumento do Perigeu (°)	11,793
Área/Massa (m ² /kg)	0,00248
Tempo de Vida na Órbita (calculado) (anos)	Maior que 100
Tempo de Permanência na Órbita (calculado) (anos)	Maior que cem
Último Ano de Propagação	2103

Com os dados do satélite brasileiro CBERS 2B, que se encontram na Tabela 10, e de acordo com o programa DAS 2.0.1 da NASA, obtivemos o histórico do apogeu e perigeu para o mesmo satélite, como mostra a Figura 16:

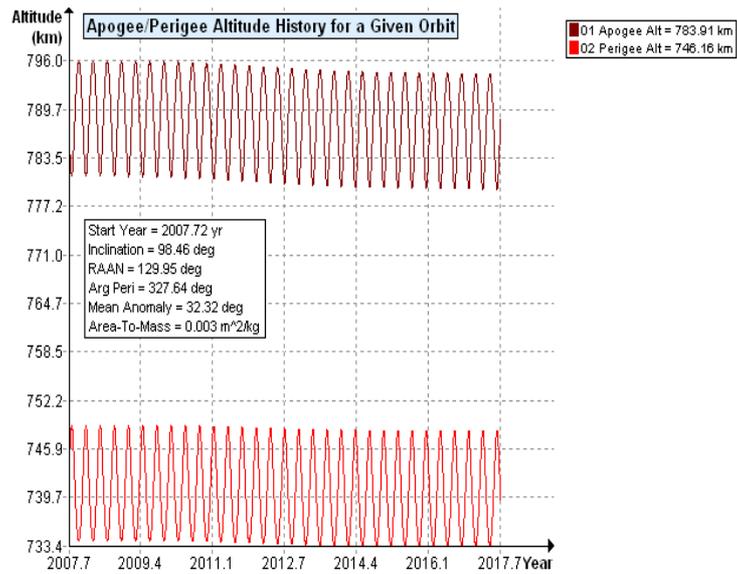


Figura 16: Histórico do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2B.

Ampliando a Figura 16 temos a Figura 17 que mostra com uma melhor visualização a variação do apogeu e perigeu.

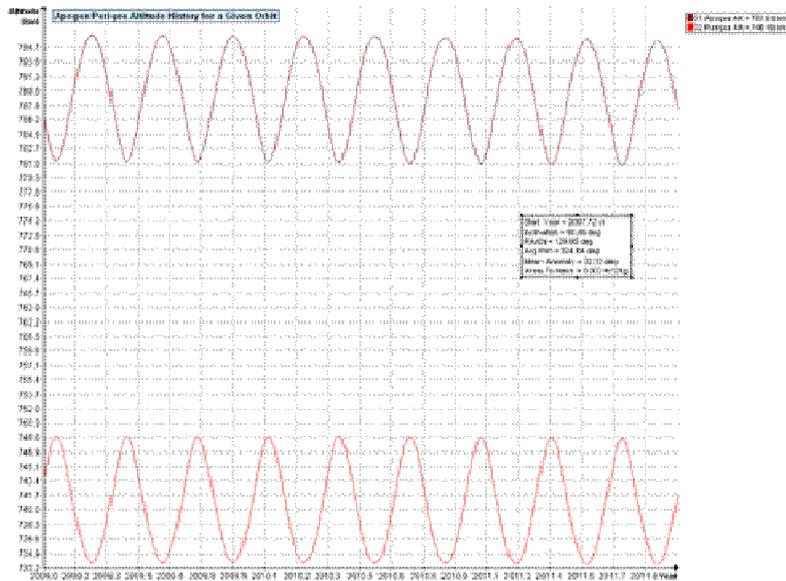


Figura 17: Variação do apogeu e perigeu para o satélite CBERS 2B ao longo do tempo.

Analisamos a Figura 17 e de acordo com ela consideramos dois pontos, que são descritos na Tabela 17:

Tabela 17: Dados do satélite CBERS 2 para análise.

Instante	$T_1 \approx 2010,5$	$T_2 \approx 2010,6$
Apogeu	795,1	781,1
Perigeu	733,9	748,6

Aplicando esses dados no programa DAS 2.0.1 da NASA obtivemos o seguinte resultado das Tabelas 18 e 19:

Tabela 18: Variação da Velocidade para o satélite CBERS2B ir de uma órbita à outra.

1ª órbita	Perigeu (km)	733,9
	Apogeu (km)	795,1
2ª órbita	Perigeu (km)	748,6
	Apogeu (km)	781,1
	Perigeu Órbita de Transferência (km)	748,6
	Apogeu Órbita de Transferência (km)	795,1
ΔV	ΔV_1 (m/s)	3,855
	ΔV_2 (m/s)	3,648
	ΔV_{total} (m/s)	7,503

Tabela 19: Tempo de Vida/Tempo de Permanência do CBERS2B em uma Órbita

Ano Inicial	2007,718
Altitude Perigeu (km)	746.164
Altitude Apogeu (km)	783,915
Inclinação (°)	98,457
RAAN (°)	129,947
Argumento do Perigeu (°)	327,636
Área/Massa (m ² /kg)	0,00248
Tempo de Vida na Órbita (calculado) (anos)	Maior que 100
Tempo de Permanência na Órbita (calculado) (anos)	Maior que cem
Último Ano de Propagação	2107

5 CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

Este relatório apresenta o trabalho realizado no período de agosto de 2009 a julho de 2010, bem como a aplicação de dados ao programa DAS 2.0 da NASA. Este foi uma das ferramentas usadas para o desenvolvimento do projeto. Realizamos também um estudo sobre os elementos em duas linhas, bem como a utilização do conversor de elementos em duas linhas do programa DAS 2.0 da NASA.

Após realizar um estudo sobre os elementos em duas linhas, bem como a aplicação desses elementos e a obtenção de alguns dados, aplicamos então esses conceitos a satélites brasileiros, que por estarem muito altos (775 km de altitude) têm pouca variação. No relatório parcial propôs-se um estudo sobre a missão STS, que por falta de dados não se pode fazer.

Com base neste programa, objetiva-se, posteriormente, estudar as propriedades desse processo mais detalhadamente bem como a fragmentação dos satélites, ou corpos, após a sua reentrada na atmosfera terrestre. Assim, será possível analisar os problemas de colisão e interferência dos detritos espaciais com outros objetos encontrados no espaço como satélites, ônibus espaciais, e estações espaciais.

REFERÊNCIAS

GUEDES, U. T.V.; KUGA, H. K.; SOUZA, M.L.O. **Reentradas Atmosféricas**. In: Winter, O.C., Prado, A.F.B.A. (orgs.) *A Conquista do Espaço-do Sputnik à Missão Centenário*. AEB-Livraria da Física Editora, São Paulo, SP, 2007.

HENNIGAN, M., HILLARY, E., OPIELA, J. N., WHITLOCK, D. O. , **Debris Assessment Software Version 2.0 User's Guide**, NASA, Houston, 2007.

KELSO, T.S., *Frequently Asked Questions: Two-Line Element Set Format*. < <http://www.celestrak.com/columns/v04n03/> >. Acessado em 01 de fevereiro de 2010.

KUGA, H.K. **Introdução à Dinâmica Orbital**. INPE, S.J.Campos, 2002.

INPE. Site http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/cbbers1-2_caract.htm acessado em 15/05/2010.