

*all*

1. Classificação INPE-COM.3/RPI C.D.U.: 681.322.1	2. Período	4. Distribuição  interna <input checked="" type="checkbox"/>  externa <input type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor)  GRÁFICOS  PLOTTER		
5. Relatório nº INPE-1943-RPI/029	6. Data Novembro, 1980	7. Revisado por <i>Sau</i> Santiago A. Tavares
8. Título e Sub-Título  SUB-ROTINAS PARA PLOTAGEM DE FUNÇÕES UNI E BIDIMENSIONAIS		9. Autorizado por <i>Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor
10. Setor DSE/DDO	Código	11. Nº de cópias 04
12. Autoria Hélio Koiti Kuga Valdemir Carrara		14. Nº de páginas 23
13. Assinatura Responsável <i>Hélio Kuga</i>		15. Preço
16. Sumário/Notas  <i>Sub-rotinas utilizadas para gerar gráficos foram elaborados tendo em vista crescentes necessidade de ordem prática. Objetiva ainda facilitar ao máximo o acesso ao usuário que são deve se preocupar com os parâmetros de entrada sem necessidade de se conhecer as sub-rotinas de plotagem. Este relatório contém rotinas para plotagem de curvas bidimensionais (2 variáveis) e tridimensionais (3 variáveis) a ser utilizada no "PLOTTER" do computador do "INPE". Permite-se por meio destas a obtenção de gráficos de vários tamanhos tendo como base o padrão A4.</i>		
17. Observações		

## INDICE

ABSTRACT .....	<i>iv</i>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>v</i>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. SUB-ROTINA HCURVA .....	1
2.1 - Variáveis de entrada .....	1
2.1.1 - Por passagem de parâmetros .....	2
2.1.2 - Via COMMON.....	3
2.2 - Exemplos .....	4
3. SUB-ROTINA TRIDIM .....	4
3.1 - Descrição .....	4
3.2 - Exemplo .....	13
3.3 - Exemplo .....	15
3.4 - Exemplo .....	16
4. GENERALIDADES .....	19

## ABSTRACT

*The growing necessity of plotter subroutines inspired this work. The aim is to give easy access to the user, who must worry only with the input parameters and do not need a deep understanding of the plotter subroutines. This report contains routines to plotter bidimensional (two variables) and tree dimensional curves (tree variables) to be used in the plotter of INPE computer. Further more they allow plots of different sizes (the allowed sizes are obtained multiplying the standard A4 by a scale factor).*

LISTA DE FIGURAS

1. Exemplo (a) .....	5
2. Exemplo (b) .....	6
3. Plano e triedro .....	7
4. Angulo de Projeção FI e TETA .....	9
5. Exemplo 3.2 .....	14
6. Exemplo 3.3 .....	16
7. Exemplo 3.4 .....	18

## SUB-ROTINAS PARA PLOTAGEM DE FUNÇÕES UNI E BI-DIMENSIONAIS

### 1. INTRODUÇÃO

Este relatório descreve rotinas elaboradas na Divisão de "DINÂMICA ORBITAL" do Departamento de Sistemas Espaciais, para uso em execução de gráficos via PLOTTER. Foram criadas as rotinas "HCURVA" e "TRIDIM", fazendo gráficos bidimensionais (eixos  $Ox$ ,  $Oy$ ,) e tridimensionais (eixos  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ) respectivamente, devido à crescente necessidade na divisão, que se utilizaria assim do "PLOTTER" instalado no computador BURROGHS 6600/6700 do INPE. A preocupação principal é a obtenção de gráficos de acordo com o padrão interno utilizado, evitando assim o trabalho de adaptação dos gráficos via desenho ou xerox para se ajustar ao padrão.

Aproveitando então algumas sub-rotinas de plotagem do INPE (vide relatório INPE nº 829-NTI/057) fêz-se estas rotinas basicamente para gerar gráficos na dimensão de relatórios padrão utilizados pelo INPE (vide normas internas para gráficos). Por meio de um fator de escala, pode-se no entanto aumentar ou diminuir a dimensão do gráfico. Este fator de escala porém é limitado e não deve ter valor maior que 1,5, fato este devido à limitação do tamanho da folha de plotagem.

### 2. SUB-ROTINA HCURVA

Esta rotina plota gráficos em dois eixos cartesianos ( $Ox$ ,  $Oy$ ) ortogonais entre si.

#### 2.1 - VARIÁVEIS DE ENTRADA

Hã dois tipos de variáveis de entrada utilizados:

- por passagem de parâmetros na chamada da rotina;
- via o comando `COMMON`



Se OVELAP = .TRUE. sobrepõe o gráfico desta chamada ao gráfico anterior.

Se OVELAP = .FALSE. começa novo gráfico com novo par de eixos.

Em OVELAP = .TRUE. certo cuidado deve ser tomado pois o gráfico a ser sobreposto tomará como referência a escala de eixos do gráfico anterior, podendo daí o gráfico produzido não ser satisfatório. Recomenda-se assim que na chamada que fará o primeiro gráfico antes da sobreposição (ou seja, a que calculará a escala dos eixos) os vetores da abcissa e ordenada sejam o que contêm os maiores valores dos vetores.

FINAL - É uma variável lógica:

Se FINAL = .TRUE. O gráfico desta chamada é o último a ser efetuado e a rotina após efetuá-la fechará o "PLOTTER".

Se FINAL = .FALSE. haverá outros gráficos a serem efetuados e portanto o "PLOTTER" continua aberto.

### 2.1.2 - VIA COMMON

Por meio do comando não executável

COMMON/TITULO/TIT (4), TB, LTIT

a rotina permite opcionalmente colocar um rápido comentário dentro do gráfico.

TIT - Vetor alfanumérico de 4 posições (24 caracteres) que contêm o comentário ou adendo sobre o gráfico.

TB - Um valor numérico se houver

LTIT - Variável lógica que deve ser .TRUE. se esta opção COMMON for usada.

Outra opção existente é

COMMON/PAGINA/PAG, cuja variável PAG imprime seu valor absoluto na parte superior à direita (se positiva) ou na parte inferior à direita (se negativa). Pretende ser um paginador do gráfico, e a variável PAG deve ser manipulado no programa que chama este sub-rotina.

## 2.2 - EXEMPLOS

- a) Este gráfico Figura (1) é do tipo simples sem sobreposição e sem uso do COMMON onde se identifica:

TEXTO 1 = CURVA RATIO x HEIGHT

TEXTO 2 = HEIGHT H KILOMETERS

TEXTO 3 = SPEED RATIO S

- b) Este gráfico Figura (2) é do tipo sobreposto com uso da opção COMMON onde a curva 1 escolheu a escala de eixos utilizada. I dentifica-se:

TEXTO 1 = CALCULO DO COEF. ARRASTE

TEXTO 2 = RELAÇÃO DE SPEED S

TEXTO 3 = COEFICIENTE DE ARRASTE

TIT = ANGULO DE ATAQUE ALFA =

TB = 5.0

## 3. SUB-ROTINA TRIDIM

### 3.1 - DESCRIÇÃO

A complexidade dos problemas da engenharia espacial, e o grande número de variáveis envolvidas, obrigou-nos a desenvolver uma sub-rotina traçadora de gráficos de 3 variáveis, dando assim uma idéia de superfícies tridimensionais.

COMMON / (4) T1(4)

T1(1) = "CURVA "

T1(2) = "RATIO "



CURVA RATIO S X HEIGHT

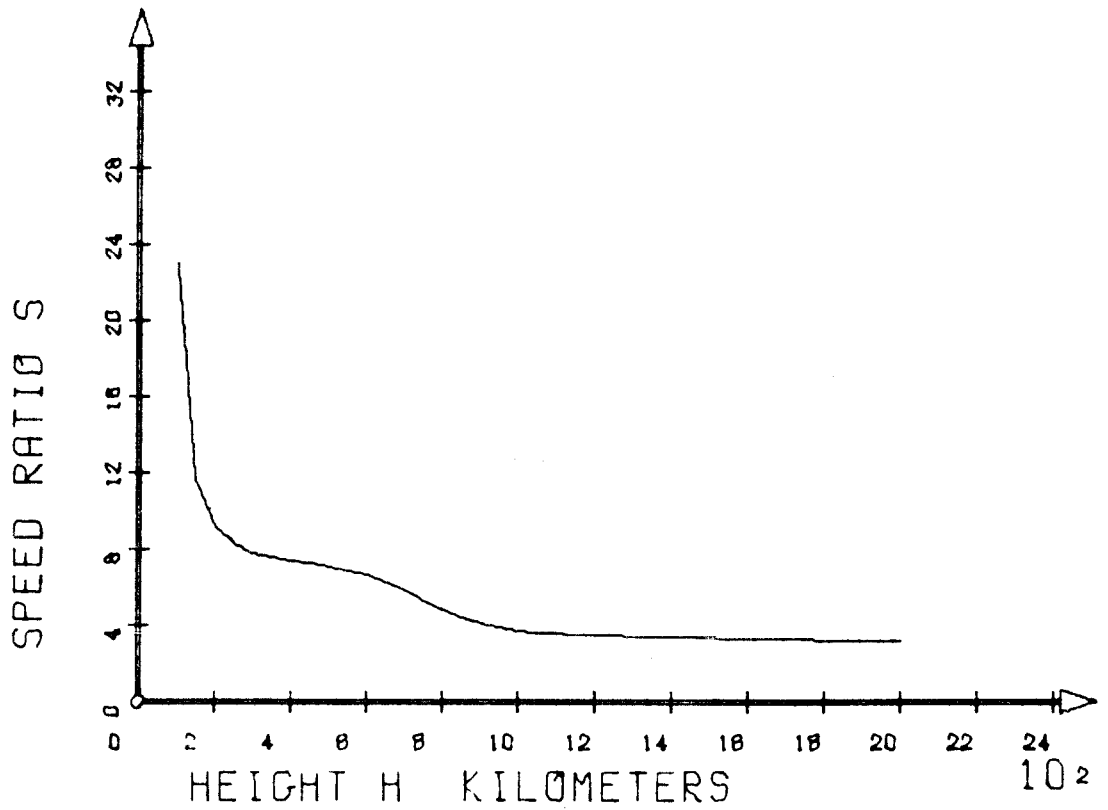
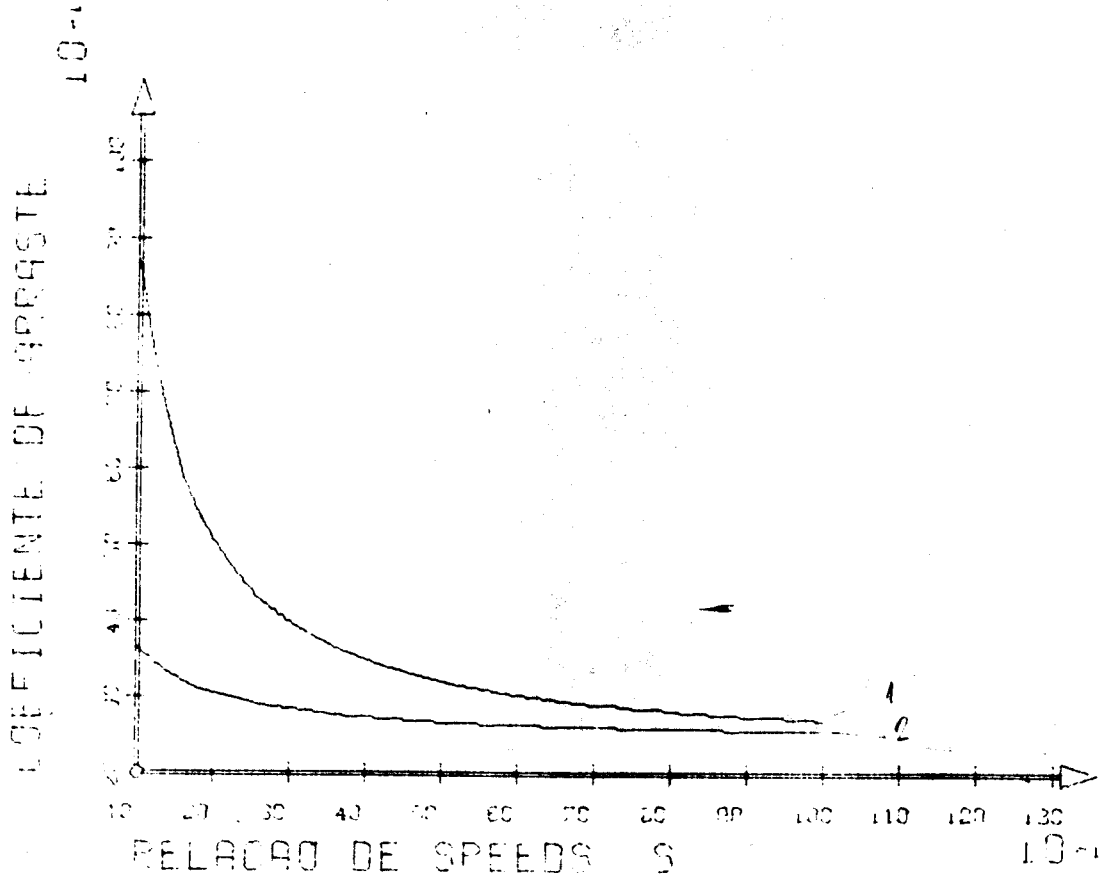


Fig. 1 - Exemplo (a)

CALCULO DO COEF. ARRASTE



ANGULO DE ATAQUE ALFA = 5.000

Fig. 2 - Exemplo (b)

A sub-rotina TRIDIM (FORTRAN) projeta no plano do papel os pontos em 3 coordenadas ( $X_i, Y_i, Z_i$ ) dados em relação a um triedro de referência. A projeção é feita em retas perpendiculares ao plano, mas a orientação do triedro em relação a este plano é variável de acordo com a direção de projeção desejada (Figura 3).

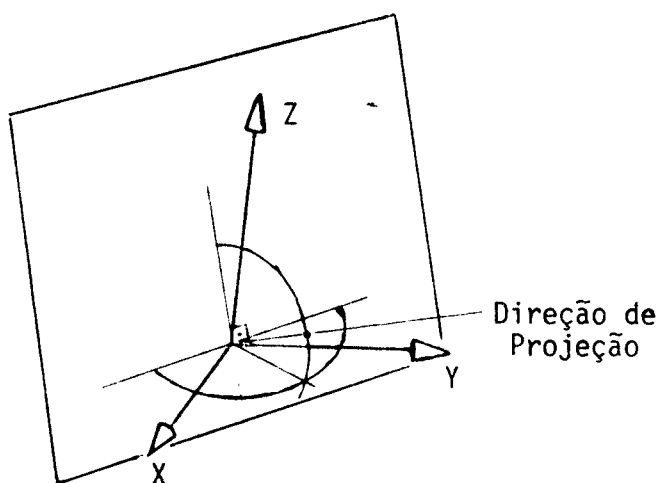


Fig. 3 - Plano e Triedro

Isso permite que a mesma curva possa ser observada sob diferentes ângulos, facilitando a visão espacial e dando condições para se determinar o melhor ponto de projeção.

O valor numérico das coordenadas dos pontos poderá ser qualquer pois a sub-rotina ajusta sua escala de forma que a curva seja a maior possível.

Dependendo do valor de uma certa variável de entrada, a sub-rotina TRIDIM traça um outro tipo de gráfico onde a abcissa X e a ordenada Y estão no plano do papel, e a componente Z irá se adicionar a X, deslocando a forma traçada. Neste caso, a leitura dos valores é mais fácil, já que a sub-rotina numera automaticamente as curvas de nível em X e Z. Note, portanto que este tipo de gráfico necessita sempre que os vetores estejam na forma de curvas de nível, ou seja, uma série de pontos formando curvas em planos paralelos a  $XY(Z=cte)$ , ou  $ZY(X=cte)$ . Os pontos das curvas no entanto podem estar alinhados, com uma

curva após a outra, pois a cada mudança no valor da variável que deve rã se manter constante ao longo da curva de nível, a pena traçadora se levantará.

Ao contrário do caso anterior, com eixos projetados, aqui uma variação do valor da escala, não provoca a variação do espaçamento entre as divisões de cada eixo, que continuam em centímetros.

A chamada da sub-rotina deve ser na forma:

```
CALL TRIDIM (NP, X, Y, Z, FI, TETA, ESC, TX, TY, TZ, TIG, IVINC,  
LFIM)
```

onde:

NP - Índice do último ponto dos vetores a ser plotado.

X - Vetor que contém os pontos da coordenada x.

Y - Vetor que contém os pontos da coordenada y.

Z - Vetor que contém os pontos da coordenada z.

Dessa forma, a posição de um ponto  $P_i$  é dado por:

$$P_i = (X_i, Y_i, Z_i) = (X(I), Y(I), Z(I))$$

FI - é o ângulo em graus no plano XY, medido a partir do eixo X, do plano vertical que contém a direção de projeção. Assume valores de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  (Figura 4).

TETA - ângulo em graus, medido no plano vertical definido pelo ângulo FI, compreendido entre o plano XY e a direção de projeção. Varia de  $-90^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  e é positivo no semiespaço de Z positivo (Figura 4).

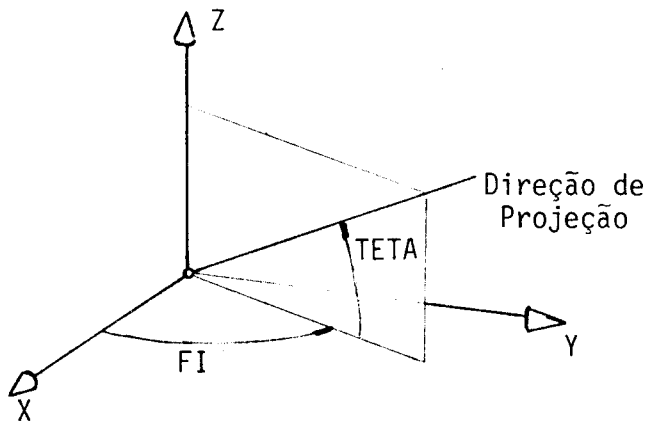


Fig. 4 - ângulo de projeção FI e TETA

ESC - é o fator de escala de toda figura traçada. Quando unitário o formato é A4 (para relatórios).

TX - é um vetor alfanumérico de 4 posições (24 caracteres, portanto) que contém o título do eixo X.

TY - idem para o eixo Y.

TZ - idem para o eixo Z.

TIG - título da curva a ser traçada

IVINC - é um número inteiro que determina o modo que será traçada a curva.

IVINC = 1 - Usado para traçar curvas em planos paralelos a YZ. Cada vez que o vetor X alterar seu valor com relação ao valor anterior, a pena tracadora será levantada e os pontos não ficarão portanto unidos por um traço.

IVINC = 2 - usado para traçar curvas em planos paralelos a XZ.

IVINC = 3 - Usado para traçar curvas em planos paralelos a XY.

IVINC = 4 - Neste caso, a pena não será levantada enquanto não se completar o gráfico.

IVINC = 5 - A pena será levantada se a coordenada  $Z(Z(I))$  for igual ao último ponto da mesma coordenada ( $Z(NP)$ ).

IVINC = 6 - Se a coordenada  $Z(Z(I))$  for igual à variável TEPU (ver COMMON/PULAR) o ponto em questão não será traçado e a pena se levantará.

IVINC = 11 - Com esse valor de IVINC, os eixos traçados terão outro formato, sendo agora ortogonais com a abcissa dada pelo valor de Y. O dígito da unidade (1), da mesma forma que no caso anterior, indica que serão traçados curvas em planos paralelos a XY. Como nesse caso, a definição de FI e TETA feita anteriormente, não teria utilidade, estes assumem aqui a seguinte significação:

FI - é a relação entre comprimento do eixo X e do eixo Z. Computacionalmente, está limitado entre os valores .143 (comprimento máximo do eixo Z) e 7. (comprimento máximo do eixo X). O valor de FI deverá ser ajustado à configuração de cada curva de modo a se obter uma boa identificação das curvas de nível. Um bom valor inicial deverá estar compreendido entre 3 e 5.

TETA - O valor de TETA irá controlar a numeração, segundo o próprio valor da variável constante, de cada curva de nível. Esta numeração, com uma casa decimal poderá ser:

TETA = 1. As curvas de nível são numeradas no início de sua tracagem (próximo ao primeiro ponto traçado)

TETA = 2. A numeração é feita ao término da tracagem de uma curva de nível.

TETA = 3. As curvas são numeradas no início e no fim.

TETA = 4. Não há numeração das curvas. Qualquer ou outro valor de TETA será compreendido como sendo unitário.

IVINC = 12. Da mesma forma que o anterior, com a diferença que agora as curvas deverão estar em planos paralelos a ZY.

IVINC = -1, -2, -3, -4, -5, -6, -11, -12, idem aos anteriores com relação ao valor absoluto. O sinal negativo indica que o gráfico em questão deverá ser superposto, não haverá nova traçagem de eixos, títulos, etc., e os valores dos ângulos de direção, escala e títulos serão ignorados, exceto o valor de TETA para IVINC = -11 ou -12.

LFIM = Variável lógica que comanda a parada da traçagem. Deve ser falsa durante toda execução do programa exceto na última chamada da sub-rotina.

É possível, através de comandos `COMMON`, introduzidos no subprograma de chamada da sub-rotina TRIDIM, obter-se entradas alternativas que são:

`COMMON/TITULO/TIT, TB, LTIT`

O gráfico terá nesse caso, um título opcional e a definição do parametro constante TB.

TIT - Vetor alfanumérico de 4 posições (24 caracteres) que contém o título opcional, de definição do parametro TB (constante para aquele gráfico).

TB - Variável cujo valor será colocado ao lado de TIT (com um algarismo decimal).

LTIT - Variável lógica que se verdadeira provoca a traçagem do título opcional.

CØMMØN/EIXØS/LEIXØ

LEIXØ - Variável lógica que se verdadeira suprime a traçagem dos eixos.

CØMMØN/PULAR/TEPU

TEPU - Variável cujo valor será comparado aos pontos do vetor Z, se IVINC = 6 ou -6. Quando forem iguais o ponto será pulado e pena passará do ponto anterior ao posterior levantada.

CØMMØN/PAGINA/PAG

PAG - Variável que quando diferente de zero produz a impressão de seu valor absoluto no alto do gráfico (se positiva) ou em baixo (se negativa).

CØMMØN/GRAFIC/NGRA - Usado para se numerar o gráfico

Se NGRA for diferente de zero, será inscrito "GRAFICO NGRA", ao p da quadratura.

CØMMØN/CURVAS/NIVEL

Se IVINC = 11 ou 12. a definio da variável NIVEL = 1, irá deslocar o gráfico traçado de forma que quando o valor de vetor Y se aproxime do seu valor na origem, a curva se aproxime de seu valor real no eixo X, facilitando de certo modo a leitura, embora provoque grandes distorções no gráfico. Para contornar esse problema  aconselhável utilizar altos valores de FI (próximos a 7.).

CØMMØN/POSOLS/RAIO, ALFA, BETA

Se o valor de RAIØ for diferente de zero, a projeo não será mais feita em retas paralelas, pependiculares ao plano de projeo, mas sim de um ponto dado por suas coordenadas polares RAIØ, ALFA e BETA, em relao ao triedro XYZ. Note que os valores de ALFA e BETA, definidos da mesma forma que FI e TETA, não necessariamente deverão serem iguais a eles, pois estes últimos darão ago



ra a posição da normal do plano de projeção em relação ao triedro, e os primeiros a posição do ponto de projeção. O valor de RAI0 de verá estar em centímetros e nunca inferior a 17 cm, para evitar distorções acentuadas nas curvas projetadas.

Como nesse caso, qualquer leitura numérica seria complicada devido ao tipo de projeção, os eixos serão suprimidos, e só se terá uma visão espacial da curva.

### 3.2 - EXEMPLO

Na Figura 5 mostramos um exemplo de utilização da sub-rotina TRIDIM. As variáveis de entrada na primeira chamada assume os valores:

NP = 81

X, Y, Z = Vetores contendo os pontos a serem traçados

FI = 30

TETA = 30

ESC = 1.

TX = ANG. ATAQUE ALFA. GRAUS

TY = ALTIT. DØ SATELITE. KM

TZ = CØF DE ARRASTE CD

TIG = CØEFICIENTE DE ARRASTE

IVINC = 1

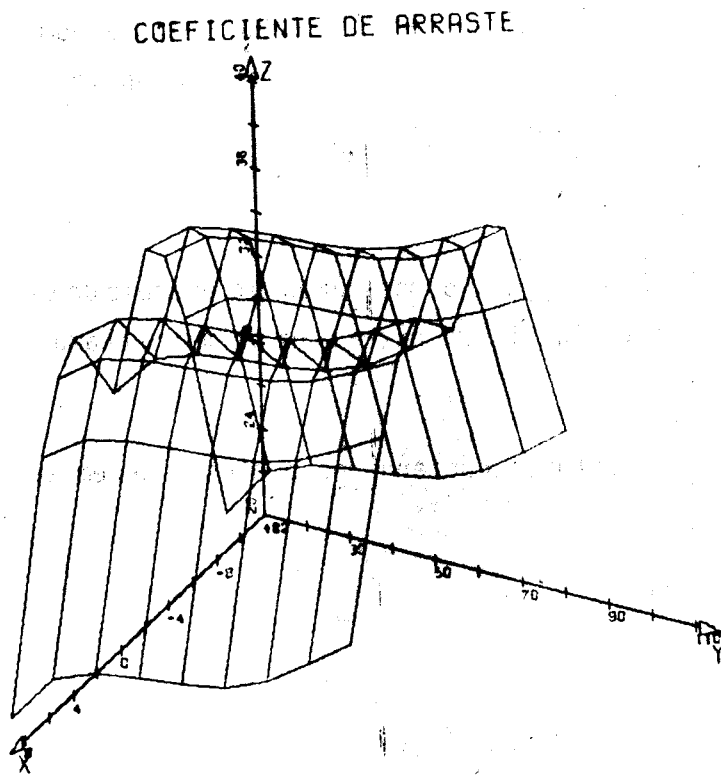
LFIM = .FALSE.

LTIT = .TRUE.

TB = 22.5

TIT = ANG. ROTAÇÃO BETA. GR =

Nesta chamada a sub-rotina enquadró o gráfico, escreveu os títulos, traçou os eixos e as curvas nos planos paralelos a YZ.



X-ANG. ATAQUE ALFA .GRAUS.  $\times 10^1$   
Y-ALTIT. DO SATELITE .KM.  $\times 10^1$   
Z-COEF. DE ARRASTE CD  $\times 10^{-1}$

ANG. ROTACAO BETA .GR. =22.5

Fig. 5 - Exemplo 3.2

Na segunda chamada foram mudados os valores de:

NP = 81

X, Y, Z - a ordem dos pontos em cada vetor foi alterado

IVINC = - 2

Como IVINC é negativo, este gráfico irá se superpor ao anterior, e portanto os valores de FI, TETA, ESC, TX, TY, TZ e TIG podem ser quaisquer. As curvas serão traçadas em planos paralelos a XZ.

LFIM = .FALSE. pois este não foi o último gráfico traçado durante a execução do programa.

### 3.3 - EXEMPLO

Na Figura 6 indica-se outro exemplo de utilização, agora com IVINC = 11 e 12. Na primeira chamada, temos os valores :

NP = 81

X - Vetor que permanece constante durante nove elementos seguidos correspondentes a cada curva de nível

V - Vetor da ordenada

Z - Vetor que irá deslocar o valor de X

FI = 5

TETA = 2

ESC = 1.

TX = RAZÃO DE VELOCIDADES S

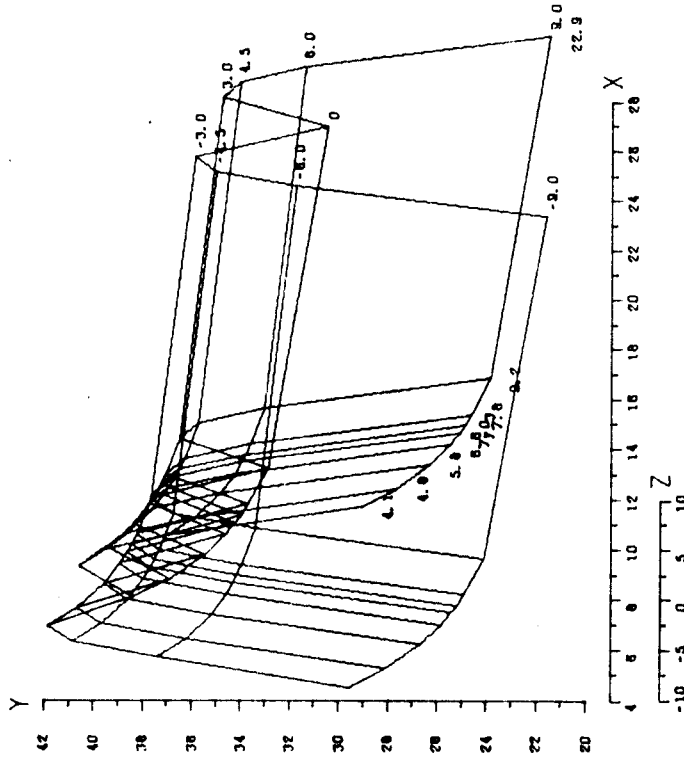
TY = COEFICIENTE DE ARRASTE CD

TZ = ANG. ATAQUE ALFA. GRAUS.

TIG = COEFICIENTE DE ARRASTE

IVINC = 11

COEFICIENTE DE ARRASTE



X-RAZAO DE VELOCIDADES S  $\times 10^0$   
Y-COEF. DE ARRASTE  $C_D \times 10^{-1}$   
Z-ANG. ATAQUE ALFA .GRAUS.  $\times 10^1$

ANG. ROTACAO BETA .GR. =0

Fig. 6 - Exemplo 3.3

LFIM = .FALSE.

LTIT, TB e TIT iguais ao exemplo anterior

Nesta chamada a sub-rotina enquandrou o gráfico, escolheu a escala e origens dos eixos, escreveu os títulos e os eixos e finalmente traçou curvas em planos paralelos a ZY.

Na segunda chamada foi alterado:

X - Vetor que irá compor a abcissa

Y - Vetor dos pontos da ordenada

Z - Vetor que permanece constante durante nove elementos seguidos correspondentes a cada curva de nível.

TETA = 1

IVINC = -12

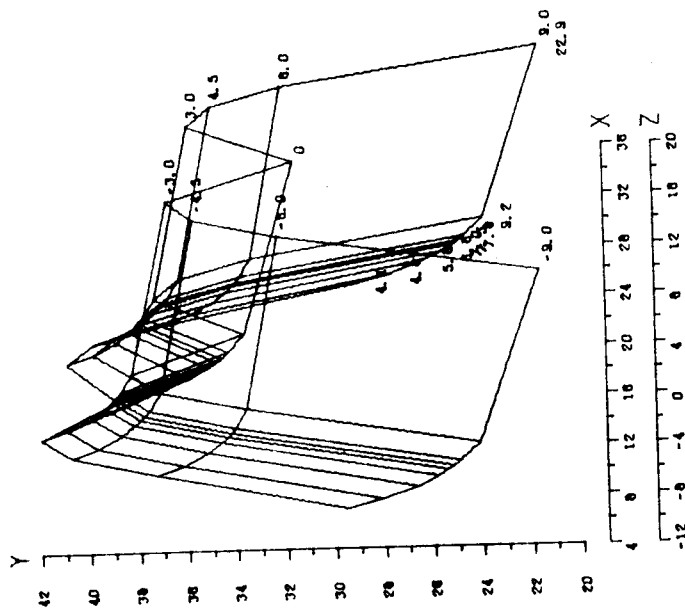
LFIM = .FALSE. não foi portanto o último gráfico traçado.

Agora a sub-rotina traçou curvas em planos paralelos a XY, fechando assim a grade que determina a superfície.

### 3.4 - EXEMPLO

Na Figura 7 é mostrado um gráfico bastante semelhante ao anterior, onde foi mudado o valor de FI, que agora é unitário. Note que surgiu um grande espaço em branco à direita do gráfico. Isso significa que o valor de FI não está bem escolhido. De fato, na escala do eixo Z nota-se a origem fixada a  $-120^0$  e o máximo valor no eixo é  $200^0$ , enquanto que Z varia de  $-90^0$  a  $90^0$ , ou seja, há uma relativa sobra de espaço devido à necessidade de se ter incrementos inteiros e iguais a 1, 2, 4 e 5 nas divisões dos eixos. Portanto uma pequena variação de FI em torno da unidade deverá provocar um incremento diferente e que melhor se adapte à curva desejada, de forma a ocupar melhor o espaço disponível.

COEFICIENTE DE ARRASTE



X-RAZAO DE VELOCIDADES S  $\times 10^0$   
Y-COEF. DE ARRASTE CD  $\times 10^{-1}$   
Z-ANG. ATAQUE ALFA .GRAUS.  $\times 10^1$

ANG. ROTACAO BETA .GR. = -22.5

Fig. 7 - Exemplo 3.4

#### 4. GENERALIDADES

As sub-rotinas estão transcritas em linguagem FORTRAN do BURROUGHS 6600/6700, e estão arquivadas na discoteca do INPE (user ORBITAL) sob o nome GRÁFICOS. Deve portanto ser usado no programa principal o programa BINDER

```
$ SET AUTO BIND
```

```
$ BIND = FROM GRÁFICOS, SUBROTINAS/ALGOLPLOTTER antes do primeiro comando não executável. Deverá constar também de um cartão
```

```
? FILE PLOT2 (KIND = TAPE 9, MAXRECSIZE = 450, SAVE FACTOR = 1,  
SERIAL NO = " -----");
```

antes do cartão ? DATA, onde entre as aspas da definição de SERIAL NO deverá ser inscrito o nome da fita requisitada (por exemplo, SERIAL NO= "FE0001") para gravação da plotagem.