

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

"CÁLCULO DE ESFORÇOS EM ESTRUTURAS
TRIDIMENSIONAIS DE EDIFÍCIOS ALTOS
UTILIZANDO MICROCOMPUTADORES"

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
"Mestre em Engenharia de Estruturas".

Eng^a. MARA REGINA PAGLIUSO RODRIGUES
ORIENTADOR: Prof^a.Dr^a. HELENA MARIA CUNHA DO CARMO ANTUNES

São Carlos, Novembro de 1992

AOS MEUS PAIS,

AO MEU MARIDO FERNANDO

E AO MEU FILHO FERNANDO JOSÉ.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Helena M.C. Carmo Antunes, que com sua orientação segura tornou possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Leandro Palermo Jr. pelos ensinamentos e incentivo.

Ao meu marido Fernando pela colaboração e apoio constante; ao meu filho Fernando José cuja presença é estímulo.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

À Secretaria do Departamento de Estruturas da E.E.S.C. pelas atenções recebidas em inúmeras ocasiões.

Aos amigos Marco Antonio Fernandes, Rosane Battistelle e Arnola Cecília Rietzler pelo incentivo.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo a determinação dos deslocamentos e dos esforços em estruturas de edifícios constituídos por vigas e pilares com posições relativas quaisquer, submetidos a carregamentos verticais e laterais.

O trabalho considera a excentricidade do eixo do pilar devido a variação da seção transversal ao longo dos andares.

Em planta, as vigas conectadas a um determinado pilar poderão ou não ter seus eixos passando pelo centro de gravidade do referido pilar.

Admitiu-se a existência de lajes funcionando como diafragmas horizontais no nível de cada piso.

A análise é feita pelo processo dos deslocamentos, com a técnica de subestruturas.

É apresentado um programa para computador desenvolvendo-se um processo para o tratamento da matriz de rigidez através de armazenamento de cada andar, por bloco, de maneira a ocupar o mínimo de espaço na memória central.

Nas estruturas analisadas, a programação desenvolvida revelou-se eficiente quanto aos tempos de processamento e quanto à precisão dos resultados obtidos.

ABSTRACT

The present work aims to show the determination of stress and strains in buildings with beams and columns with any relative positions submitted to vertical and lateral loadings.

It is possible to take into account exentricities along the axis of the columns.

Exentricities between beams and columns are possible as well.

The existence of slabs working like diaphragms in the level of each floor is admitted.

The analysis is made by the displacements method.

A computer program is presented; it was developed a process for the treatment of the stiffness matrix through storage of each floor, by blocks, in order to use the minimum space in the memory.

In the examples of analysed structures the developed program proved to be efficient considering the processing times and the precision of the results.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	01
1. - INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 2	04
2. - MODELO ESTRUTURAL	04
2.1 - HIPÓTESES	04
2.2 - SISTEMA DE REFERÊNCIA GLOBAL	05
2.3 - GRAUS DE LIBERDADE DOS NÓS DA ESTRUTURA	06
2.4 - ELEMENTOS ESTRUTURAIS	08
2.4.1 - Vigas	08
2.4.2 - Pilares	08
2.5 - APOIOS	08
2.6 - SOLICITAÇÃO EXTERNA	09
CAPÍTULO 3	10
3. - CARACTERÍSTICAS DOS DIVERSOS ELEMENTOS	10
3.1 - CARACTERÍSTICAS DAS VIGAS	10
3.1.1 - Sistema de referência local	10
3.1.2 - Graus de liberdade	10
3.1.3 - Matriz de rigidez	11
3.1.4 - Esforços de engastamento perfeito	12
3.2 - CARACTERÍSTICAS DOS PILARES	17
3.2.1 - Sistema de referência local	17
3.2.2 - Graus de liberdade	17
3.2.3 - Matriz de rigidez	18

CAPÍTULO 4	20
4. -TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE REFERENCIA	20
4.1 - VIGAS	20
4.1.1. - Relações geométricas em planta	20
4.1.2. - Matriz de translação	22
4.1.3. - Matriz de rotação para os deslocamentos ...	23
4.1.4. - Matriz de rotação para os esforços	25
4.1.5. - Equações que relacionam esforços e deslocamentos no sistema global	26
4.2. - PILARES	28
4.2.1. - Relações geométricas	28
4.2.2. - Matriz de translação	31
4.2.3. - Matriz de rotação	33
4.2.4. - Equações que relacionam os esforços e deslocamentos no sistema global	35
CAPÍTULO 5	37
5. - ANÁLISE DA ESTRUTURA.....	37
5.1 - PROCESSO DE ANÁLISE	37
CAPÍTULO 6	41
6. - CÁLCULO DOS ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS	41
6.1 - Vigas	41
6.2 - Pilares	41
6.3 - Reações de Apoio	42
CAPÍTULO 7	44
7. - ESTRUTURAÇÃO DO PROGRAMA	44
7.1. - Sub Programas	44
7.2. - Manual de Utilização	46

CAPÍTULO 8	57
8.1 - LISTAGEM DO PROGRAMA	57
CAPÍTULO 9	94
9. - EXEMPLOS DE ANÁLISE DE ESTRUTURA	94
CAPÍTULO 10	158
10. - CONCLUSÕES	158
CAPÍTULO 11	159
11. - BIBLIOGRAFIA	159

1.- INTRODUÇÃO

A tendência moderna de construir edifícios cada vez mais altos e esbeltos, exige um estudo profundo de sua segurança.

As solicitações devidas à ação do vento, importantes em edifícios correntes, à medida que os edifícios vão aumentando sua altura passam a ser fundamentais no comportamento do edifício.

A análise tridimensional de estruturas de edifícios, sob a ação de forças horizontais supostas estáticas, pode ser feita através de processos contínuos ou discretos.

Neste trabalho será utilizado um processo discreto, que conduz a sistemas lineares com elevado número de incógnitas, exigindo para a solução a utilização de computador. Com a finalidade de diminuir o número de incógnitas nesse processo e melhor representar o comportamento do conjunto, admitiu-se a laje trabalhando como diafragma, isto é, infinitamente rígida em seu plano e com rigidez transversal nula.

Dentre os processos discretos que utilizam lajes trabalhando como diafragmas citam-se os seguintes :

1. Os que consideram apenas os deslocamentos de andar.

Esses processos desprezam as interações verticais dos painéis, considerando apenas os deslocamentos de andar; consideram como incógnitas, em cada andar, duas translações e uma rotação em torno do eixo vertical.

Sendo NA o número de andares, obtém-se um sistema de $3 \times NA$ equações lineares. Os resultados obtidos são aceitáveis quando existem pilares nas interseções dos painéis e quando a esbeltez do edifício for moderada⁽²⁾.

2. Os que consideram o deslocamento vertical dos nós.

Esses processos consideram as interações verticais dos painéis, levando em conta os deslocamentos verticais nas suas interseções; cita-se o apresentado por Stamato e Stafford-Smith⁽³⁾.

Este processo supõe "i" interseções entre painéis e o número de incógnitas por andar $(i+3)*NA$; Soriano⁽⁴⁾ aplicou as hipóteses de Stamato e Stafford-Smith⁽⁹⁾ no tipo de estrutura analisado por Weaver e Nelson⁽⁴⁾ de modo a baixar o número de incógnitas por andar, de $3p+3$ para $p+3$, onde p é o número de pilares.

3. Os que consideram três deslocamentos por nó.

Esses processos consideram as interações verticais dos painéis, admitindo três deslocamentos por nó. Cita-se o apresentado por Weaver e Nelson⁽⁴⁾, onde são considerados três deslocamentos por nó, cujo andar tipo é formado por uma malha retangular de vigas, que se interceptam nos eixos verticais dos pilares. Essa solução inclui os efeitos de todos os deslocamentos nodais independentes possíveis. Devido a sua generalidade, este processo permite que se considere não apenas carregamentos laterais, como também verticais. Em cada andar, as translações horizontais consideradas são colocadas em função dos três deslocamentos de corpo rígido da laje. Sendo NN o número de nós em planta, obtém-se um sistema de $NA*(3*NN+3)$ equações lineares.

O presente trabalho desenvolve este último processo e apresenta um programa para computador com características que serão descritas nos capítulos subsequentes.

A técnica de análise adotada é a do processo dos deslocamentos em forma matricial.

No capítulo dois é apresentada a idealização e numeração da estrutura, e a solicitação externa.

No capítulo três são apresentadas as propriedades e rigidezes dos elementos, e os esforços de engastamento perfeito.

No capítulo quatro é apresentada a transformação do sistemas de coordenadas.

No capítulo cinco é apresentado o método de análise da estrutura.

No capítulo seis é apresentado o cálculo dos esforços nas extremidades dos elementos.

No capítulo sete é apresentada a estruturação e o manual de utilização do programa.

No capítulo oito é apresentada a listagem do programa.

No capítulo nove são apresentados exemplos de análise de estrutura.

No capítulo dez são apresentadas as conclusões.

No capítulo onze é apresentada a Bibliografia.

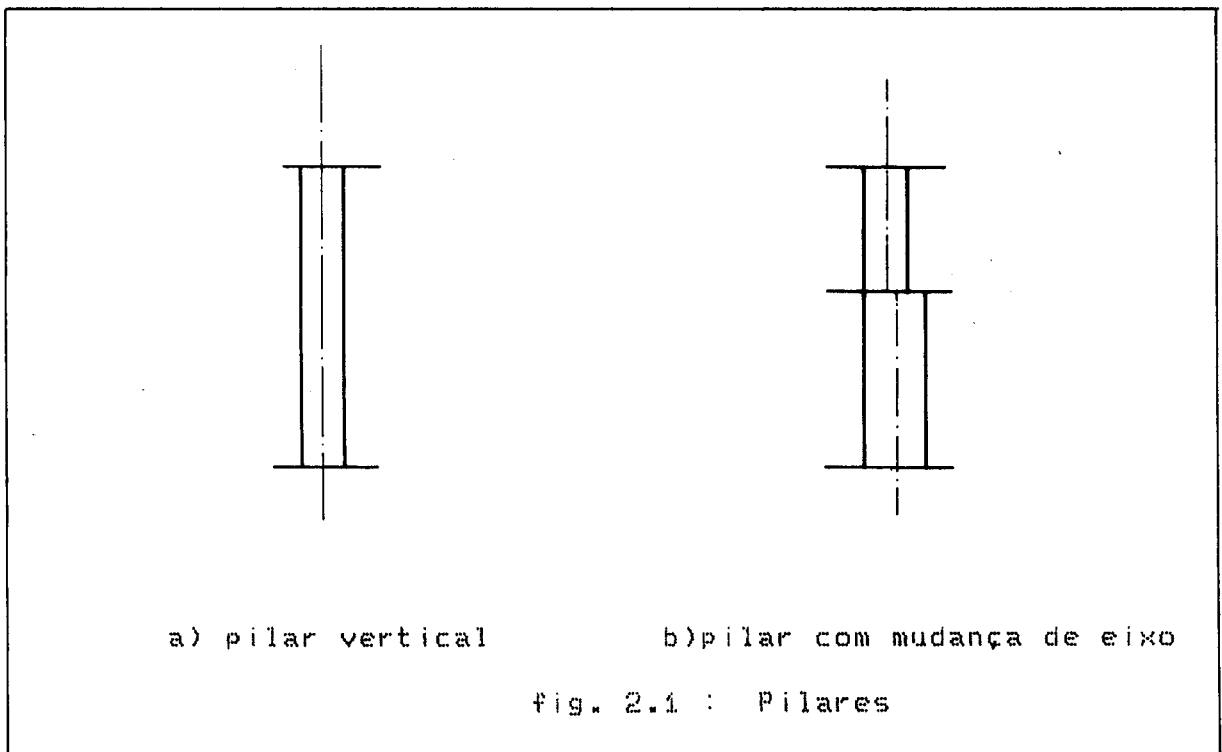
2.- MODELO ESTRUTURAL

2.1 - HIPÓTESES

O modelo estrutural é constituído por barras, representando vigas e pilares, conectadas através de suas extremidades em pontos nodais. A posição de uma barra é definida pela linha que passa pelos centros de gravidade das seções transversais do elemento estrutural por ela representado. É relevante observar que:

a) uma viga qualquer é considerada como contida no plano horizontal correspondente ao nível do andar a que pertence. As posições relativas desses elementos em um determinado andar podem ser quaisquer. Seus extremos podem coincidir com pontos nodais ou estarem excêntricamente conectados aos mesmos de modo a representar vigas unidas a pontos quaisquer das bordas de pilares de grandes dimensões transversais.

b) Um pilar qualquer interpõe-se a dois andares contíguos. Seus extremos também podem ser excêntricos em relação aos pontos nodais da estrutura, isto é, podem ocorrer possíveis mudanças da posição do eixo do pilar devido a variação da seção transversal ao longo do edifício. A disposição dos pilares em planta é livre, e não se exige sua continuidade de um pavimento para outro.



c) As lajes são consideradas como diafragmas, ou seja, são infinitamente rígidas em seus planos e com rigidez nula fora do seu plano.

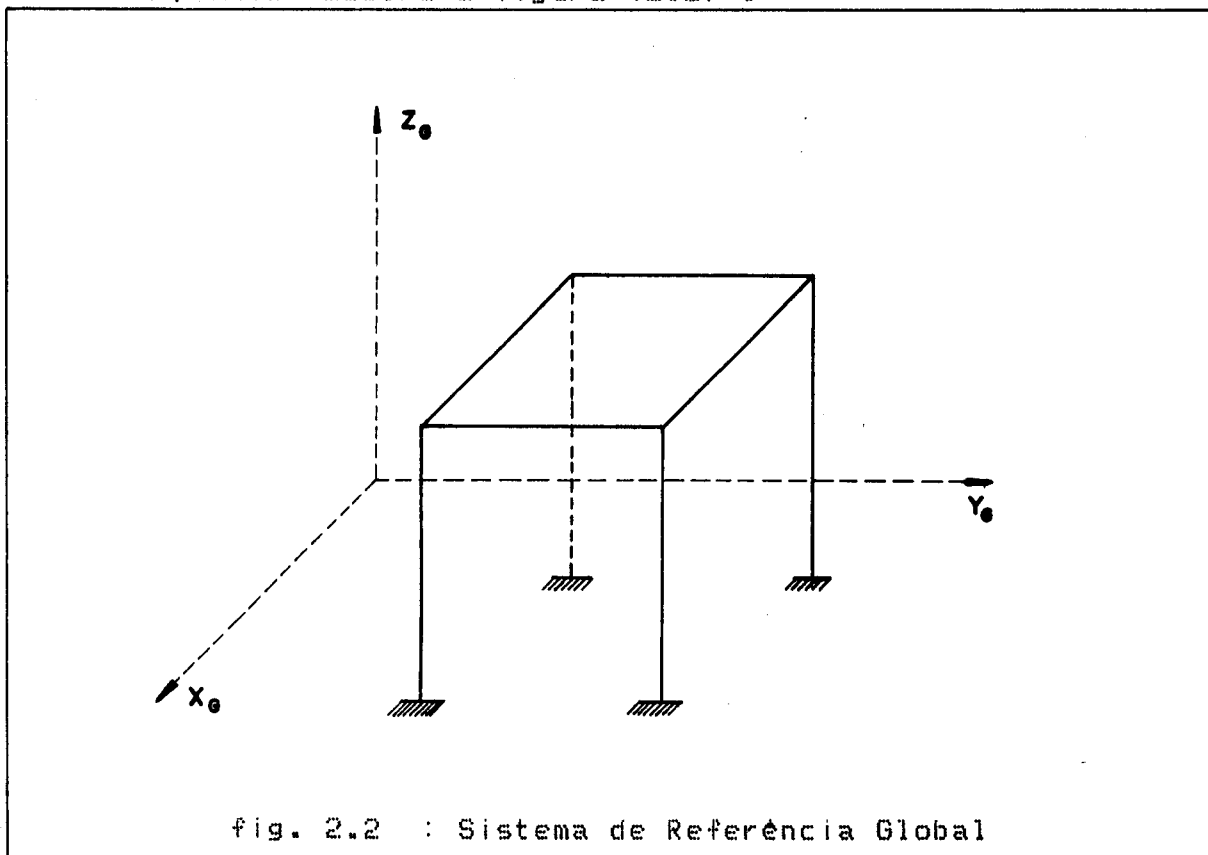
d) São válidas as hipóteses relativas ao comportamento elástico-linear dos materiais.

e) Será utilizado apenas o processo discreto, que considera três deslocamentos por andar, somados aos três remanescentes de cada nó, conduzindo a um sistema de equações lineares. O andar tipo é formado por uma malha de vigas interceptadas por pilares. Nessa solução, são incluídos os efeitos de todos os deslocamentos nodais. Em cada andar são consideradas como incógnitas três deslocamentos independentes por nó e os três deslocamentos de corpo rígido da laje. Sendo NND o número de nós em planta, obtém-se um sistema de $NA(3*NND+3)$ equações lineares.

f) Nos cálculos de pilares a torção plana considerada é a de Saint Venant.

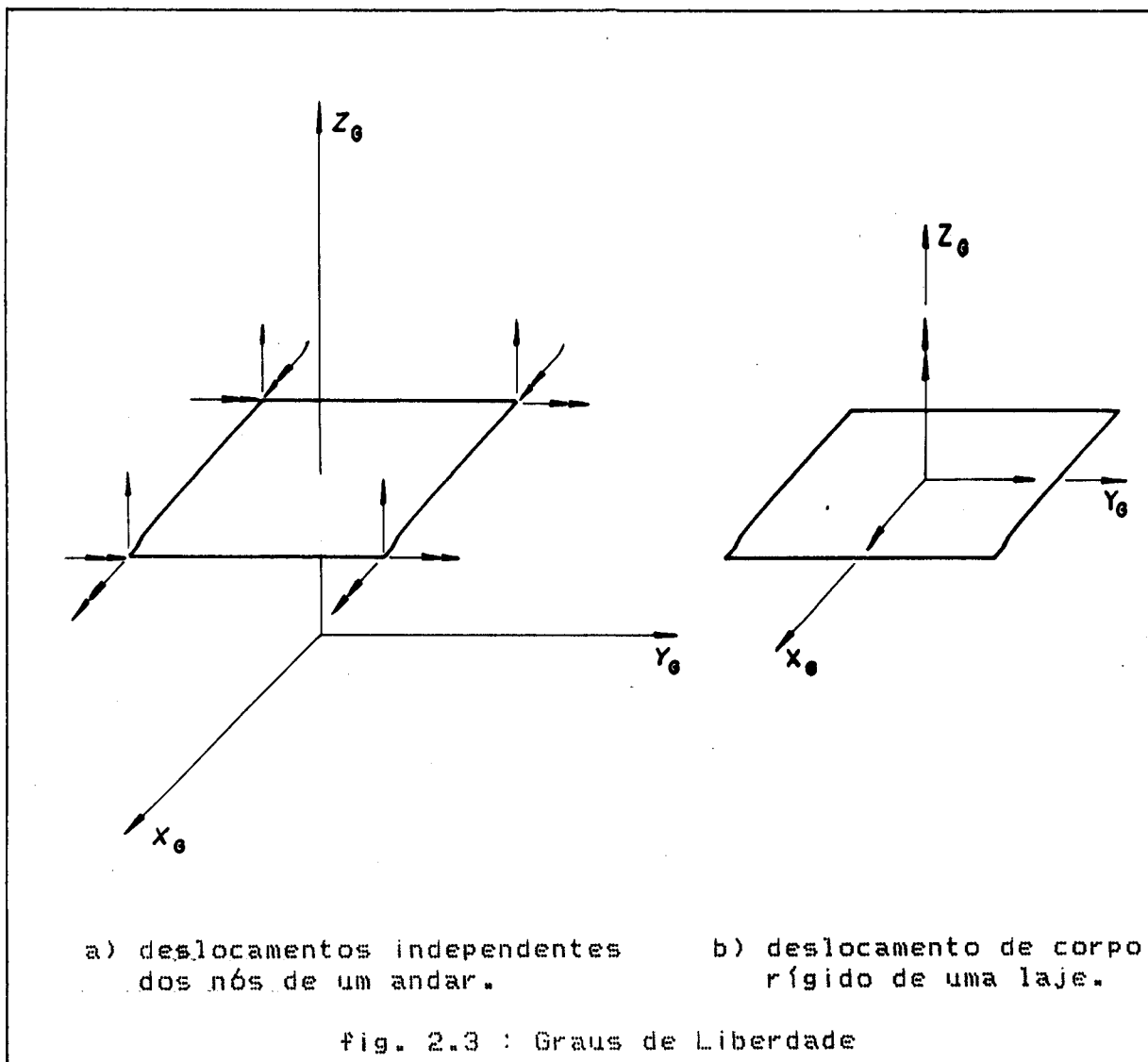
2.2 - SISTEMA DE REFERENCIA GLOBAL

Para a análise dos deslocamentos da estrutura e das reações de apoio, será adotado um sistema de referência X_0 , Y_0 e Z_0 , com origem em um ponto qualquer da base da estrutura, como mostra a figura (2.2).



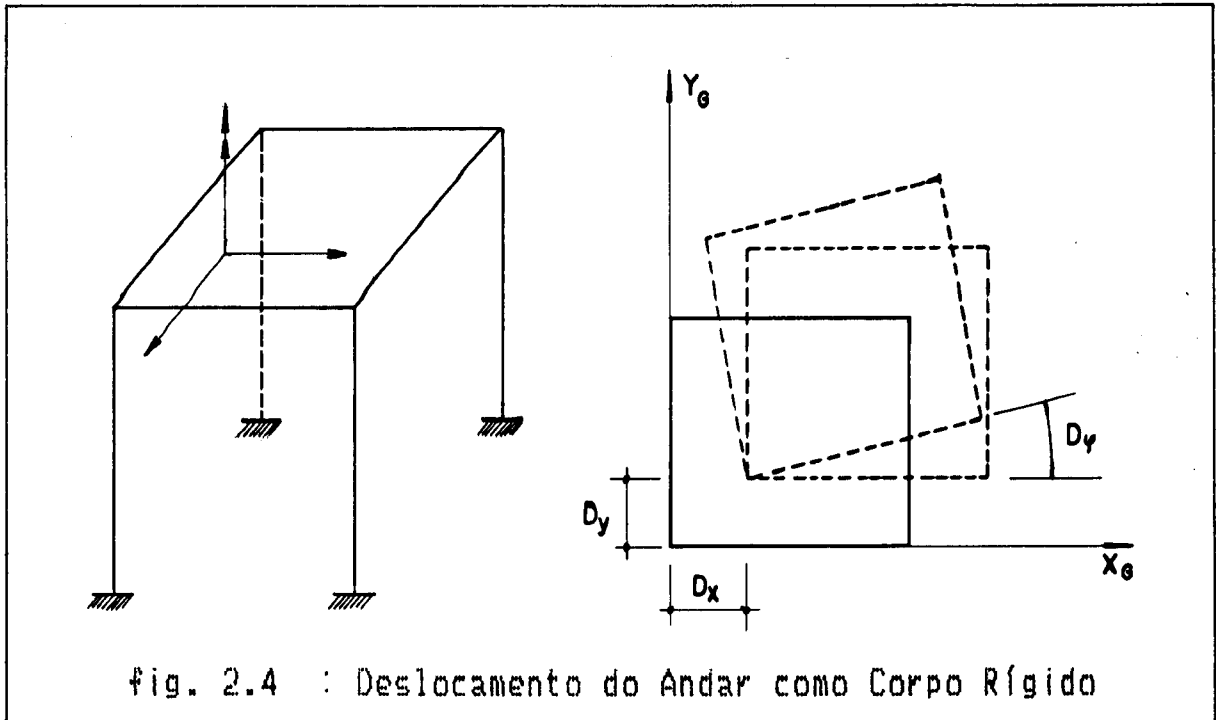
2.3 - GRAUS DE LIBERDADE DOS NÓS DA ESTRUTURA

Com a hipótese de lajes trabalhando como diafragmas tem-se na fig. (2.3) um esquema dos graus de liberdade considerados para os deslocamentos.



a) Os três graus de liberdade de cada nó são: uma translação segundo a direção vertical Z_0 e duas rotações nas direções horizontais X_0 e Y_0 . (fig. 2.3.a)

b) Cada laje pode ter duas translações horizontais, nas direções X_0 e Y_0 , e uma rotação segundo o eixo vertical Z_0 , sendo estes três graus de liberdade os correspondentes aos movimentos da laje como um corpo rígido em seu plano. O ponto de referência para a medida desses deslocamentos é a interseção do plano da laje com o eixo Z_0 . (fig. 2.3.b)



Seja uma estrutura com NA andares e NNO nós por andar. Considere-se o andar I e neste, o nó J . O número total de graus de liberdade da estrutura é dado por

$$NGL = NA \cdot (3 \cdot NNO + 3)$$

Os três deslocamentos de corpo rígido do andar I são:

$$D1 = 3 \cdot I \cdot (NNO + 1) - 2$$

$$D2 = 3 \cdot I \cdot (NNO + 1) - 1$$

$$D3 = 3 \cdot I \cdot (NNO + 1)$$

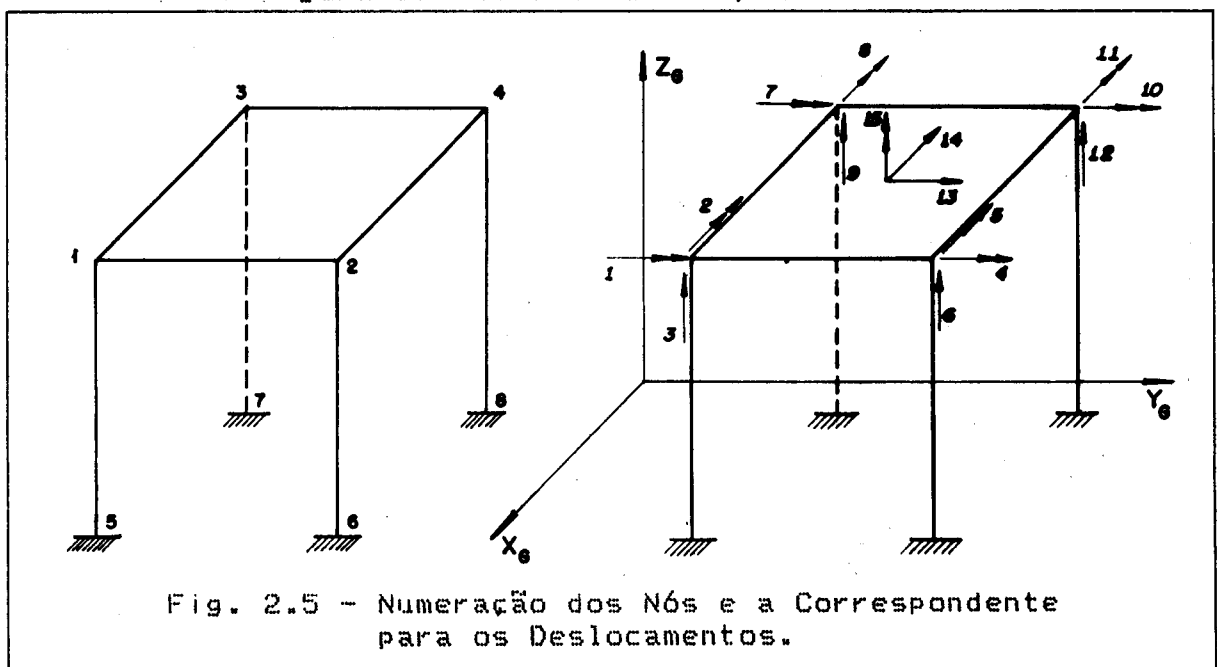
Os deslocamentos do nó J , dito independente, são:

$$J1 = I \cdot (3J - 2)$$

$$J2 = I \cdot (3J - 1)$$

$$J3 = I \cdot (3J)$$

A figura 2.5 mostra um exemplo:



2.4 - ELEMENTOS ESTRUTURAIS

2.4.1 - VIGAS

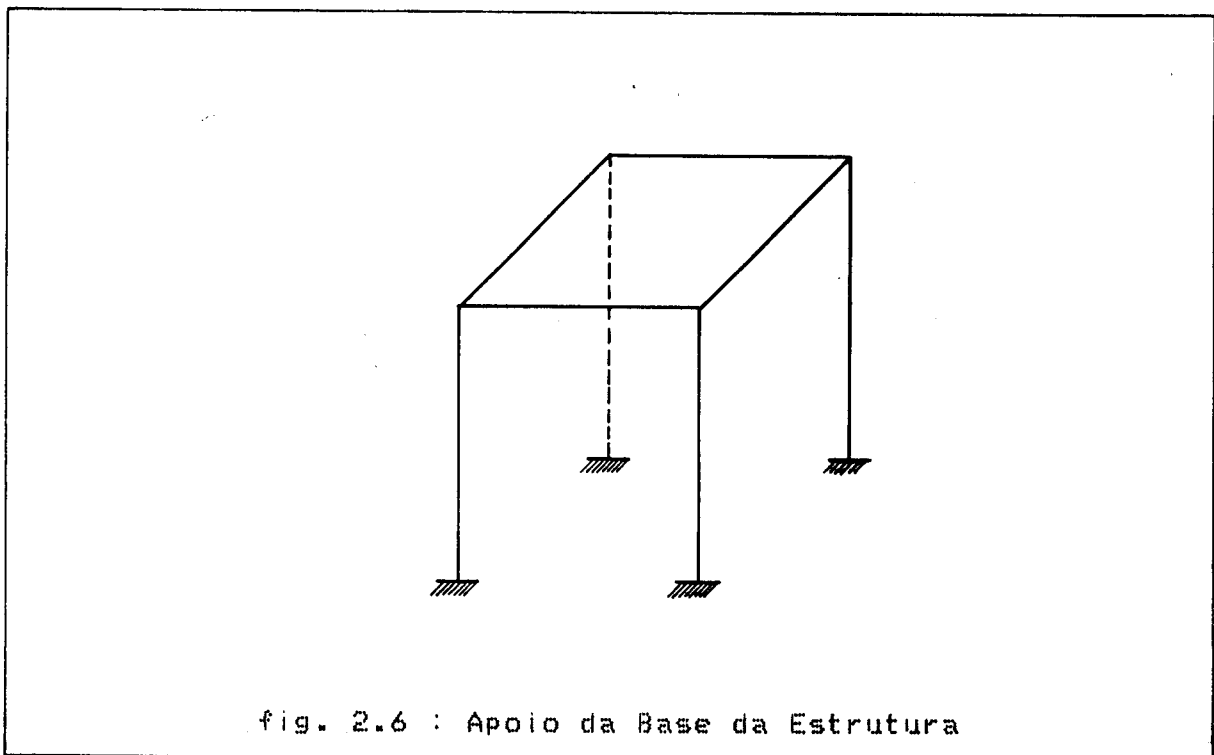
Só serão consideradas vigas com tramos de seção transversal constante; uma das direções principais de inércia é a vertical. Respeitada essa exigência e a da horizontalidade dessas peças, elas poderão ter seções transversais de formas quaisquer. Posteriormente, serão apresentadas as expressões para o cálculo da matriz de rigidez e dos esforços de engastamento perfeito das vigas.

2.4.2 - PILARES

Os pilares terão eixo retilíneo e qualquer forma geométrica para a seção transversal. As cargas verticais serão consideradas como aplicadas no centro de cisalhamento e não haverá interação da flexão com a torção.

2.5 - APOIOS

Os pavimentos serão numerados a partir do superior e, assim, serão considerados como apoiados no solo todos os pilares do "último pavimento" da estrutura. Estes apoios, situados em um mesmo plano horizontal, devem ser engastamentos rígidos.



2.6 - SOLICITAÇÃO EXTERNA

Os carregamentos serão de natureza estática e podendo ser compostos pelos tipos seguintes de carga:

a) NAS VIGAS

Sobre as vigas, as cargas poderão ser concentradas ou distribuídas.

b) NOS NÓS

Sobre os nós, poderão ser cargas verticais ou momentos, sempre segundo as direções dos deslocamentos independentes do nó.

c) NOS ANDARES

Sobre os andares, poderão ser sempre colocadas como forças horizontais e momentos segundo as direções dos deslocamentos de corpo rígido de andar (efeito do vento).

3. - CARACTERÍSTICAS DOS DIVERSOS ELEMENTOS

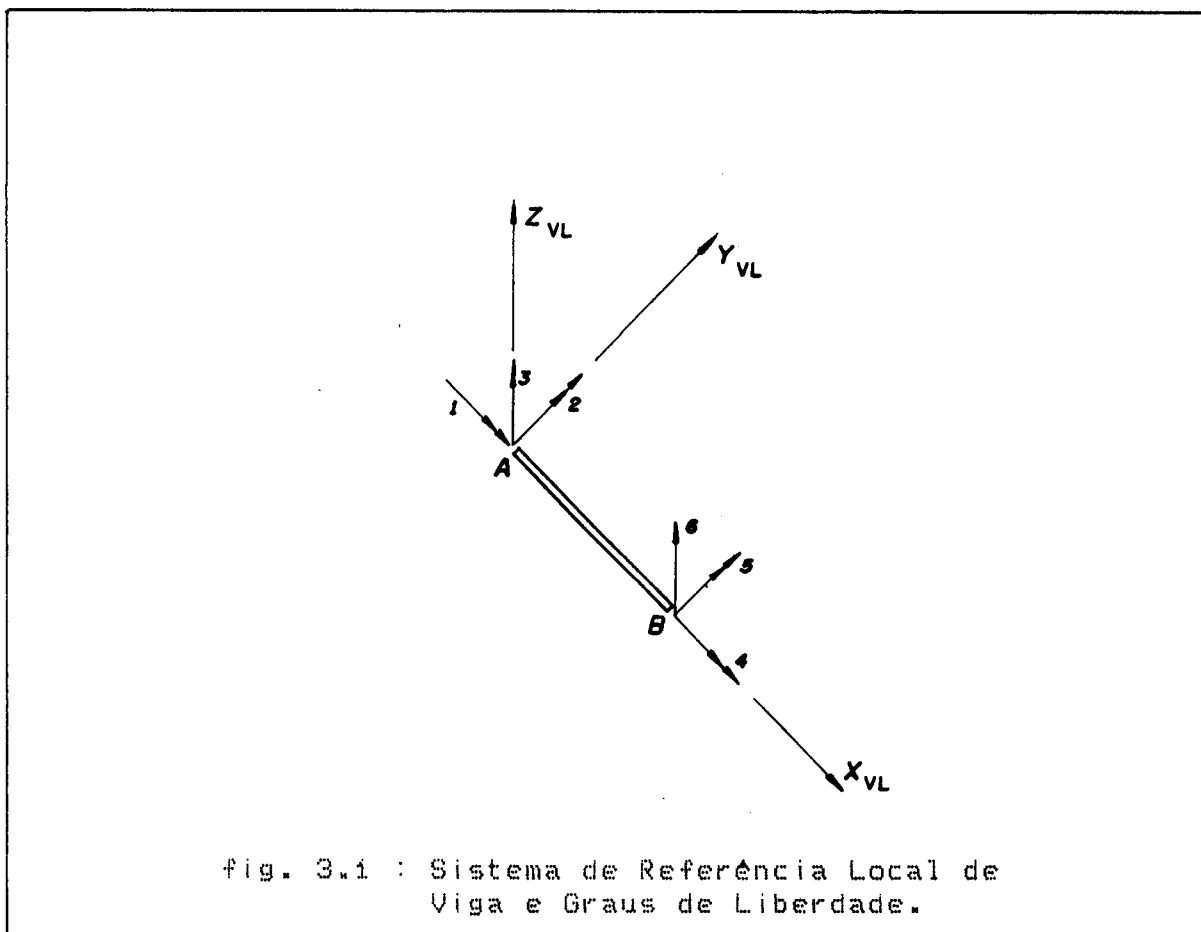
3.1 - CARACTERÍSTICAS DAS VIGAS

3.1.1 - SISTEMA DE REFERÊNCIA LOCAL

Em cada viga tem-se um sistema de referência local (X_{VL}, Y_{VL}, Z_{VL}) , onde a direção X_{VL} contém o eixo axial da viga e o plano da seção transversal é paralelo ao plano formado pelos eixos Y_{VL} e Z_{VL} , com uma das extremidades da viga sendo a origem.

3.1.2 - GRAUS DE LIBERDADE

Cada extremidade de um tramo de viga possui três graus de liberdade, correspondentes a uma translação na direção de Z_{VL} e duas rotações em relação às direções X_{VL} e Y_{VL} .



3.1.3 - MATRIZ DE RIGIDEZ

A relação entre os esforços e os deslocamentos dos extremos da viga no sistema local é dada pela expressão matricial

$$\{A_{0L}\} = [S_{0L}] \{D_{0L}\} \quad \text{eq. (3.1)}$$

onde :

\{A_{0L}\} = vetor dos esforços ou ações de extremidade de barra

\{D_{0L}\} = vetor dos deslocamentos de extremidade de barra

[S_{0L}] = matriz de rigidez da barra de viga

A fig. (3.2) apresenta a matriz de rigidez da viga,

$$[S_{0L}] = \begin{bmatrix} \frac{G I_x}{L} & 0 & 0 & -\frac{G I_x}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{4 E I_y}{L} & -\frac{6 E I_y}{L^2} & 0 & \frac{2 E I_y}{L} & \frac{6 E I_y}{L^2} \\ 0 & -\frac{6 E I_y}{L^2} & \frac{12 E I_y}{L^3} & 0 & -\frac{6 E I_y}{L^2} & -\frac{12 E I_y}{L^3} \\ -\frac{G I_x}{L} & 0 & 0 & \frac{G I_x}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2 E I_y}{L} & -\frac{6 E I_y}{L^2} & 0 & \frac{4 E I_y}{L} & \frac{6 E I_y}{L^2} \\ 0 & \frac{6 E I_y}{L^2} & -\frac{12 E I_y}{L^3} & 0 & \frac{6 E I_y}{L^2} & \frac{12 E I_y}{L^3} \end{bmatrix}$$

fig. 3.2 : Matriz de Rigidez da Viga de Eixo Reto e Seção Transversal Constante.

onde :

E = módulo de elasticidade longitudinal

G = módulo de elasticidade transversal

L = vão da viga

I_x = momento de inércia à torção

I_y = momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo YL

3.1.4 - ESFORÇOS DE ENGASTAMENTO PERFEITO

Neste item serão apresentadas as expressões para se obter os esforços de engastamento perfeito, para vários tipos de carga, em vigas de eixo reto e seção transversal constante. As cargas verticais serão consideradas positivas quando tiverem sentido do eixo Z_{VL} .

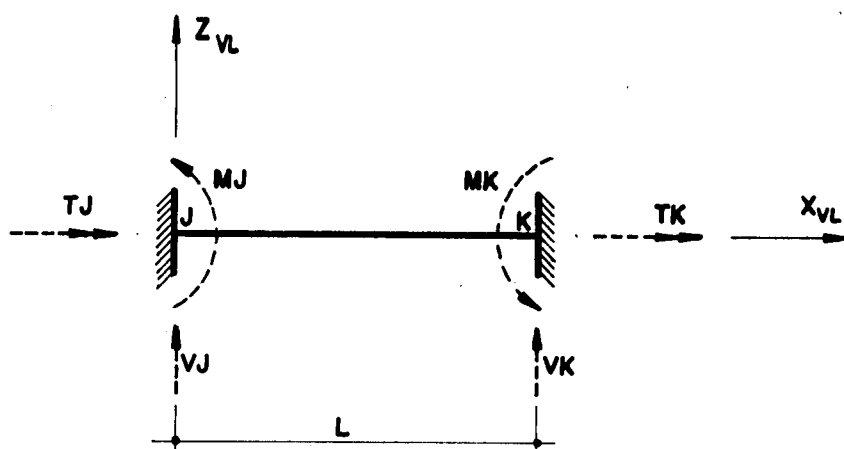


fig. 3.3 : Esforços de Engastamento Perfeito

a) Carga concentrada vertical

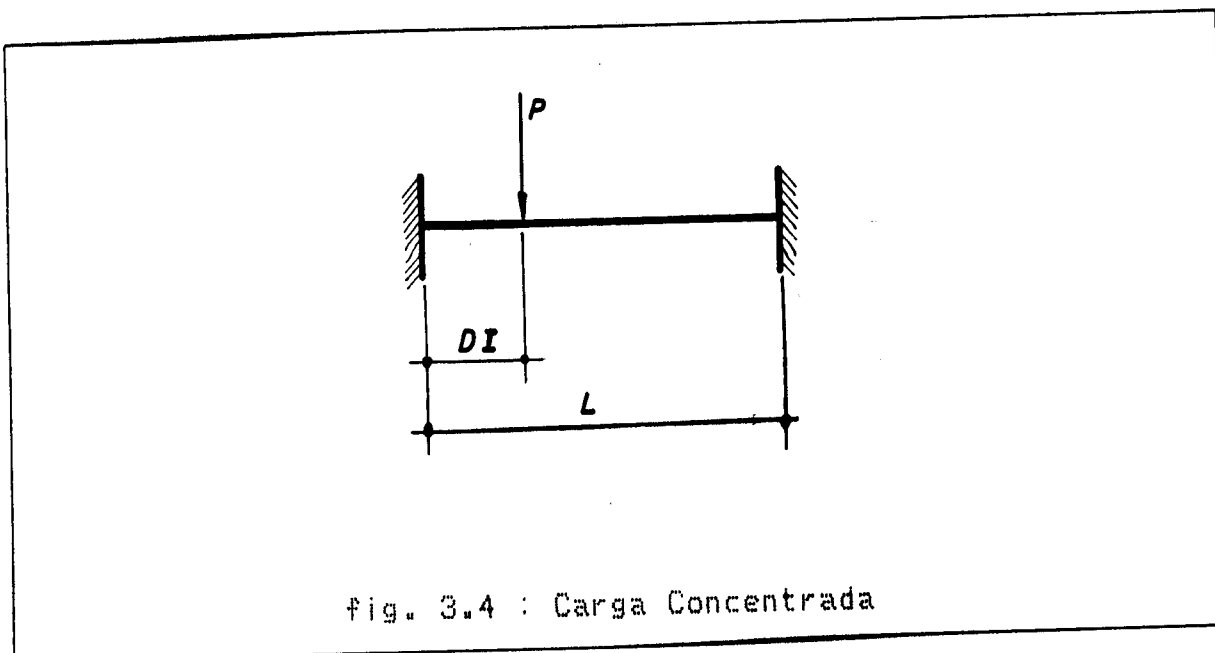


fig. 3.4 : Carga Concentrada

$$A=DI$$

$$B=L-DI$$

$$C1=P \cdot B/L$$

$$C2=P \cdot A/L$$

$$C3=(P \cdot A \cdot B/L^3) \cdot (B-A)$$

$$MJ=P \cdot A \cdot B^2 /L^2$$

$$MK=-P \cdot A^2 \cdot B /L^2$$

$$TJ=TK=0$$

$$VJ=-C1-C3$$

$$VK=-C2+C3$$

b) Carga uniformemente distribuída parcial

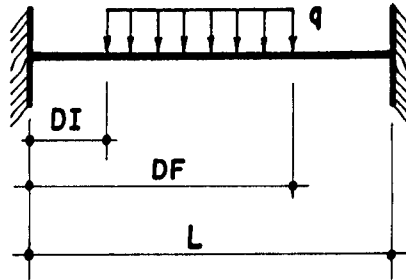


fig. 3.5 : Carga Uniformemente Distribuída

$$A=DI$$

$$B=L-(A+C)$$

$$C=DF-DI$$

$$C1=q/(12.L^2)$$

$$C2=4.L.((B+C)^3-B^3)-3.((B+C)^4-B^4)$$

$$C3=-q/(12.L^2)$$

$$C4=4.L.((A+C)^3-A^3)-3.((A+C)^4-A^4)$$

$$TJ=TK=0$$

$$MJ=C1.C2$$

$$MK=C3.C4$$

$$VJ=-C.q.(B+C/2)-(MJ+MK)/L$$

$$VK=-C.q.(A+C/2)+(MJ+MK)/L$$

c) Carga linealmente distribuída (trapezoidal)

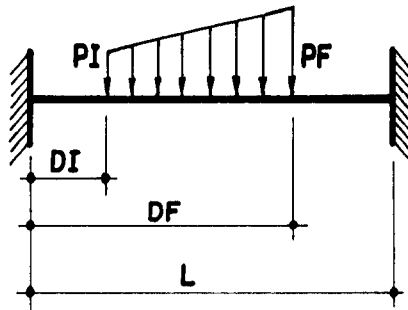


fig 3.6 : Carga Linealmente Distribuída (trapezoidal)

$$A=DI$$

$$C=DF-DI$$

$$B=L-(A+C)$$

$$C1=PI.C/540.L^2$$

$$C2=10.(3A+C).(3A+2C)^2-15C^2.(3B-L)-28C^3$$

$$C3=10.(3A+C)^2.(3B+2C)-15C^2.(3A-L)-17C^3$$

$$C4=(PI.C/2).(B+2C/3)$$

$$C5=(PI.C/2).(A+C/3)$$

$$C6=PF.C/540.L^2$$

$$C7=10.(3B+C)^2.(3A+2C)-15C^2.(3B-L)-17C^3$$

$$C8=10.(3B+C).(3A+2C)^2-15C^2.(3A-L)-28C^3$$

$$C9=(PF.C/2).(B+C/3)$$

$$C10=(PF.C/2).(A+2C/3)$$

$$TJ=TK=0$$

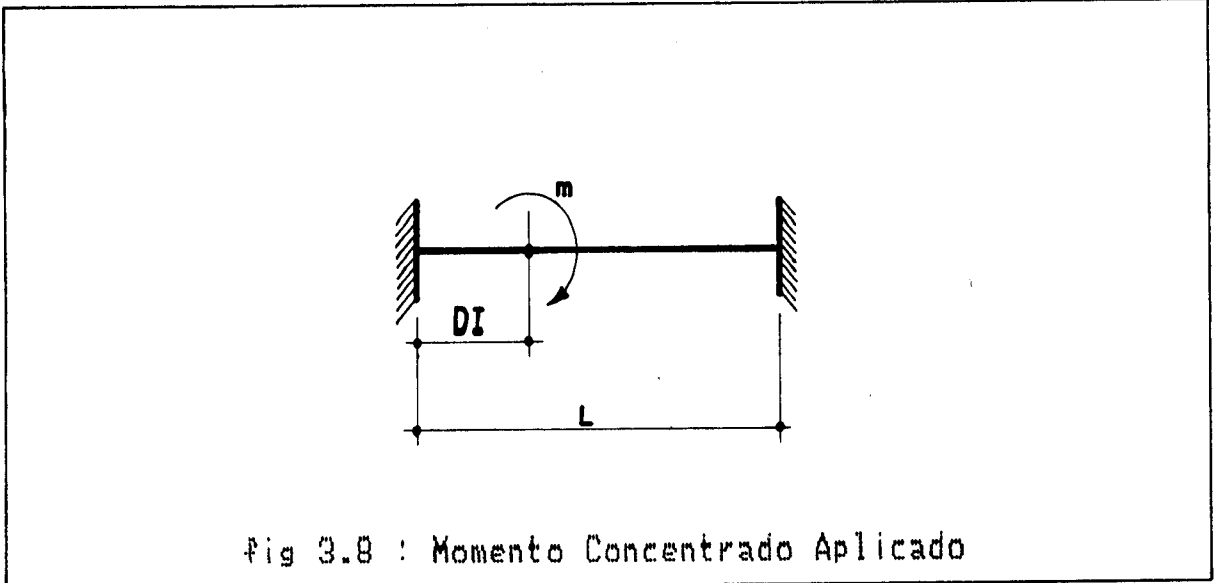
$$MJ=C1.C2+C6.C7$$

$$MK=-C1.C3-C6.C8$$

$$VJ=(-C4-C9-MJ-MK)/L$$

$$VK=(-C5-C10+MJ+MK)/L$$

e) Carga Momento



$$A=DI$$

$$B=L-DI$$

$$C1=-m \cdot B/C^2$$

$$C2=3B-2L$$

$$C3=m \cdot A/L^2$$

$$C4=2L-3A$$

$$TJ=TK=0$$

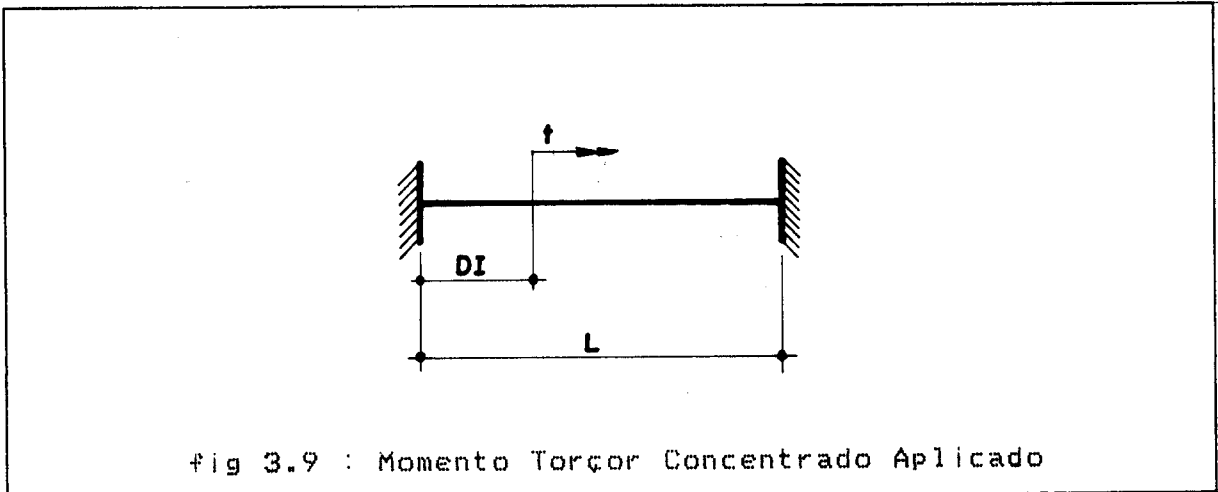
$$MJ=(-m \cdot A/L^2) \cdot (3B-2L)$$

$$MK=(m \cdot A/L^2) \cdot (2L-3A)$$

$$VJ=(-m+C1 \cdot C2+C3 \cdot C4)/L$$

$$VK=(m-C1 \cdot C2-C3 \cdot C4)/L$$

f) Carga Momento Torçor



$$A=L-B$$

$$B=L-DI$$

$$TJ=-t \cdot B/L$$

$$TK=-t \cdot A/L$$

$$MJ=MK=VJ=VK=0$$

3.2 - CARACTERÍSTICAS DOS PILARES

3.2.1 - SISTEMA DE REFERÊNCIA LOCAL

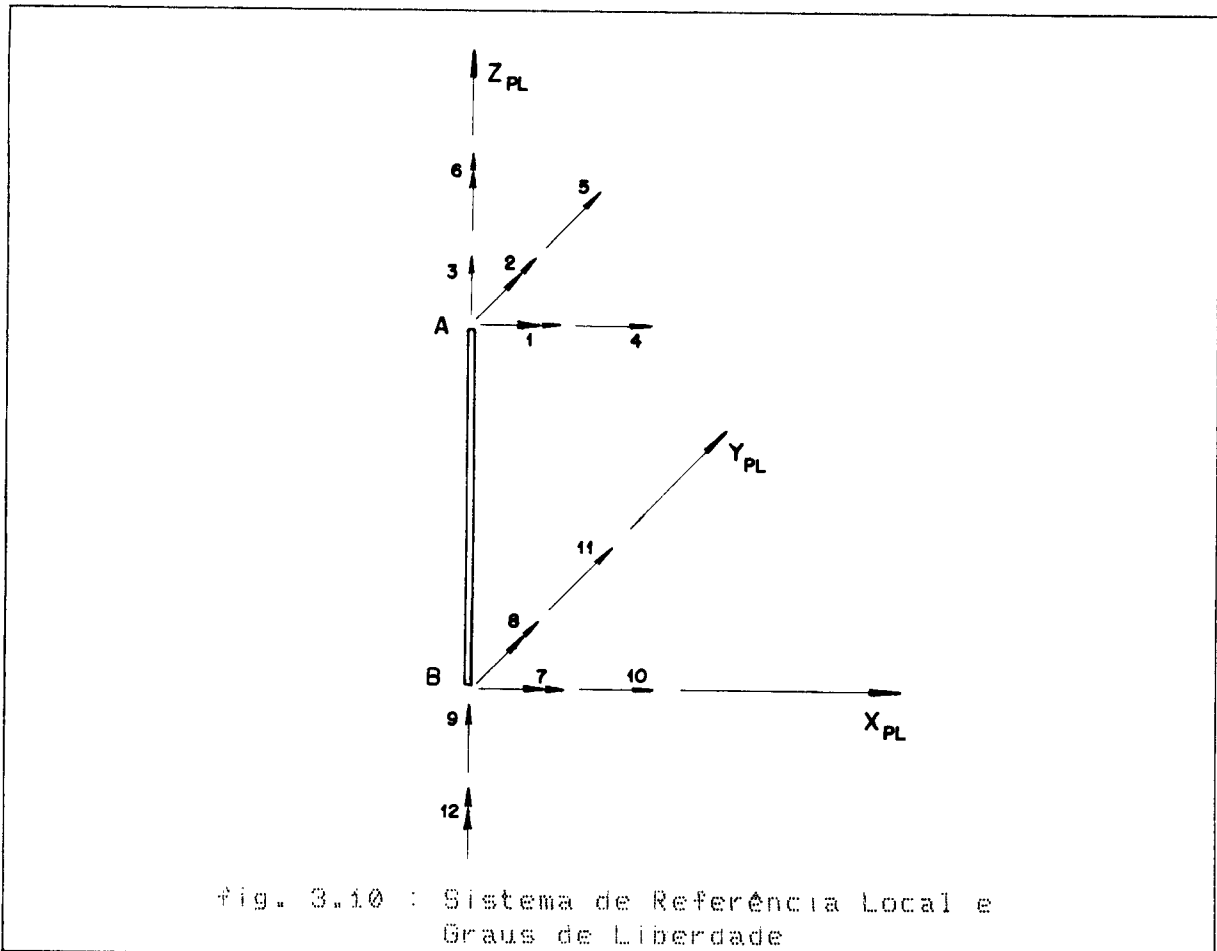
Para cada pilar tem-se um sistema de referência local (X_{PL}, Y_{PL}, Z_{PL}). A origem do sistema coincide com o extremo inferior do pilar. Os eixos X_{PL} e Y_{PL} são paralelos às direções principais de inércia da seção transversal e Z_{PL} coincide com o eixo longitudinal da peça.

3.2.2 - GRAUS DE LIBERDADE

Tem-se seis graus de liberdade em cada extremidade de um pilar isolado. Para cada pilar são considerados os seis deslocamentos por nó numerados na figura (3.10).

Os deslocamentos 1,2,3 para a extremidade A e os deslocamentos 7,8,9 para a extremidade B do pilar, correspondem aos deslocamentos independentes dos nós.

Os deslocamentos 4,5,6 do nó A e os 10,11,12 do nó B correspondem aos deslocamentos diretamente relacionados com os deslocamentos das lajes acima e abaixo, respectivamente, do referido pilar.



3.2.3 - MATRIZ DE RIGIDEZ

A relação entre os esforços e os deslocamentos das extremidades do pilar no sistema local é dada pela expressão matricial

$$(A_{PL}) = [S_{PL}] (D_{PL}) \quad \text{eq. (3.2)}$$

onde :

(A_{PL}) = vetor dos esforços ou ações de extremidades de barra

(D_{PL}) = vetor dos deslocamentos de extremidades de barra

$[S_{PL}]$ = matriz de rigidez da barra de pilar

A figura (3.11) apresenta a matriz de rigidez do pilar, onde:

E = módulo de elasticidade longitudinal

G = módulo de elasticidade transversal

L = altura do pilar

I_z = momento de inércia a torção

I_x = momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X_{PL}

I_y = momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y_{PL}

A = área da seção transversal

$$[S_{pL}] = \begin{bmatrix} \frac{4EI_x}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_x}{L^2} & 0 & \frac{2EI_x}{L} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_x}{L^2} & 0 \\ 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_y}{L} & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & -\frac{12EI_y}{L^3} & 0 & 0 \\ \frac{6EI_x}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI_x}{L^3} & 0 & \frac{6EI_x}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{12EI_x}{L^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GI_z}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GI_z}{L} \\ \frac{2EI_x}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_x}{L^2} & 0 & \frac{4EI_x}{L} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_x}{L^2} & 0 \\ 0 & \frac{2EI_y}{L} & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & -\frac{12EI_y}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & 0 \\ -\frac{6EI_x}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{12EI_x}{L^3} & 0 & -\frac{6EI_x}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI_x}{L^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GI_z}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GI_z}{L} \end{bmatrix}$$

fig. 3.11 : Matriz de Rigidez do Pilar

4. - TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE REFERÊNCIA

Conforme visto no capítulo 2 ficou estabelecido que os deslocamentos da estrutura estão relacionados ao sistema de referência global.

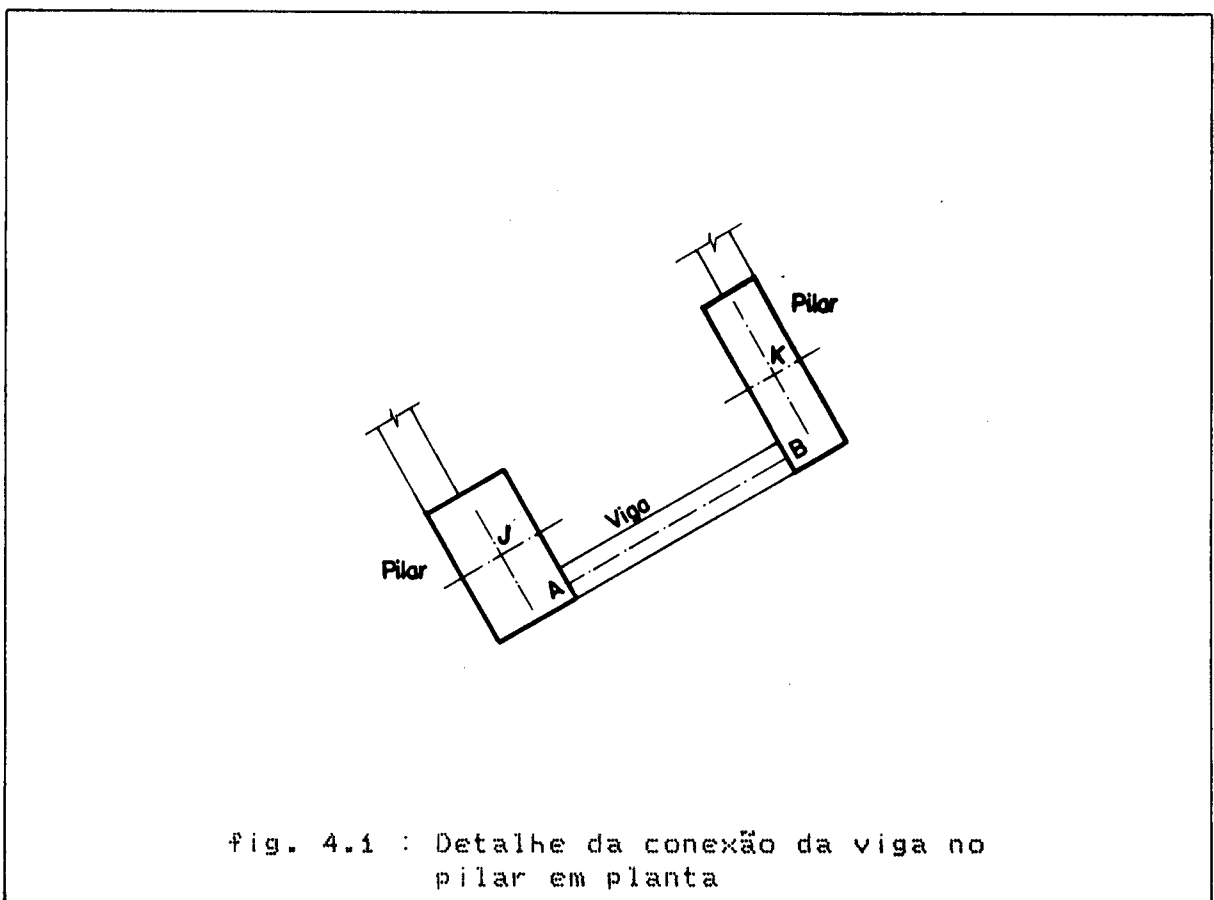
No capítulo 3 foram estabelecidas as propriedades (matrizes de rigidez, esforços e deslocamentos) dos elementos vigas e pilares em seus respectivos sistemas de referência locais.

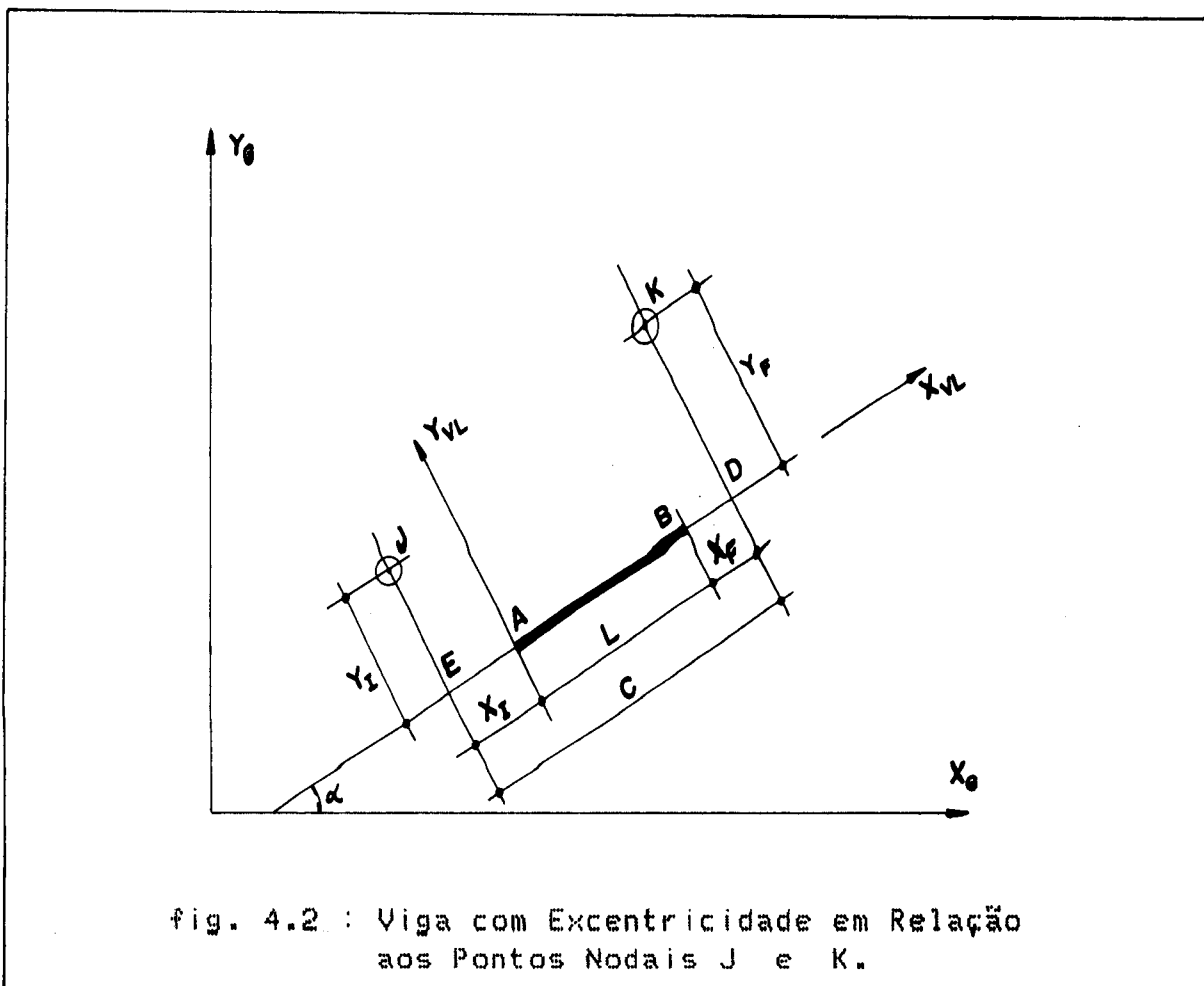
Torna-se pois, necessário, estudar as transformações que levam estas propriedades ao sistema de referência global, a fim de se estabelecer as condições de equilíbrio da estrutura.

4.1 - VIGAS

4.1.1 - RELAÇÕES GEOMÉTRICAS EM PLANTA

A figura abaixo representa o caso em que uma viga qualquer está conectada a pilares com seção transversal onde a largura do pilar é diferente da largura da viga ficando esta excentricamente conectada.





Na figura acima tem-se uma viga AB excentricamente conectada a pontos nodais J e K, onde os parâmetros são apresentados com sinal positivo.

Sendo:

(X_J, Y_J) e (X_K, Y_K) : coordenadas dos pontos nodais

(X_I, Y_I) e (X_F, Y_F) : excentricidades

$$C = \sqrt{(X_K - X_J)^2 + (Y_K - Y_J)^2 - (Y_F - Y_I)^2}$$

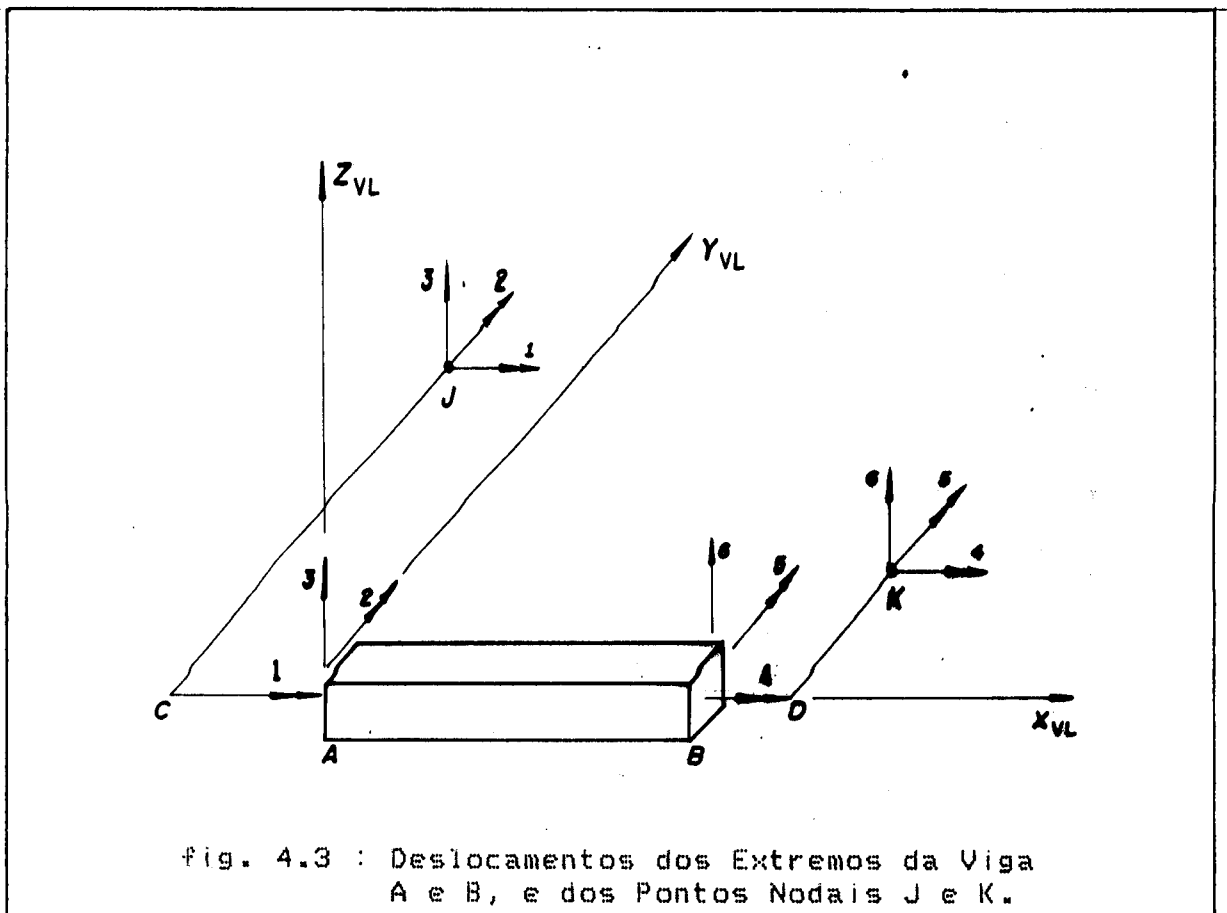
$$L = C - (X_I + X_F)$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{(Y_K - Y_J) \cdot C - (Y_F - Y_I)(X_K - X_J)}{(X_K - X_J)^2 + (Y_K - Y_J)^2}$$

$$\text{cos } \alpha = \frac{(X_K - X_J) \cdot C + (Y_F - Y_I)(Y_K - Y_J)}{(X_K - X_J)^2 + (Y_K - Y_J)^2}$$

4.1.2 - MATRIZ DE TRANSLAÇÃO

A matriz de translação relaciona os deslocamentos em cada extremo da viga A e B com os pontos nodais J e K respectivamente.



A equação obtida do sistema matricial torna-se

$$\{D_{VL}\} = [T_{VJ}] \{D_{VT}\} \quad \text{eq. (4.1)}$$

onde :

$\{D_{VL}\}$ = vetor de deslocamentos dos pontos A e B

$\{D_{VT}\}$ = vetor de deslocamentos dos nós J e K

$[T_{VJ}]$ = matriz de translação

$$\begin{Bmatrix} D_{UL1} \\ D_{UL2} \\ D_{UL3} \\ D_{UL4} \\ D_{UL5} \\ D_{UL6} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -YI & -XI & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -YF & XF & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} D_{UT1} \\ D_{UT2} \\ D_{UT3} \\ D_{UT4} \\ D_{UT5} \\ D_{UT6} \end{Bmatrix}$$

4.1.3 - MATRIZ DE ROTAÇÃO PARA OS DESLOCAMENTOS

A matriz de rotação é usada para obtenção dos deslocamentos dos pontos nodais J e K nas direções dos eixos do sistema de referência global (fig. 4.2).

$$\{D_{UT}\} = [R_{UJ}] \{D_{UG}\} \quad \text{eq. (4.2)}$$

onde :

$\{D_{UG}\}$ = vetor deslocamento dos nós J e K no sistema de referência global.

$[R_{UJ}]$ = matriz de rotação

$$\begin{Bmatrix} D_{UT1} \\ D_{UT2} \\ D_{UT3} \\ D_{UT4} \\ D_{UT5} \\ D_{UT6} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} D_{UG1} \\ D_{UG2} \\ D_{UG3} \\ D_{UG4} \\ D_{UG5} \\ D_{UG6} \end{Bmatrix}$$

Logo a matriz de transformação será :

$$[TR_{\alpha}] = [T_{\alpha}] [R_{\alpha}] \quad \text{eq. (4.3)}$$

$$[TR_{\alpha}] = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -YI.\cos\alpha + XI.\sin\alpha & -YI.\sin\alpha - XI.\cos\alpha & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -YF.\cos\alpha - XF.\sin\alpha & -YF.\sin\alpha + XF.\cos\alpha & 1 \end{bmatrix}$$

Os esforços sobre os nós J e K em função dos esforços atuantes em A e B ficam expressos por :

$$\begin{bmatrix} A_{UJ1} \\ A_{UJ2} \\ A_{UJ3} \\ A_{UJ4} \\ A_{UJ5} \\ A_{UJ6} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -YI & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -XI & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -YF \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & XF \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{UL1} \\ A_{UL2} \\ A_{UL3} \\ A_{UL4} \\ A_{UL5} \\ A_{UL6} \end{bmatrix}$$

Em forma matricial obtém-se :

$$(A_{UJ}) = [T_{\alpha}]^t (A_{UL}) \quad \text{eq. (4.4)}$$

onde:

(A_{UJ}) = vetor dos esforços sobre os pontos nodais J e K.

(A_{UL}) = vetor dos esforços sobre as extremidades A e B da viga (fig. 4.3).

$[T_{\alpha}]^t$ = matriz de translação transposta

4.1.4 - MATRIZ DE ROTAÇÃO PARA OS ESFORÇOS

$$\{A_{\text{vg}}\} = [R_{\text{v}}]^t \{A_{\text{vt}}\} \quad \text{eq. (4.5)}$$

onde :

$\{A_{\text{vg}}\}$ = vetor dos esforços atuantes em J e K no sistema de referência global

$[R_{\text{v}}]^t$ = matriz de rotação transposta

$$\begin{Bmatrix} A_{\text{vg}1} \\ A_{\text{vg}2} \\ A_{\text{vg}3} \\ A_{\text{vg}4} \\ A_{\text{vg}5} \\ A_{\text{vg}6} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{sen}\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{sen}\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_{\text{vt}1} \\ A_{\text{vt}2} \\ A_{\text{vt}3} \\ A_{\text{vt}4} \\ A_{\text{vt}5} \\ A_{\text{vt}6} \end{Bmatrix}$$

A matriz de transformação será :

$$[RT_{\text{v}}]^t = [R_{\text{v}}]^t [T_{\text{v}}]^t \quad \text{eq. (4.6)}$$

$$[RT_{\text{v}}]^t = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & -YI.\cos\alpha + XI.\text{sen}\alpha & 0 & 0 & 0 \\ \text{sen}\alpha & \cos\alpha & -XI.\cos\alpha - YI.\text{sen}\alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & -YF.\cos\alpha - XF.\text{sen}\alpha \\ 0 & 0 & 0 & \text{sen}\alpha & \cos\alpha & -YF.\text{sen}\alpha + XF.\cos\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.1.5 - EQUAÇÕES QUE RELACIONAM ESFORÇOS E DESLOCAMENTOS NO SISTEMA GLOBAL

A partir das seguintes equações:

$$\{A_{UL}\} = [S_{UL}] \{D_{UL}\} \quad \text{eq. (3.1)}$$

$$\{D_{UL}\} = [T_U] \{D_{UT}\} \quad \text{eq. (4.1)}$$

$$\{D_{UT}\} = [R_U] \{D_{UB}\} \quad \text{eq. (4.2)}$$

$$\{A_{UT}\} = [T_U]^t \{A_{UL}\} \quad \text{eq. (4.4)}$$

$$\{A_{UB}\} = [R_U]^t \{A_{UT}\} \quad \text{eq. (4.5)}$$

$$[TR_U] = [T_U] [R_U] \quad \text{eq. (4.3)}$$

$$[RT_U]^t = [R_U]^t [T_U]^t \quad \text{eq. (4.6)}$$

Substituindo o valor de $\{A_{UT}\}$ dado pela equação (4.4) na equação (4.5) chega-se a:

$$\{A_{UB}\} = [R_U]^t [T_U]^t \{A_{UL}\} \quad \text{eq. (4.7)}$$

Substituindo o valor de $\{A_{UL}\}$ dado pela equação (3.1) na equação (4.7) chega-se a:

$$\{A_{UB}\} = [R_U]^t [T_U]^t [S_{UL}] \{D_{UL}\} \quad \text{eq. (4.8)}$$

Substituindo o valor de $\{D_{UL}\}$ dado pela equação (4.1) na equação (4.8) chega-se a:

$$\{A_{UB}\} = [R_U]^t [T_U]^t [S_{UL}] [T_U] \{D_{UT}\} \quad \text{eq. (4.9)}$$

Substituindo o valor de $\{D_{UT}\}$ dado pela equação (4.2) na equação (4.9) chega-se a:

$$\{A_{UB}\} = [R_U]^t [T_U]^t [S_{UL}] [T_U] [R_U] \{D_{UB}\} \quad \text{eq. (4.10)}$$

Substituindo os valores de $[TR_U]$, dado pela equação (4.3) e $[RT_U]^t$, dado pela equação (4.6) na equação (4.10), chega-se a:

$$\{A_{UB}\} = [RT_U]^t [S_{UL}] [TR_U] \{D_{UB}\} \quad \text{eq. (4.11)}$$

Fazendo $[S_{\text{G}}] = [R_{\text{L}}]^t [S_{\text{L}}] [R_{\text{L}}]$

onde :

$[S_{\text{L}}]$ = matriz de rigidez da viga para as ações no sistema global feita as transformações das excentricidades em relação aos pontos nodais J e K

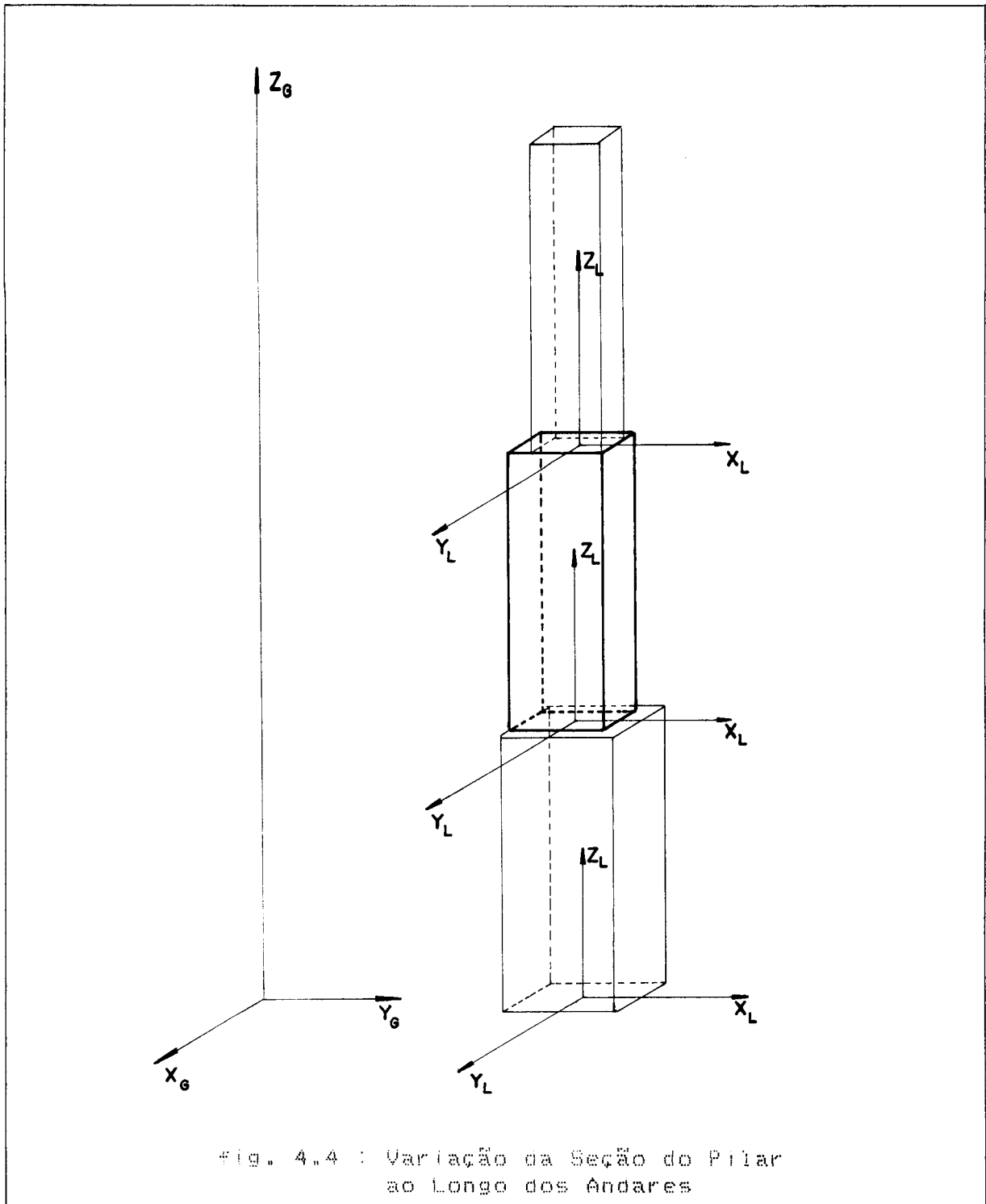
obtem-se $(A_{\text{G}}) = [S_{\text{G}}] (D_{\text{G}})$ eq. (4.12)

que é a equação que relaciona esforços e deslocamentos no sistema global.

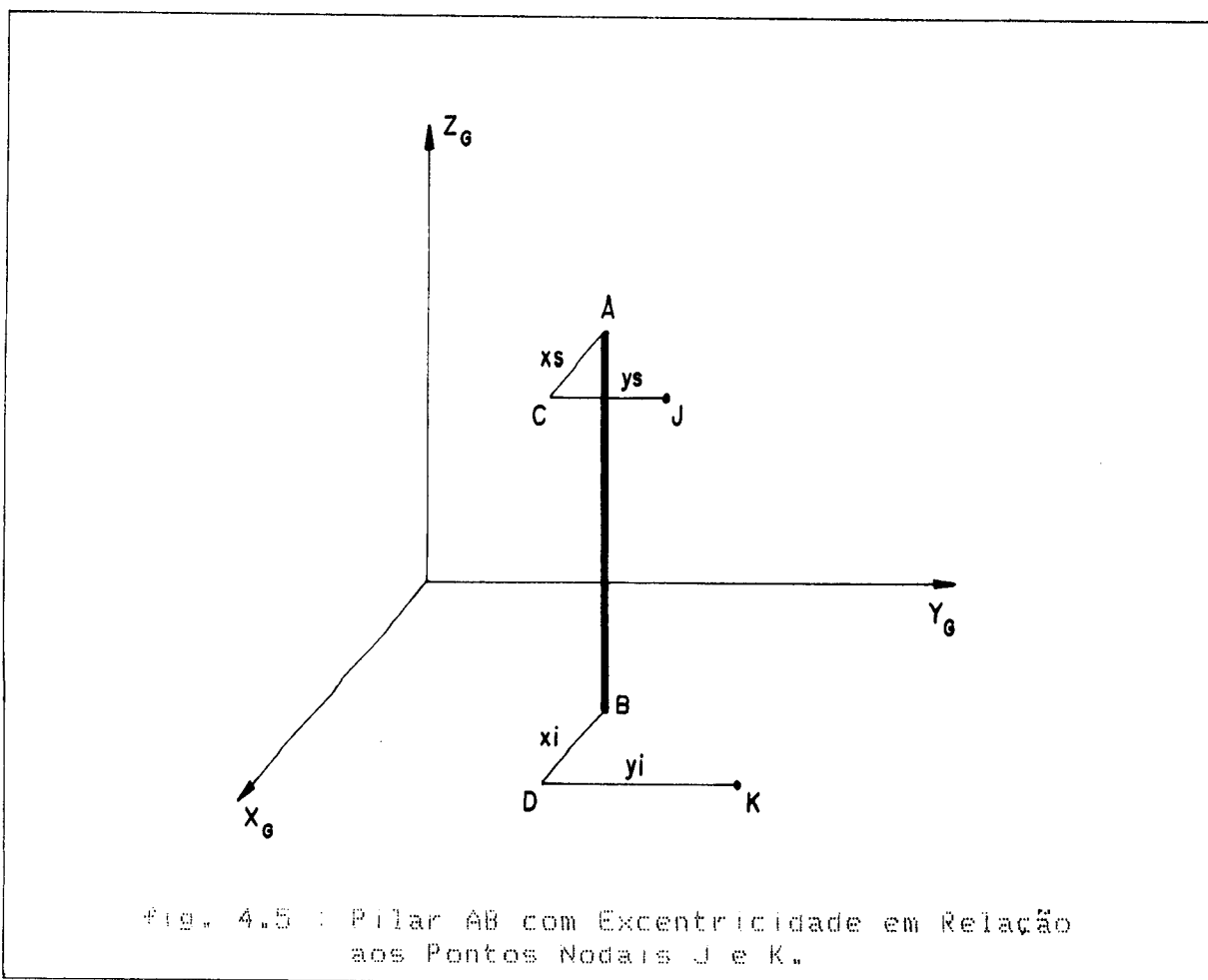
4.2 - PILARES

4.2.1 - RELAÇÕES GEOMÉTRICAS

A figura (4.4) representa o caso em que há variação da seção dos pilares ao longo dos andares, ficando assim o pilar de um andar excentricamente conectado ao pilar do outro andar.



Considere-se o pilar da figura (4.5), com extremidades A e B respectivamente conectadas aos pontos nodais J e K através de trechos rígidos ACJ e BDK.



Conhecendo as coordenadas (X_J, Y_J) do nó J, as coordenadas (X_K, Y_K) do nó K, a altura do pé-direito H do pavimento a que pertence o pilar e as distâncias x_i, y_i, x_s e y_s , obtém-se:

$$X_A = X_J - x_s$$

$$Y_A = Y_J - y_s$$

$$X_B = X_K - x_i$$

$$Y_B = Y_K - y_i$$

$$L = H$$

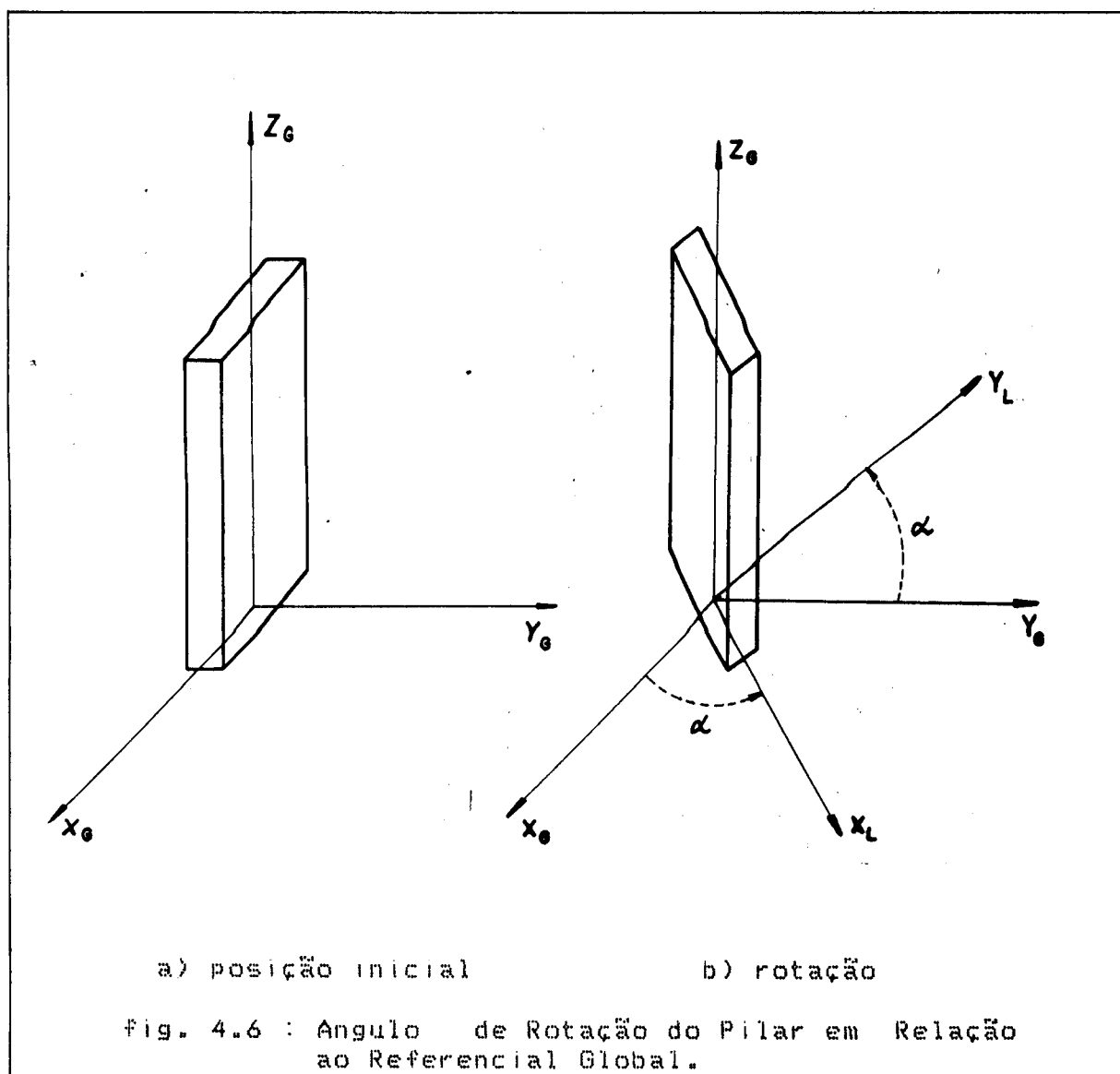
onde :

(X_A, Y_A) - coordenadas do ponto A em projeção sobre o plano horizontal X_G, Y_G .

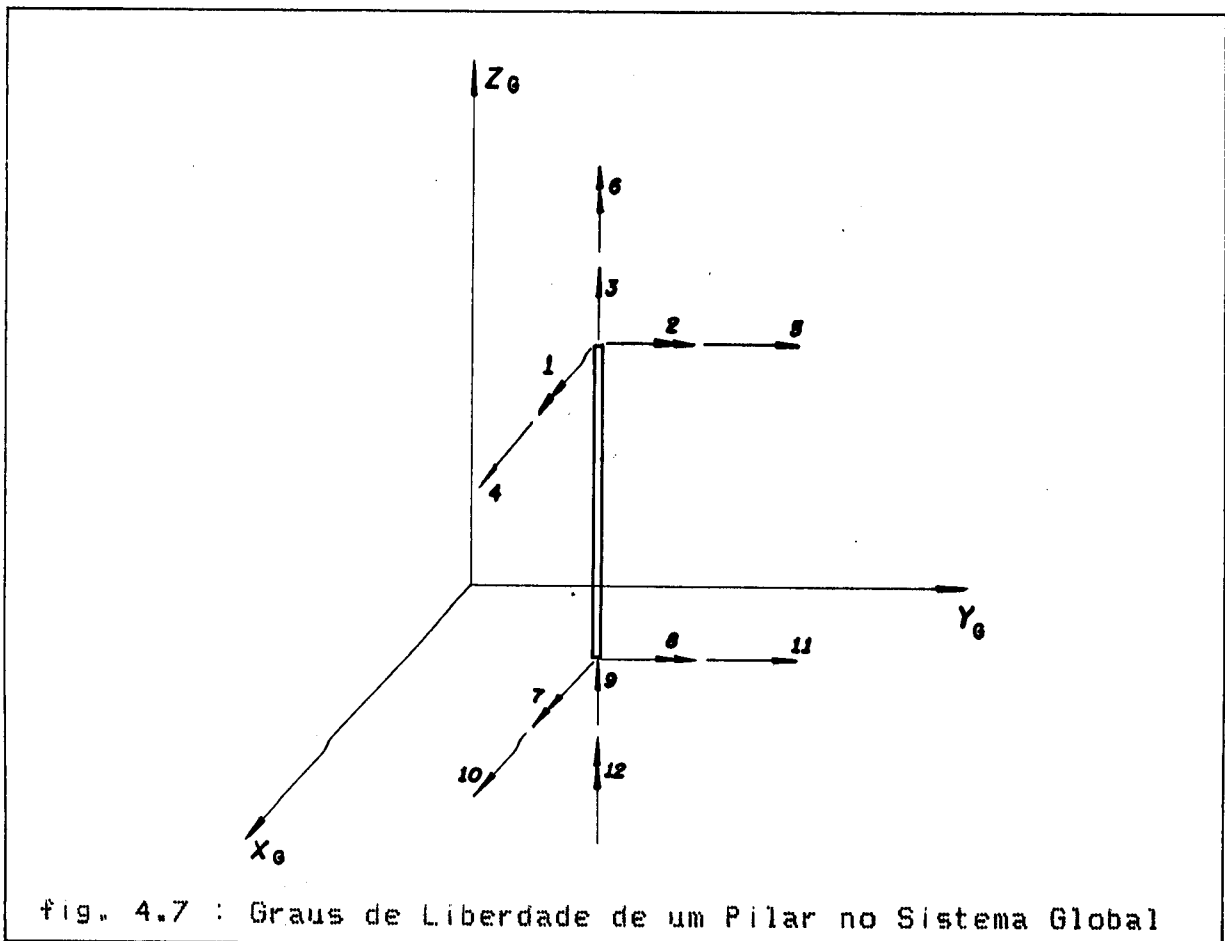
(X_B, Y_B) - coordenadas do ponto B em projeção sobre o plano horizontal X_G, Y_G .

L - comprimento do pilar.

Para a definição dos eixos X_L e Y_L (direções principais de inércia das seções transversais) no referencial local deve-se observar a figura (4.6) onde α é o ângulo entre os eixos dos sistemas de referência local e global.



A figura (4.7) apresenta os graus de liberdade de um pilar no sistema de referência global.



4.2.2 - MATRIZ DE TRANSLAÇÃO

A matriz de translação relaciona os deslocamentos independentes dos nós J e K e os deslocamentos de corpo rígido dos andares correspondentes aos nós J e K com os deslocamentos das extremidades A e B do pilar, conforme mostra a figura (4.5).

Conhecidos os valores das excentricidades (\$x_1, y_1, x_2\$ e \$y_2\$) e as coordenadas horizontais das extremidades A e B, pode-se escrever:

$$(D_{PR}) = [T_P] (D_{PG}) \quad \text{eq. (4.13)}$$

onde :

(D_{PR}) = vetor dos deslocamentos das extremidades A e B no sistema de referência global.

$[T_P]$ = matriz de translação.

(D_{PG}) = vetor dos deslocamentos dos nós J e K no sistema de referência global.

$$[T_p] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -y_s & x_s & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -y_a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -y_i & x_i & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -y_b \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_b \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Os esforços são transformados em:

$$(A_{PG}) = [T_p]^t (A_{PR}) \quad \text{eq. (4.14)}$$

onde:

(A_{PG}) = vetor dos esforços nos pontos nodais J e K no sistema de referência global.

(A_{PR}) = vetor dos esforços nos extremos A e B do pilar no sistema de referência global.

$[T_p]^t$ = matriz de translação transposta.

4.2.3 - MATRIZ DE ROTAÇÃO

Os deslocamentos dos pontos A e B do pilar no sistema de referência local podem ser calculados em função dos deslocamentos nas extremidades A e B no sistema de referência global através da seguinte equação :

$$\{D_{PL}\} = [R_P] \{D_{PR}\} \quad \text{eq. (4.15)}$$

onde:

$[R_P]$ = matriz de rotação

$\{D_{PL}\}$ = vetor dos deslocamentos nas extremidades A e B no sistema de referência local

$\{D_{PR}\}$ = vetor dos deslocamentos nas extremidades A e B no sistema de referência global

$$[R_P] = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Os esforços nas extremidades A e B do pilar no sistema de referência global podem ser calculados em função dos esforços nas extremidades A e B no sistema de referência local.

$$(A_{PR}) = [R_P]^t (A_{PL}) \quad \text{eq. (4.16)}$$

(A_{PR}) = vetor dos esforços nas extremidades A e B no sistema de referência global

$[R_P]^t$ = matriz de rotação transposta

(A_{PL}) = vetor dos esforços nas extremidades A e B no sistema de referência local

Fazendo-se as seguintes operações :

$$[RT_P] = [R_P] [T_P] \quad \text{eq. (4.17)}$$

onde :

$$[RT_P] = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -y_s & x_s & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & -y_a \cos\alpha + x_a \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & y_a \sin\alpha + x_a \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -y_i & x_i & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & -y_b \cos\alpha + x_b \sin\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & y_b \sin\alpha + x_b \cos\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[TR_p]^t = [T_p]^t [R_p]^t \quad \text{eq. (4.18)}$$

onde:

$$[TR_p]^t = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & -y_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{sen}\alpha & \cos\alpha & x_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{sen}\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -y_a \cos\alpha + x_a \text{sen}\alpha & y_a \text{sen}\alpha + x_a \cos\alpha & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & -y_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \text{sen}\alpha & \cos\alpha & x_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & -\text{sen}\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \text{sen}\alpha & \cos\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -y_b \cos\alpha + x_b \text{sen}\alpha & y_b \text{sen}\alpha + x_b \cos\alpha & 1 \end{bmatrix}$$

4.2.4 - EQUAÇÕES QUE RELACIONAM ESFORÇOS E DESLOCAMENTOS NO SISTEMA GLOBAL

A partir das seguintes equações :

$$(A_{PL}) = [S_{PL}] (D_{PL}) \quad \text{eq. (3.2)}$$

$$(D_{PR}) = [T_p] (D_{PG}) \quad \text{eq. (4.13)}$$

$$(A_{PG}) = [T_p]^t (A_{PR}) \quad \text{eq. (4.14)}$$

$$(D_{PL}) = [R_p] (D_{PR}) \quad \text{eq. (4.15)}$$

$$(A_{PR}) = [R_p]^t (A_{PL}) \quad \text{eq. (4.16)}$$

$$[RT_p] = [R_p] [T_p] \quad \text{eq. (4.17)}$$

$$[TR_p]^t = [T_p]^t [R_p]^t \quad \text{eq. (4.18)}$$

Substituindo o valor de $\{D_{PL}\}$, dado pela eq. (4.15), na eq. (3.2) chega-se a:

$$\{A_{PL}\} = [S_{PL}] [R_P] \{D_{PR}\} \quad \text{eq. (4.19)}$$

Substituindo o valor de $\{D_{PR}\}$, dado pela eq. (4.13), na eq. (4.19) chega-se a:

$$\{A_{PL}\} = [S_{PL}] [R_P] [T_P] \{D_{PG}\} \quad \text{eq. (4.20)}$$

Substituindo o valor de $\{A_{PR}\}$, dado pela eq. (4.16), na eq. (4.14) chega-se a:

$$\{A_{PG}\} = [T_P]^t [R_P]^t \{A_{PL}\} \quad \text{eq. (4.21)}$$

Substituindo o valor de $[RT_P]$, dado pela eq. (4.17), na eq. (4.20) chega-se a:

$$\{A_{PL}\} = [S_{PL}] [RT_P] \{D_{PG}\} \quad \text{eq. (4.22)}$$

Substituindo o valor de $[TR_P]^t$, dado pela eq. (4.18), na eq. (4.21) chega-se a:

$$\{A_{PG}\} = [TR_P]^t \{A_{PL}\} \quad \text{eq. (4.23)}$$

Substituindo o valor de $\{A_{PL}\}$, dado pela eq. (4.22), na eq. (4.23) chega-se a:

$$\{A_{PG}\} = [TR_P]^t [S_{PL}] [RT_P] \{D_{PG}\} \quad \text{eq. (4.24)}$$

$$\text{Fazendo-se } [S_{PG}] = [TR_P]^t [S_{PL}] [RT_P]$$

onde:

$[S_{PG}]$ = matriz de rigidez do pilar para ações no sistema de referência global, já feita as transformações devidas às excentricidades das extremidades A e B em relação aos pontos nodais J e K.

chega-se a:

$$\{A_{PG}\} = [S_{PG}] \{D_{PG}\} \quad \text{eq. (4.25)}$$

que é a equação que relaciona esforços e deslocamentos no sistema de referência global.

5. - ANÁLISE DA ESTRUTURA

5.1 - PROCESSO DE ANÁLISE

A estrutura é analisada pelo processo de deslocamentos, com a técnica de subestruturas em série.

O sistema de equações de equilíbrio estático da estrutura, sob ação de um determinado carregamento é :

$$[S] \{D\} = \{A\} \quad \text{eq. (5.1)}$$

onde :

$[S]$ = matriz de rigidez da estrutura

$\{D\}$ = vetor dos deslocamentos nodais

$\{A\}$ = vetor das cargas ou ações nodais

A matriz de rigidez da estrutura será formada de submatrizes referentes a cada andar da estrutura. A estrutura é dividida em "p" subestruturas em sequência; é prevista a técnica de eliminação em série das subestruturas.

Assim, então, tem-se, expandida a eq.(5.1) expressa na forma da eq.(5.2) a seguir:

$$\left[\begin{array}{c}
 [S]_{1,1} \quad [S]_{1,2} \\
 [S]_{2,1} \quad [S]_{2,2} \quad [S]_{2,3} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 [S]_{1,1-1} \quad [S]_{1,1} \quad [S]_{1,1+1} \\
 [S]_{1+1,1+1} \quad [S]_{1+1,1+1} \quad [S]_{1+1,1+2} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 [S]_{p,p-1} \quad [S]_{p,p} \quad [S]_{p,p+1} \\
 [S]_{p+1,p} \quad [S]_{p+1,p+1}
 \end{array} \right]
 \left[\begin{array}{c}
 \{D\}_1 \\
 \{D\}_2 \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \{D\}_1 \\
 \{D\}_{1+1} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \{D\}_p \\
 \{D\}_{p+1}
 \end{array} \right]
 \left[\begin{array}{c}
 \{A\}_1 \\
 \{A\}_2 \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \{A\}_1 \\
 \{A\}_{1+1} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \{A\}_p \\
 \{A\}_{p+1}
 \end{array} \right]$$

As equações de equilíbrio são escritas como :

$$[S]_{1,1} (D)_1 + [S]_{1,2} (D)_2 = (A)_1 \quad \text{eq. (5.3)}$$

$$[S]_{2,1} (D)_1 + [S]_{2,2} (D)_2 + [S]_{2,3} (D)_3 = (A)_2 \quad \text{eq. (5.4)}$$

$$[S]_{i,i-1} (D)_{i-1} + [S]_{i,i} (D)_i + [S]_{i,i+1} (D)_{i+1} = (A)_i$$

$$[S]_{i+1,i} (D)_i + [S]_{i+1,i+1} (D)_{i+1} + [S]_{i+1,i+2} (D)_{i+2} = (A)_{i+1}$$

$$[S]_{p-1,p-2} (D)_{p-2} + [S]_{p-1,p-1} (D)_{p-1} + [S]_{p-1,p} (D)_p = (A)_{p-1}$$

$$[S]_{p,p-1} (D)_{p-1} + [S]_{p,p} (D)_p + [S]_{p,p+1} (D)_{p+1} = (A)_p$$

$$[S]_{p+1,p} (D)_p + [S]_{p+1,p+1} (D)_{p+1} = (A)_{p+1}$$

O método da eliminação em série consiste em eliminar os deslocamentos das equações de equilíbrio, através de um processo de recorrência, partindo da eliminação $(D)_1$, ou seja, da eq. (5.3), tem-se :

$$(D)_1 = [S]_{1,1}^{-1} ((A)_1 - [S]_{1,2} (D)_2) \quad \text{eq. (5.5)}$$

substituindo o valor de $(D)_1$ dado pela eq. (5.5) na eq. (5.4) chega-se a:

$$[S]_{2,2}^* (D)_2 + [S]_{2,3} (D)_3 = (A)_2^* \quad \text{eq. (5.6)}$$

onde:

$$[S]_{2,2}^* = [S]_{2,2} - [S]_{2,1} [S]_{1,1}^{-1} [S]_{1,2} \quad \text{eq. (5.7)}$$

$$(A)_2^* = (A)_2 - [S]_{2,1} [S]_{1,1}^{-1} (A)_1 \quad \text{eq. (5.8)}$$

Para i-ésima subestrutura (andar) tem-se :

$$(D)_i = [S]^{*-1}_{i,i} ((A)^*_i - [S]_{i,i+1} (D)_{i+1}) \quad \text{eq. (5.9)}$$

$$[S]^{*}_{i+1,i+1} (D)_{i+1} + [S]_{i+1,i+2} (D)_{i+2} = (A)^*_{i+1} \quad \text{eq. (5.10)}$$

onde:

$$[S]^{*}_{i+1,i+1} = [S]_{i+1,i+1} - [S]_{i+1,i} [S]^{*-1}_{i,i} [S]_{i,i+1} \quad \text{eq. (5.11)}$$

$$(A)^*_{i+1} = (A)_{i+1} - [S]_{i+1,i} [S]^{*-1}_{i,i} (A)^*_i \quad \text{eq. (5.12)}$$

A última eliminação da série é representada pelas equações :

$$(D)_p = [S]^{*-1}_{p,p} ((A)^*_p - [S]_{p,p+1} (D)_{p+1}) \quad \text{eq. (5.13)}$$

$$[S]^{*}_{p+1,p+1} (D)_{p+1} = (A)^*_{p+1} \quad \text{eq. (5.14)}$$

onde:

$$[S]^{*}_{p+1,p+1} = [S]_{p+1,p+1} - [S]_{p+1,p} [S]^{*-1}_{p,p} [S]_{p,p+1} \quad \text{eq. (5.15)}$$

$$(A)^*_{p+1} = (A)_{p+1} - [S]_{p+1,p} [S]^{*-1}_{p,p} (A)^*_p \quad \text{eq. (5.16)}$$

Nessas expressões, tem-se que $(D)_{p+1}$ é um vetor deslocamento; dessa forma, na eq. (5.14), os deslocamentos para a última subestrutura correspondem à base, onde os deslocamentos são impedidos.

Os deslocamentos nas coordenadas imediatamente acima da base, serão determinados substituindo $(D)_{p+1}$ na eq. (5.13), e assim por retro-substituição é possível calcular os deslocamentos em todas as coordenadas da estrutura.

6.- CÁLCULO DOS ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS

6.1 - VIGAS

Após resolvida a equação (5.2), pesquisa-se no vetor (D) os deslocamentos dos nós extremos de cada viga, e calculam-se os esforços nas extremidades destes elementos no sistema de referência local através da expressão:

$$\{A_{VL}\} = [S_{VL}] [T_V] [R_V] (D_{VO}) + \{A_{EEP}\} \quad \text{eq. (6.1)}$$

onde o produto

$$\{D_{VL}\} = [T_V] [R_V] (D_{VO}) \quad \text{eq. (6.2)}$$

fornece os deslocamentos das extremidades da viga no citado referencial, de acordo com as equações (4.1) e (4.2).

6.2 - PILARES

O processo de cálculo é semelhante ao descrito acima para as vigas, porém sem levar em conta os esforços de engastamento perfeito.

Neste caso tem-se

$$\{A_{PL}\} = [S_{PL}] [R_P] [T_P] (D_{PO}) \quad \text{eq. (6.3)}$$

de acordo com as equações (4.13) e (4.15), chega-se a:

$$\{D_{PL}\} = [R_P] [T_P] (D_{PO}) \quad \text{eq. (6.4)}$$

onde $\{D_{PL}\}$ é o vetor de deslocamentos dos extremos do pilar no sistema de referência local.

6.3 - REAÇÕES DE APOIO

As reações de apoio da estrutura são calculadas a partir dos esforços nas extremidades dos pilares, determinados pela equação (6.3).

A figura 6.1 indica a notação utilizada.

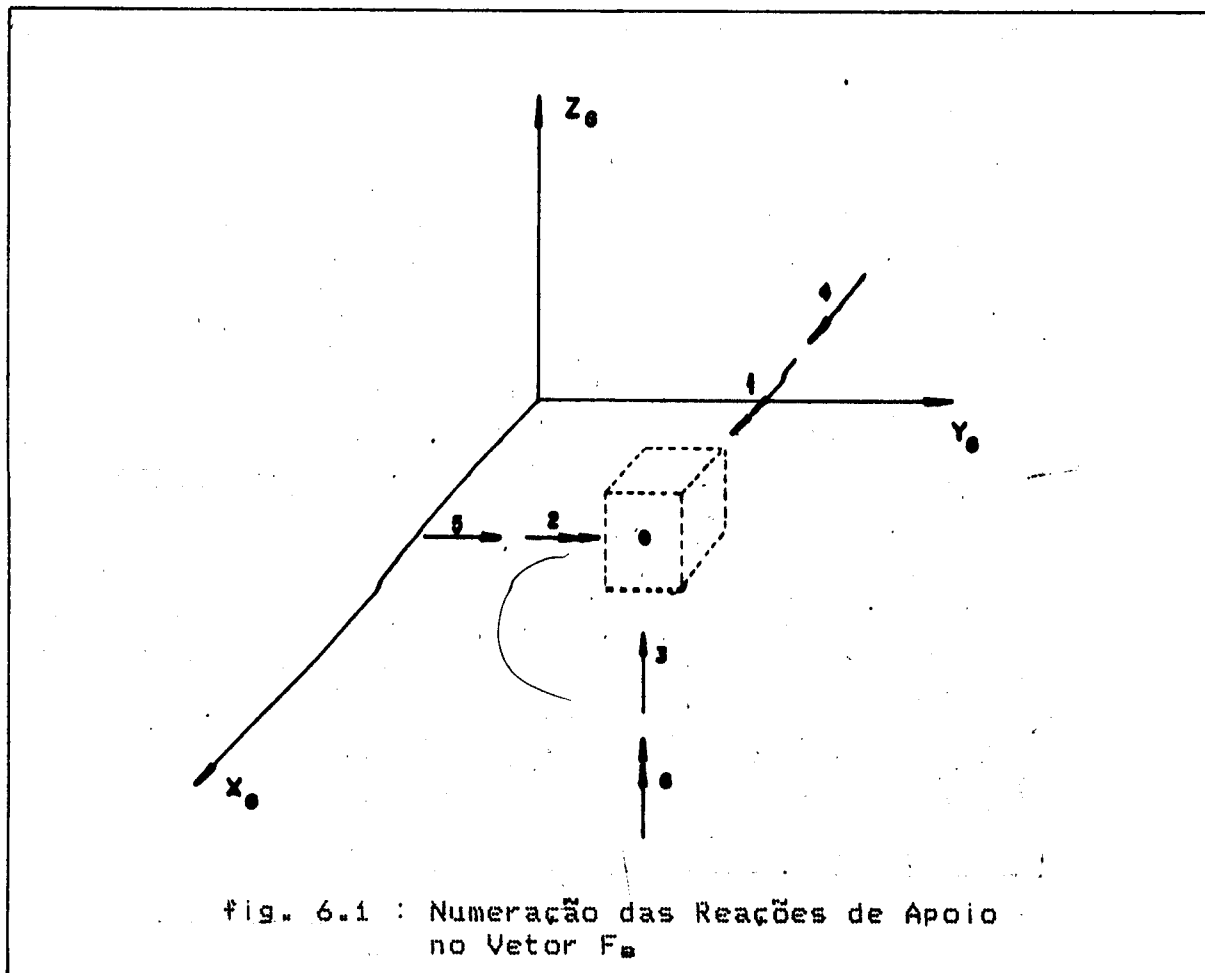


fig. 6.1 : Numeração das Reações de Apoio no Vetor F_B

Para um apoio da base da estrutura, relacionado com a extremidade inferior B de um determinado pilar (fig. 4.7), pode-se obter as reações com o auxílio da seguinte expressão:

$$\{F_B\} = [R_{PB}]^t \{A_{PLB}\} \quad \text{eq. (6.5)}$$

onde $\{A_{PLB}\}$ representa os esforços na extremidade inferior do pilar referidos ao sistema local, $[R_{PB}]^t$ é a matriz de rotação transposta do pilar apresentada a seguir:

$$[R_{pp}]^t = \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{sen}\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\alpha & -\text{sen}\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{sen}\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

e $\{F_p\}$ representa as reações de apoio referidas ao sistema global.

7. ESTRUTURAÇÃO DO PROGRAMA

Foi desenvolvido um programa para o cálculo descrito no capítulo anterior para obtenção dos esforços internos nos elementos da estrutura tridimensional. Para este fim, desenvolveu-se um programa em linguagem Fortran 77 para microcomputadores.

O programa foi subdividido em cinco sub-programas :

7.1 - SUB-PROGRAMAS

7.1.a - SUB-PROGRAMA 1

Corresponde à rotina de entrada de todos os dados da estrutura, rotina para a eliminação da matriz de rigidez do sistema, rotina para o cálculo dos deslocamentos e rotina para o cálculo dos esforços internos e reações nos apoios.

7.1.b - SUB-PROGRAMA 2

Corresponde à rotina que calcula a matriz de rigidez da viga, rotina que calcula a matriz de rigidez do pilar, rotina para o cálculo da matriz de rotação e transferência da viga, rotina para cálculo da matriz de rotação e transferência do pilar, rotina para multiplicação de matrizes e rotina para inversão de matrizes.

7.1.c - SUB-PROGRAMA 3

Corresponde à rotina que calcula a matriz de rigidez do sistema.

7.1.d - SUB-PROGRAMA 4

Corresponde à rotina que monta o valor de todas as cargas da estrutura.

7.1.e - SUB-PROGRAMA 5

Corresponde à rotina que calcula os esforços de engastamento perfeito das vigas, para todos tipos de carregamentos.

7.2 - MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

TABELAS PARA ENTRADAS DOS DADOS

Criar um arquivo com nome que pode ser livremente escolhido através de um editor de textos comum.

Os títulos serão digitados a partir da primeira coluna, a esquerda do vídeo, e possuirão no máximo quatro caracteres. As especificações correspondentes começarão sempre na quinta coluna, na linha imediatamente abaixo do título. Cada especificação será composta por um conjunto de números, inteiros e/ou reais, separados por vírgulas.

Obs: [I] inteiro máximo 5 dígitos.
 [R] real máximo de 10 dígitos.
 [A] caracter máximo de 4 dígitos.

As duas primeiras linhas do arquivo de dados são utilizadas para o preenchimento de um cabeçalho podendo, em cada uma, ser especificado um total de 40 caracteres a partir da primeira coluna. A primeira linha se refere ao título do projeto e a segunda ao nome do cliente.

Na terceira linha do arquivo deve ser especificado o número de andares (NA) do edifício e o número de pavimentos diferentes (NTIPO) a partir da primeira coluna e separados por vírgula.

A seguir, são fornecidos os dados referentes a cada tipo de pavimento.

Tabela : PAV

Utilização : geração dos tipos de pavimentos.

Formato:

```
1 5
-----
PAV
  J,NI,PD,
  . . .
  . . .
```

onde:

- J = números 1,2,3,.... (contador [I])
- NI = número do andar [I]
- PD = pé-direito do andar [R]

Tabela : MATL

Utilização : definição de propriedades dos materiais

Formato :

```
1 5
-----
MATL
  IT,E,G,PE,
  . . .
  . . .
```

onde:

- IT = número do material que se deseja definir [I]
- E = módulo de elasticidade longitudinal [R]
- G = módulo de elasticidade transversal [R]
- PE = peso específico [R]

Tabela : NO

Utilização : definição de coordenadas nodais.

Formato :

```
1 5
-----
NO
  NNO,X(NNO),Y(NNO),
  . . .
  . . .
```

onde :

NNO = número do nó que se deseja definir [I]
X(NNO) = coordenada segundo o eixo global OX [R]
Y(NNO) = coordenada segundo o eixo global OY [R]

Tabela : PROV

Utilização : definição de propriedades de seções das vigas.

Formato :

```
1 5
-----
PROV
  NV,IXV,IYV,AZV,
  . . .
  . . .
```

onde :

NV = tipo da propriedade que se deseja definir [I]
IXV = momento de inércia à torção [R]
IYV = momento de inércia à flexão em relação
ao eixo Y_v [R]
AZV = área da seção transversal da viga [R]

Tabela : PROP

Utilização : definição de propriedades das seções dos pilares.

Formato :

```
1 5
-----
PROP
  NP,IXP,IYP,IZP,AZP,
  . . . . .
  . . . . .
```

onde :

- NP = tipo da propriedade que se deseja definir [I]
- IXP = momento de inércia à flexão em relação ao eixo X_p [R]
- IYP = momento de inércia à flexão em relação ao eixo Y_p [R]
- IZP = momento de inércia à torção [R]
- AZP = área da seção transversal do pilar [R]

Tabela : VIGA

Utilização : definição de incidência e propriedade das vigas.

Formato :

```
1 5
-----
VIGA
  IV,NOVI NOI,NOF,PROV,XI,YI,XF,YF,NW,
  . . . . .
  . . . . .
```

onde :

- IV = contador das vigas que se deseja definir [I]
- NOVI = nome da viga que se deseja definir (ocupa 4 caracteres devendo, se não forem preenchidos deixar em branco) [A]

NOI = nó inicial da viga [I]
 NOF = nó final da viga [I]
 PROV = propriedade da viga definida anteriormente [R]
 XI = excentricidade em x do NOI da viga [R]
 YI = excentricidade em y do NOI da viga [R]
 XF = excentricidade em x do NOF da viga [R]
 YF = excentricidade em y do NOF da viga [R]
 NW = material utilizado já especificado no MATL

OBS.: Entre NOVI e NOI não existe vírgula.

Tabela : PILA

Utilização : definição de incidência e propriedade dos pilares.

Formato :

```

1  5
-----
PILA
IP,NOPI NOIN,NOS,PROP,XIN,YIN,XS,YS,NZ,PDI,SENAP,COSAP
.  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
.  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .
  
```

onde :

IP = contador dos pilares que se deseja definir [I]
 NOPI = nome do pilar que se deseja definir (ocupa
 4 caracteres devendo, se não forem
 preenchidos, deixar em branco) [A]
 NOIN = nó inferior do pilar [I]
 NOS = nó superior do pilar [I]
 PROP = propriedade do pilar definida anteriormente
 XIN = excentricidade em x do NOIN do pilar [R]
 YIN = excentricidade em y do NOIN do pilar [R]
 XS = excentricidade em x do NOS do pilar [R]
 YS = excentricidade em y do NOS do pilar [R]
 NZ = propriedade do material já especificado no
 MATL
 PDI = pé-direito do andar já especificado no ANDA
 SENAP = seno do ângulo entre o eixo local do pilar
 e o eixo global da estrutura
 COSAP = cosseno do ângulo entre o eixo local do
 pilar e o eixo global da estrutura

OBS.: Entre NOPI e NOIN não existe vírgula.

Tabela : FIM

Utilização : definição do fim da entrada de dados de um tipo de pavimento

Formato :

1 5

FIM

Tabela : ANDA

Utilização : definição dos tipos de pavimentos.

Formato :

1 5

ANDA
ITP,NPT,
: :
: :

onde :

ITP = número do pavimento que se deseja atribuir o tipo [I]
NPT = é o tipo do pavimento descrito acima [I]

Tabela : FIMG

Utilização : definição do fim da leitura das características geométricas.

Formato :

1 5

FIMG

Tabela : CAN

Utilização : definição de carregamento no andar.

Formato :

```
1 5
-----
CAN
KN,FX,FY,MZ,
. . . .
. . . .
```

onde :

KN = andar referido
FX = força segundo a direção X
FY = força segundo a direção Y
MZ = momento em relação ao eixo global Z

Tabela : CND

Utilização : carregamento nodal

Formato :

```
1 5
-----
CND
KN,NOK,FZ,MX,MY,
. . . .
. . . .
```

onde :

KN = andar referido
NOK = nó do andar referido
FZ = força segundo a direção global Z
MX = momento segundo a direção global X
MY = momento segundo a direção global Y

Tabela : CAVI

Utilização : carregamentos nas vigas.

Formato :

```
1 5
-----
CAVI
NOVI NCV,
. .
. .
```

onde :

NOVI = viga

NCV = número de carregamentos na viga

OBS.: Entre NOVI e NCV não existe vírgula.

Tabela : PC

Utilização : carga concentrada na direção Z em vigas.

Formato :

```
1 5
-----
PC P,DI,
. . .
. . .
```

onde :

P = carga concentrada

DI = distância do início da viga até a carga P

OBS.: Entre PC e P não existe vírgula.

Tabela : DH

Utilização : carga uniformemente distribuída em vigas segundo a direção Z.

Formato :

```
1 5
-----
DH Q,DI,DF,
. . . .
. . . .
```

onde :

Q = intensidade da carga uniformemente distribuída

DI = distância do início da viga ao início do carregamento

DF = distância do início da viga ao final do carregamento

OBS.: Entre DH e Q não existe vírgula.

Tabela : DT

Utilização : carga linearmente distribuída trapezoidal em vigas segundo a direção Z.

Formato :

```
1 5
-----
DT PI,PF,DI,DF,
. . . .
. . . .
```

onde :

PI = intensidade da carga no início

PF = intensidade da carga no final

DI = distância do início da viga ao início do carregamento
DF = distância do início da viga ao final do carregamento

OBS.: Entre DT e PI não existe vírgula.

Tabela : MF

Utilização : carga momento fletor na viga.

Formato :

```
  1  5  
-----  
  MF M,DI,  
    . . .  
    . . .
```

onde :

M = momento fletor aplicado à viga
DI = distância do início da viga ao ponto de aplicação do momento fletor

OBS.: Entre MF e M não existe vírgula.

Tabela : TM

Utilização : carga de momento torção na viga.

Formato :

```
  1  5  
-----  
  TM T,DI,  
    . . .  
    . . .
```

onde :

T = intensidade do momento torçor
DI = distância do início da viga ao ponto de
aplicação do momento torçor

OBS.: Entre TM e T não existe vírgula.

Tabela : FIMC

Utilização : fim da leitura do carregamento

Formato :

1 5

FIMC

Tabela : FIMT

Utilização : fim de todos os dados da estrutura

Formato :

1 5

FIMT

8.- LISTAGEM DO PROGRAMA

```

C *** =====
C ***      PROGRAMA PARA O CALCULO DOS ESFORCOS EM EDIFICIOS
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
CHARACTER*2 TC
CHARACTER*14 NARQ
CHARACTER*4 BRANCO,AUX,AUX1,NOVI(10),NOPI(10),CHAVE1,CHAVE2,CHAVE3
*,CHAVE4,CHAVE5,CHAVE6,CHAVE7,CHAVE8,AUX2,AUX3,TIT1,TIT2,TIT3,TIT4,
*TIT5,TIT10,TIT11,TIT12
CHARACTER*1 TITULO(2,60)
INTEGER NI(10),NOI(10),NOF(10),NS(10),NOIN(10),NW(10),NZ(10),
1NOS(10),NX(10),NPT(10),NOK(10),MNNA(11),NCV,IA,IB,IC,ID,IE,IF,
2NTNA(10),NLIM,NNAS,IL2,IL3,IL4,IL5,IL6,LK1,LK2,LK3,LK8,NNOA,
3MK1,MK2,MN(10)
REAL E(10),G(10),PE(10),IXV(10),IYV(10),AZV(10),IXP(10),IYP(10)
1,AZP(10),X(10),Y(10),PD(10),XI(10),YI(10),XF(10),YF(10),XIN(10
2),YIN(10),XS(10),YS(10),FX(10),FY(10),MZ(10),FZ(10),MX(10),MY(10),
3P(10),DI(10),Q(10),DDI(10),DDF(10),M(10),DMI(10),T(10),DTI(10),
4IZP(10),PDI(10),SENAP(10),COSAP(10),AUX4,AUX5,AUX6,AUX7,LK4,LK5,
5LK6,LK7,LAUX1,LAUX2,LAUX3,LAUX4,LAUX5,LAUX6,LAUX7,LAUX8,LAUX9,
6LAUX10,MK4,MK5,MK6,MK7,MAUX7,MAUX8,MAUX9,MAUX10,ML3,ML4,ML5,ML6,
7ML7,MNAX8,MNAX9,MNAX10,MNAX11,MH,MXA,MYA,MYB,MYC,K4,K5,K6,K7,
8NAUX1,NAUX2,NAUX3,NAUX4,NAUX5,NAUX6,NAUX7,NAUX8,NAUX9,NAUX10,
9PB(10),PC(10),NAUX11,L4,L5,L6,L7,L9,L10,L11,PLI(10),PLF(10),
*DLI3(10),DLF3(10)
REAL*8 MS(81,81),LCL,LC,MLC,MCL,F(54),CC(6),MLP,MSMOD(81,81)
*,FMOD(54),CN(6),CF(6),RTV(6,6),RTP(12,12),A(81,81),DS(54)
*,DM(54),FA(54),RTVT(6,6),RTPT(12,12),RTVF(6,6),RTPF(12,12),
*SRTP(6,6),SRTP(12,12),DV(6),AVL(6),C,CL,SEN,DIVS,SENA,CSX,DIVC,
*COXA,SV(6,6),SP(12,12),T1,T4,M2,M5,V3,V6,DP(12),APL(12),LP,
*RPL(10,12),MF1,MF7,MF2,MF8,FZ3,FZ9,FX4,FX10,FY5,FY11,MZ6,MZ12,
*RPT(12,12)
COMMON/UM/NA,NPT,NNO,IV,IP,NV,IT,NOI,NOF,NS,XI,YI,XF,YF,NW,
*IXV,IYV,AZV,G,E,PE,X,Y,NOIN,NOS,NX,XIN,YIN,XS,YS,NZ,PDI,
*IXP,IYP,IZP,AZP,SENAP,COSAP,IM,NCACR
COMMON/DOIS/MS,MNNA
COMMON/TRES/NOVI,P,DI,Q,DDI,DDF,PL,DLI,DLF,M,DMI,T,
*DTM,NCV,IA,IB,IC,ID,IE,CN,PLI,PLF,DLI3,DLF3
COMMON/QUATRO/CC
OPEN(7,FILE='FORCA',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=4000)
OPEN(8,FILE='DADOS',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=4000)
OPEN(9,FILE='CODAD',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=1000)
OPEN(10,FILE='CARR',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=4000)
OPEN(11,FILE='MAT',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=52488)

```

```

OPEN(13,FILE='VENT',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=4000)
OPEN(15,FILE='ESF',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=4000)
OPEN(16,FILE='EEP',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=4000)
OPEN(17,FILE='DESL',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED',
*ACCESS='DIRECT',RECL=4000)
CHAVE1='PAV '
CHAVE2='MATL'
CHAVE3='NO '
CHAVE4='PROV'
CHAVE5='PROP'
CHAVE6='VIGA'
CHAVE7='PILA'
CHAVE8='FIM'
BRANCO=' '
OPEN (2,FILE='PRN')
OPEN (1,FILE='MAR')
WRITE(*,8)
8 FORMAT(///,5X,'NOME DO ARQUIVO DE DADOS:'\ )
READ(*,12) NARQ
12 FORMAT(A12)
WRITE(*,1)
1 FORMAT(///,5X,'UNIDADE DE SAIDA (0 OU 1 OU 2):'\ )
READ(*,2) IM
2 FORMAT(I5)
OPEN(6,FILE=NARQ,STATUS='OLD',FORM='FORMATTED',ACCESS='SEQUENTIAL'
*)
LE=6
READ(LE,5)((TITULO(I,J),J=1,60),I=1,2)
5 FORMAT(60A1,/,60A1)
WRITE(IM,10)((TITULO(I,J),J=1,60),I=1,2)
10 FORMAT(/,5X,'PROJETO:',1X,60A1,/,5X,'CLIENTE:',1X,60A1,///)
READ(LE,*)NA,NTIPO
WRITE(IM,180)NA,NTIPO
180 FORMAT(2I5)
DO 14 JJJ=1,NTIPO
READ(LE,15)AUX
15 FORMAT(A4)
AUX3=0
9999 IF(AUX.EQ.CHAVE1)GOTO 1000
IF(AUX.EQ.CHAVE2)GOTO 2000
IF(AUX.EQ.CHAVE3)GOTO 3000
IF(AUX.EQ.CHAVE4)GOTO 4000
IF(AUX.EQ.CHAVE5)GOTO 5000
IF(AUX.EQ.CHAVE6)GOTO 6000
IF(AUX.EQ.CHAVE7)GOTO 7000
IF(AUX.EQ.CHAVE8)GOTO 8000

```



```

C *** =====
C ***      ROTINA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DAS VIGAS
C *** =====
4000 WRITE(IM,60)
   60 FORMAT(//,5X,75('='),/,5X,'GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA'
   1,/,5X,'TIPO',7X,'MOM. INERCIA X',7X,'MOM. INERCIA Y',7X,'AREA'
   2,13X,'IDENT',/,5X,75('='),/)
3001 READ(LE,45)AUX1
   45 FORMAT(A4)
      IF(AUX1.EQ.BRANCO) GO TO 3100
      AUX=AUX1
      GO TO 9999
3100 READ(LE,47)NV,IXV(NV),IYV(NV),AZV(NV)
   47 FORMAT(4X,I5,3F10.0)
      WRITE(IM,70)NV,IXV(NV),IYV(NV),AZV(NV),AUX
   70 FORMAT(4X,I4,9X,G10.3,11X,G10.3,5X,G10.3,13X,A4)
      GO TO 3001
C *** =====
C ***      ROTINA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE PILAR
C *** =====
5000 WRITE(IM,80)
   80 FORMAT(//,5X,75('='),/,5X,'GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR'
   1,/,5X,'TIPO',3X,'MOM. INERCIA X',3X,'MOM. INERCIA Y',3X,'MOM. INE
   2RCIA Z',7X,'AREA',4X,'IDENT',/,5X,75('='),/)
4001 READ(LE,55)AUX1
   55 FORMAT(A4)
      IF(AUX1.EQ.BRANCO) GO TO 4100
      AUX=AUX1
      GO TO 9999
4100 READ(LE,57)NP,IXP(NP),IYP(NP),IZP(NP),AZP(NP)
   57 FORMAT(4X,I5,4F10.0)
      WRITE(IM,90)NP,IXP(NP),IYP(NP),IZP(NP),AZP(NP),AUX
   90 FORMAT(4X,I4,5X,G10.3,7X,G10.3,7X,G10.3,1X,G10.3,7X,A4)
      GO TO 4001
C *** =====
C ***      ROTINA DE VIGAS TIPO
C *** =====
6000 WRITE(IM,120)
   120 FORMAT(//,5X,75('='),/,5X,'GERACAO DAS VIGAS'
   1,/,5X,'VIGA',2X,'NO INICIAL',3X,'NO FINAL',3X,'SECAO',3X,'EXC. IN
   2ICIAL',6X,'EXC. FINAL',3X,'IDENT',/,45X,'XI    YI',10X,'XF    YF',
   3/,5X,75('='),/)
7001 READ(LE,75)AUX1
   75 FORMAT(A4)
      IF(AUX1.EQ.BRANCO) GO TO 7100
      AUX=AUX1
      GO TO 9999
7100 READ(LE,77)IV,NOVI(IV),NOI(IV),NOF(IV),NS(IV),XI(IV),YI(IV),
   *XF(IV),YF(IV),NW(IV)
   77 FORMAT(4X,I5,A4,3I5,4F10.0,I5)
      MN(JJJ)=IV

```

```

WRITE(IM,130)NOVI(IV),NOI(IV),NOF(IV),NS(IV),XI(IV),YI(IV),XF(IV),
1YF(IV),AUX
130 FORMAT(6X,A4,4X,I3,6X,I3,9X,I3,4X,F5.3,2X,F5.3,4X,F5.3,3X,F5.3,2X
1,3X,A4)
GO TO 7001
C *** =====
C *** ROTINA DE PILARES TIPO
C *** =====
7000 WRITE(IM,140)
140 FORMAT(//,5X,75('='),/,5X,'GERACAO DOS PILARES'
1,/,5X,'PILAR',2X,'NO SUPER',2X,'NO INFER',2X,'SECAO',2X,
2'EXC.INFER',2X,'EXC.SUPER',4X,'SENAP',1X,'COSAP',1X'IDENT',/,39X
3,'XI YI',2X,'XS YS',/,5X,75('='),/)
8001 READ(LE,85)AUX1
85 FORMAT(A4)
IF(AUX1.EQ.BRANCO) GO TO 8100
AUX=AUX1
GO TO 9999
8100 READ(LE,87)IP,NOPI(IP),NOIN(IP),NOS(IP),NX(IP),XIN(IP),
*YIN(IP),XS(IP),YS(IP),NZ(IP),PDI(IP),SENAP(IP),COSAP(IP)
87 FORMAT(4X,I5,A4,3I5,4F10.0,I5,F5.0,2F10.0)
WRITE(IM,150)NOPI(IP),NOIN(IP),NOS(IP),NX(IP),XIN(IP),YIN(IP),
*XS(IP),YS(IP),SENAP(IP),COSAP(IP),AUX
150 FORMAT(6X,A4,3X,I3,4X,I3,8X,I3,2X,F5.3,2X,F5.3,2X,F5.3,2X,F5.3,
*2X,F5.3,1X,F5.3,1X,A4)
GO TO 8001
C *** =====
C *** FIM DA LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO
C *** =====
8000 WRITE(IM,190)
190 FORMAT(///,5X,75('='),/,5X,'FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO',/
1///)
C -----
WRITE(8,REC=JJJ)X,Y,E,G,PE,XI,YI,XF,YF,IXV,IYV,IXP,IYP,
*IZP,AZP,AZV,XIN,YIN,XS,YS,SENAP,COSAP
WRITE(9,REC=JJJ)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,
*NZ,PDI
14 CONTINUE
TIT1='ANDA'
TIT2='FIMG'
TIT3='CAN'
TIT4='CNO'
TIT5='CAVI'
TIT10='FIMC'
TIT12='FIMT'
READ(LE,125)AUX2
125 FORMAT(A4)
8888 IF(AUX2.EQ.TIT1)GO TO 9000
IF(AUX2.EQ.TIT2)GO TO 10000
IF(AUX2.EQ.TIT3)GO TO 11000
IF(AUX2.EQ.TIT4)GO TO 12000
IF(AUX2.EQ.TIT5)GO TO 13000
IF(AUX2.EQ.TIT10)GO TO 18000
IF(AUX2.EQ.TIT12)GO TO 15000

```

```

C *** =====
C ***          ROTINA DOS ANDARES
C *** =====
9000 WRITE(IM,160)
160 FORMAT(//,5X,75('='),/,5X,'GERACAO DOS ANDARES'
1,/,5X,'ANDAR',30X,'TIPO',31X,'IDENT',/,5X,75('='),/)
9001 READ(LE,95)AUX3
95 FORMAT(A4)
IF(AUX3.EQ.BRANCO) GO TO 9100
AUX2=AUX3
GO TO 8888
9100 READ(LE,97)ITP,NPT(ITP)
97 FORMAT(4X,2I5)
KKK=NPT(ITP)
READ(9,REC=KKK) NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,
*NZ,PDI
MNA(ITP)=NNO
WRITE(IM,170)ITP,NPT(ITP),AUX2
170 FORMAT(4X,I5,28X,I5,34X,A4)
WRITE(IM,180)NA
GO TO 9001
C *** =====
C ***          FIM DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS
C *** =====
10000 WRITE(IM,200)
200 FORMAT(///,5X,75('-'),/,5X,'FIM DA LEITURA DAS CARACTERISTICAS GEO
1METRICAS',///)
READ(LE,135)AUX3
135 FORMAT(A4)
AUX2=AUX3
GO TO 8888
C *** =====
C ***          ROTINA DO CARREGAMENTO NO ANDAR
C *** =====
11000 WRITE(IM,210)
210 FORMAT(//,5X,75('='),/,5X,'GERACAO DO CARREGAMENTO NO ANDAR'
1,/,5X,'ANDAR',8X,'RESULT.(FX)',9X,'RESULT.(FY)',8X,
2'MOM.(MZ)',10X,'IDENT',/,5X,75('='),/)
11001 READ(LE,145)AUX3
145 FORMAT(A4)
IF(AUX3.EQ.BRANCO) GO TO 11100
AUX2=AUX3
GO TO 8888
11100 READ(LE,148) KA,FX(KA),FY(KA),MZ(KA)
148 FORMAT(4X,I5,3F10.0)
WRITE(IM,220) KA,FX(KA),FY(KA),MZ(KA),AUX2
220 FORMAT(4X,I5,10X,F10.3,10X,F10.3,6X,F10.3,12X,A4)
WRITE(7,REC=KA)FX,FY,MZ
GO TO 11001

```

```

C *** =====
C ***          ROTINA DO CARREGAMENTO NODAL
C *** =====
12000 WRITE(IM,230)
      230 FORMAT(//,5X,75('='),/,5X,'GERACAO DO CARREGAMENTO NODAL'
      * ,//,5X,'ANDAR',3X,'NO',2X,'RESULT. SEG. Z (FZ)',2X,' MOM. SEG.
      * X (MX)',2X,'MOM. SEG. Y (MY)',2X,'IDENT',/,5X,75('='),/)
12001 READ(LE,155)AUX3
      155 FORMAT(A4)
      IF(AUX3.EQ.BRANCO) GO TO 12100
      AUX2=AUX3
      GO TO 8888
12100 READ(LE,157)KN,NOK(KN),FZ(NOK(KN)),MX(NOK(KN)),MY(NOK(KN))
      157 FORMAT(4X,2I5,3F10.0)
      WRITE(IM,240)KN,NOK(KN),FZ(NOK(KN)),MX(NOK(KN)),MY(NOK(KN)),AUX2
      240 FORMAT(4X,I5,1X,I5,4X,F10.3,10X,F10.3,7X,F10.3,11X,A4)
      WRITE(13,REC=KN)FZ,MX,MY
      GO TO 12001
C *** =====
C ***          ROTINAS DOS CARREGAMENTOS EM VIGAS
C *** =====
13000 WRITE(IM,164)
      164 FORMAT(//,5X,75('='),5X,/,5X,'GERACAO DO CARREGAMENTO DAS VIGAS'
      * ,//,5X,'TIPO',3X,'VIGA',5X,'TIPO DE CARREGAMENTO',//,5X,75('='),/)
13001 READ(LE,163)AUX3
      163 FORMAT(A4)
      IF(AUX3.NE.BRANCO) GO TO 1234
      NNIA=0
      DO 133 II=1,NTIPO
        WRITE(IM,166)NTIPO
      166   FORMAT(5X,I3)
        DO 143 N=1,IV
          READ(LE,165)NOVI(N),NCV
      165   FORMAT(4X,A4,I5)
          IA=0
          IB=0
          IC=0
          ID=0
          IE=0
          DO 153 IJ=1,NCV
            READ(LE,175)TC,AUX4,AUX5,AUX6,AUX7
      175   FORMAT(4X,A2,4G10.3)
            IF(TC.EQ.'PC') GO TO 500
            IF(TC.EQ.'DH') GO TO 600
            IF(TC.EQ.'DT') GO TO 700
            IF(TC.EQ.'MF') GO TO 800
            IF(TC.EQ.'TM') GO TO 901
      500   IA=IA+1
            P(IA)=AUX4
            DI(IA)=AUX5
            GO TO 153
      600   IB=IB+1
            Q(IB)=AUX4
            DDI(IB)=AUX5

```

```

      DDF(IB)=AUX6
      GO TO 153
700    IC=IC+1
      PLI(IC)=AUX4
      PLF(IC)=AUX5
      DLI3(IC)=AUX6
      DLF3(IC)=AUX7
      GO TO 153
800    ID=ID+1
      M(ID)=AUX4
      DMI(ID)=AUX5
      GO TO 153
901    IE=IE+1
      T(IE)=AUX4
      DTI(IE)=AUX5
      GO TO 153
153   CONTINUE
      WRITE(IM,250) NOVI(N)
250   FORMAT(10X,A4,\)
      IF(IA.EQ.0) GO TO 1130
      WRITE(IM,351)
351   FORMAT(21X,'CARGA CONCENTRADA',/,23X,'P',8X,'DI')
      DO 950 IJ=1,IA
      WRITE(IM,450)P(IJ),DI(IJ)
450   FORMAT(21X,2G10.4)
950   CONTINUE
1130  IF(IB.EQ.0) GO TO 1200
      WRITE(IM,550)
550   FORMAT(21X,'CARGA DISTRIBUIDA',/,23X,'Q',8X,'DI',8X,'DF')
      DO 900 IJ=1,IB
      WRITE(IM,650)Q(IJ),DDI(IJ),DDF(IJ)
650   FORMAT(21X,3G10.4)
900   CONTINUE
C     CARGA TRAEZOIDAL
1200  IF(IC.EQ.0) GO TO 1300
      WRITE(IM,753)
753   FORMAT(21X,'CARGA LIN. DISTR.TRAPEZOIDAL',/,23X,'PI',8X,
*     'PF',8X,'DI',8X,'DF')
      DO 957 IJ=1,IC
      WRITE(IM,958)PLI(IJ),PLF(IJ),DLI3(IJ),DLF3(IJ)
958   FORMAT(21X,4G10.4)
957   CONTINUE
1300  IF(ID.EQ.0) GO TO 1400
      WRITE(IM,951)
951   FORMAT(21X,'CARGA MOMENTO',/,23X,'M',8X,'DI')
      DO 953 IJ=1,ID
      WRITE(IM,1050) M(IJ),DMI(IJ)
1050  FORMAT(21X,2G10.4)
953   CONTINUE
1400  IF(IE.EQ.0) GO TO 1500
      WRITE(IM,1150)
1150  FORMAT(21X,'CARGA DE TORCAO',/,23X,'T',8X,'DI')

```



```

                DO 954 IJ=1,IE
                WRITE(IM,1250)T(IJ),DTI(IJ)
1250             FORMAT(21X,2G10.4)
954             CONTINUE
1500            CONTINUE
                NN=N+NNIA
                WRITE(10,REC=NN) NOVI,P,DI,Q,DDI,DDF,M,DMI,T,DTI,NCV,IA,IB,IC,
*              ID,IE,PLI,PLF,DLI3,DLF3
143            CONTINUE
                NNIA=MN(II)+NNIA
133            CONTINUE
                GO TO 13001
1234            AUX2=AUX3
                GO TO 8888
C *** -----
18000           WRITE(IM,350)
350            FORMAT(///,5X,75('='),/,5X,'FIM DE LEITURA DO CARREGAMENTO',///)
                READ(LE,181)AUX3
181            FORMAT(A4)
                AUX2=AUX3
                GO TO 8888
C *** -----
C *** =====
C ***           FIM DA LEITURA DOS DADOS DE TODA A ESTRUTURA
C *** =====
15000           WRITE(IM,15001)
15001          FORMAT(///,5X,75('='),/,5X,'FIM DA LEITURA DE TODOS OS DADOS DA
*ESTRUTURA',///)
C *** -----
                CALL MRSIS
                CALL CARGA
C *** =====
C ***           ROTINA PARA ELIMINACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ
C *** =====
                I0=NA-2
                DO 1907 I=1,I0
                    I1=NPT(I)
                    READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,
*NV,IT,NZ,PDI
                    NNOA1=3*(NNO+1)
                    I2=NPT(I+1)
                    READ(9,REC=I2)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,
*NV,IT,NZ,PDI
                    NNOA2=3*(NNO+1)
                    NCORD=NNOA1
                    NCORD1=NCORD+1
                    NCORD2=NNOA1+NNOA2
                    I3=NPT(I+2)
                    READ(9,REC=I3)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,
*NV,IT,NZ,PDI
                    NNOA3=3*(NNO+1)
                    NCORD3=NNOA2+NNOA3
                    NCORD4=NCORD3+1
                    NCORD5=NNOA1+NNOA2+NNOA3

```

```

DO 1935 LI=1,NCORD2
  FMOD(LI)=0.
DO 1935 LJ=1,NCORD5
  MSMOD(LI,LJ)=0.
1935 CONTINUE
  READ(11,REC=I)((MS(LI,LJ),LJ=1,NCORD2),LI=1,NCORD)
  READ(15,REC=I)(F(LI),LI=1,NCORD)
  DO 1923 LI=1,NCORD
    FMOD(LI)=F(LI)
  DO 1923 LJ=1,NCORD2
    MSMOD(LI,LJ)=MS(LI,LJ)
1923 CONTINUE
  DO 1931 LI=1,NCORD
  DO 1931 LJ=NCORD1,NCORD2
    MSMOD(LJ,LI)=MSMOD(LI,LJ)
1931 CONTINUE
  READ(11,REC=I+1)((MS(LI,LJ),LJ=1,NCORD3),LI=1,NNOA2)
  READ(15,REC=I+1)(F(LI),LI=1,NNOA2)
  DO 1911 LI=1,NNOA2
    FMOD(NCORD+LI)=F(LI)
  DO 1911 LJ=1,NCORD3
    MSMOD(NCORD+LI,NCORD+LJ)=MS(LI,LJ)
1911 CONTINUE
  CALL INV(MSMOD,NCORD)
  DO 1924 K=NCORD1,NCORD2
  DO 1924 L=NCORD1,NCORD2
  DO 1924 MI=1,NCORD
  DO 1924 INI=1,NCORD
    MSMOD(L,K)=MSMOD(L,K)-MSMOD(L,MI)*MSMOD(MI,INI)*MSMOD(INI,K)
1924 CONTINUE
  DO 1925 L=NCORD1,NCORD2
  DO 1925 MI=1,NCORD
  DO 1925 INI=1,NCORD
    FMOD(L)=FMOD(L)-MSMOD(L,INI)*MSMOD(INI,MI)*FMOD(MI)
1925 CONTINUE
  DO 1950 LI=1,NNOA2
    F(LI)=FMOD(NNOA2+LI)
  DO 1950 LJ=1,NCORD3
    MS(LI,LJ)=MSMOD(NNOA2+LI,NNOA2+LJ)
1950 CONTINUE
  WRITE(11,REC=I+1)((MS(LI,LJ),LJ=1,NCORD3),LI=1,NNOA2)
  WRITE(15,REC=I+1)(F(LI),LI=1,NNOA2)
1907 CONTINUE
C *** -----
C *** =====
C ***          ROTINA PARA O CALCULO DOS DESLOCAMENTOS
C *** =====
M1=NA-1
I1=NPT(M1)
READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,
*NV,IT,NZ,PDI
NCORD=3*(NNO+1)
I3=NPT(M1+1)

```

```

      READ(9,REC=I3)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,
      *NV,IT,NZ,PDI
      NNOA3=3*(NNO+1)
      NCORD3=NCORD+NNOA3
      READ(11,REC=M1)((MS(LI,LJ),LJ=1,NCORD3),LI=1,NCORD)
      READ(15,REC=M1)(F(LI),LI=1,NCORD)
      CALL INV(MS,NCORD)
      DO 1910 I=1,NCORD
        DM(I)=0.
        DO 1910 J=1,NCORD
          DM(I)=DM(I)+MS(I,J)*F(J)
1910  CONTINUE
      WRITE(17,REC=M1)(DM(I),I=1,NCORD)
      N2=(NA-2)
      DO 1915 K=N2,1,-1
        I1=NPT(K)
        READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,
      *NV,IT,NZ,PDI
        NNOA1=3*(NNO+1)
        I2=NPT(K+1)
        READ(9,REC=I2)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,
      *NV,IT,NZ,PDI
        NNOA2=3*(NNO+1)
        NCORD=NNOA1
        NCORD1=NCORD+1
        NCORD2=NNOA1+NNOA2
        READ(11,REC=K)((MS(LI,LJ),LJ=1,NCORD2),LI=1,NCORD)
        READ(15,REC=K)(F(LI),LI=1,NCORD)
        J1=K+1
        READ(17,REC=J1)(DM(LI),LI=1,NNOA2)
        CALL INV(MS,NCORD)
        DO 1918 I=1,NCORD
          DS(I)=0.
        DO 1918 J=1,NCORD
          FA(J)=0.
          DO 1917 JI=1,NNOA2
            FA(J)=FA(J)+MS(J,NCORD+JI)*DM(JI)
1917  CONTINUE
          DS(I)=DS(I)+MS(I,J)*(F(J)-FA(J))
1918  CONTINUE
        DO 1919 JI=1,NCORD
          DM(JI)=DS(JI)
1919  CONTINUE
        WRITE(17,REC=K)(DM(JI),JI=1,NCORD)
1915  CONTINUE
      DO 1279 I=1,NA-1
        I1=NPT(I)
        READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
      *PDI
        NCORD=3*(NNO+1)
        READ(17,REC=I)(DM(JI),JI=1,NCORD)

```

```

        WRITE(IM,1271)I
1271   FORMAT(/,5X,75('='),/,32X,'ANDAR',I5,/,21X,'GERACAO DOS DESLOC
*AMENTOS NODAIS',/,7X,'NO',10X,'ROTACAO X',15X,'ROTACAO Y',16X,'TRA
*NSLACAO Z',/,5X,75('='),/)
        DO 1171 IJ=1,NNO
            N1=(3*IJ)-2
            N2=(3*IJ)-1
            N3=(3*IJ)
            WRITE(IM,1272)IJ,DM(N1),DM(N2),DM(N3)
1272   FORMAT(5X,I5,5X,G15.6,10X,G15.6,10X,G15.6)
1171   CONTINUE
1279   CONTINUE
        WRITE(IM,1276)
1276   FORMAT(/,5X,75('='),/,20X,'GERACAO DOS DESLOCAMENTOS DO ANDAR',/,
*7X,'ANDAR',10X,'TRANSLACAO X',12X,'TRANSLACAO Y',12X,'ROTACAO Z',/
*,5X,75('='),/)
        DO 1278 I=1,NA-1
            I1=NPT(I)
            READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
*PDI
            NCORD=3*(NNO+1)
            READ(17,REC=I)(DM(JI),JI=1,NCORD)
            N1=(3*NNO+1)
            N2=(3*NNO+2)
            N3=(3*NNO+3)
            WRITE(IM,1272)I,DM(N1),DM(N2),DM(N3)
1278   CONTINUE
C *** =====
C ***           ROTINA PARA O CALCULO DOS ESFORÇOS NAS
C ***           EXTREMIDADES DAS VIGAS
C *** =====
        DO 1274 I=1,NA-1
            WRITE(IM,1172)I
1172   FORMAT(/,5X,75('='),/,32X,'ANDAR',I5,/,20X,'GERACAO DOS ESFORC
*OS NAS VIGAS',/,10X,'VIGA',3X,'EXTREMIDADE INICIAL',5X,'EXTREMIDAD
*E FINAL', 3X,'COMPRIMENTO',/,28X,'NOI',21X,'NOF',/,5X,75('='),/)
            I1=NPT(I)
            READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
*PDI
            NNIA=0
            IF(I1.EQ.1) GO TO 1179
                I2=I1-1
                NNIA=NNIA+I2*IV
1179   NCORD=3*(NNO+1)
            READ(8,REC=I1)X,Y,E,G,PE,XI,YI,XF,YF,IXV,IYV,IXP,IYP,IZP,
*
            AZP,AZV,XIN,YIN,XS,YS,SENAP,COSAP
            I2=NNO
            I3=IV
            I4=IP
            I5=NV
            I6=IT

```

```

DO 1277 NJ= 1,I3
  K1=NOI(NJ)
  K2=NOF(NJ)
  K3=NS(NJ)
  K4=XI(NJ)
  K5=YI(NJ)
  K6=XF(NJ)
  K7=YF(NJ)
  K8=NW(NJ)
  NAUX1=IXV(K3)
  NAUX2=IYV(K3)
  NAUX3=AZV(K3)
  NAUX4=G(K8)
  NAUX5=E(K8)
  NAUX6=PE(K8)
  NAUX7=X(K1)
  NAUX8=Y(K1)
  NAUX9=X(K2)
  NAUX10=Y(K2)
  C=SQRT((NAUX9-NAUX7)*(NAUX9-NAUX7)+(NAUX10-NAUX8)*
* (NAUX10-NAUX8)-(K7-K5)*(K7-K5))
  CL=C-(K4+K6)
  SEN=(NAUX10-NAUX8)*C-((K7-K5)*(NAUX9-NAUX7))
  DIVS=(NAUX9-NAUX7)*(NAUX9-NAUX7)+(NAUX10-NAUX8)*(NAUX10-NAUX8)
  SENA=SEN/DIVS
  CSX=(NAUX9-NAUX7)*C+(K7-K5)*(NAUX10-NAUX8)
  DIVC=(NAUX9-NAUX7)*(NAUX9-NAUX7)+(NAUX10-NAUX8)*(NAUX10-NAUX8)
  COSA=CSX/DIVC
  CALL SVL(NAUX4,NAUX5,CL,NAUX2,NAUX1,SV)
  CALL ROTV(SENA,COSA,K5,K4,K6,K7,RTV)
  CALL PROD(SV,RTV,6,6,6,SRTV)
  READ(17,REC=I)(DM(JI),JI=1,NCORD)
  NN=NNIA+NJ
* READ(10,REC=NN)NOVI,P,DI,Q,DDI,DDF,M,DM1,T,DTI,NCV,IA,IB,IC,
  ID,IE,PLI,PLF,DLI3,DLF3
DO 1175 LI=1,6
  AVL(LI)=0.
1175 CONTINUE
  J1=3*K1-2
  J2=3*K1-1
  J3=3*K1
  JK1=3*K2-2
  JK2=3*K2-1
  JK3=3*K2
  DV(1)=DM(J1)
  DV(2)=DM(J2)
  DV(3)=DM(J3)
  DV(4)=DM(JK1)
  DV(5)=DM(JK2)
  DV(6)=DM(JK3)
  READ(16,REC=NN)NOVI,CN(1),CN(2),CN(3),CN(4),CN(5),CN(6)

```

```

DO 1173 LI=1,6
  DO 1183 LJ=1,6
    AVL(LI)=AVL(LI)+SRTV(LI,LJ)*DV(LJ)
1183    CONTINUE
      AVL(LI)=AVL(LI)+CN(LI)
1173    CONTINUE
      WRITE(IM,1280)NOVI(NJ),K1,K2,CL
1280    FORMAT(/,11X,A4,12X,I5,17X,I5,4X,G15.6)
      T1=AVL(1)
      T4=AVL(4)
      M2=AVL(2)
      M5=AVL(5)
      U3=AVL(3)
      U6=AVL(6)
      WRITE(IM,1176)T1,T4,M2,M5,U3,U6
1176    FORMAT(11X,'MX',9X,G15.6,7X,G15.6,/,
*          11X,'MY',9X,G15.6,7X,G15.6,/,
*          11X,'FZ',9X,G15.6,7X,G15.6)
1277    CONTINUE
1274    CONTINUE
C *** =====
C ***          ROTINA PARA CALCULO DOS ESFORÇOS NAS
C ***          EXTREMIDADES DOS PILARES
C *** =====
DO 1190 I=1,NA-2
  WRITE(IM,1193)I
1193    FORMAT(/,5X,75('='),/,32X,'ANDAR',I5,/,20X,'GERACAO DOS ESFORC
*OS NOS PILARES',/,5X,'PILAR',8X,'NO SUPERIOR',8X,'NO INFERIOR',
*8X,'COMPRIMENTO',/,5X,75('='),/)
  I1=NPT(I)
  READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
* PDI
  NCORD=3*(NNO+1)
  READ(8,REC=I1)X,Y,E,G,PE,XI,YI,XF,YF,IXV,IYV,IXP,IYP,IZP,
* AZP,AZV,XIN,YIN,XS,YS,SENAP,COSAP
  I2=NNO
  I3=IV
  I4=IP
  I5=NV
  I6=IT
DO 270 MJ=1,I4
  L1=NOIN(MJ)
  L2=NOS(MJ)
  L3=NX(MJ)
  L4=XIN(MJ)
  L5=YIN(MJ)
  L6=XS(MJ)
  L7=YS(MJ)
  L8=NZ(MJ)
  L9=PDI(MJ)
  L10=SENAP(MJ)
  L11=COSAP(MJ)
  NAUX1=IXP(L3)
  NAUX2=IYP(L3)

```

```

NAUX3=IZP(L3)
NAUX4=AZP(L3)
NAUX5=G(L8)
NAUX6=E(L8)
NAUX7=PE(L8)
NAUX8=X(L1)
NAUX9=Y(L1)
NAUX10=X(L2)
NAUX11=Y(L2)
XA=NAUX10-L6
YA=NAUX11-L7
XB=NAUX8-L4
YB=NAUX9-L5
H=L9
LP=H
1390 WRITE(IM,1390)MJ,L2,L1,LP
      FORMAT(/,5X,'P',I2,12X,I5,13X,I5,8X,G15.6)
      CALL SPL(IM,NAUX1,NAUX5,NAUX6,NAUX4,NAUX2,NAUX3,LP,SP)
      CALL ROTP(L11,L10,L6,L7,L4,L5,XA,YA,XB,YB,RTP)
      CALL PROD(SP,RTP,12,12,12,SRTP)
      READ(17,REC=I)(DM(JI),JI=1,NCORD)
      DO 1191 LI=1,12
          APL(LI)=0.
1191 CONTINUE
      J1=3*L2-2
      J2=3*L2-1
      J3=3*L2
      J4=3*(I2+1)-2
      J5=3*(I2+1)-1
      J6=3*(I2+1)
      DP(1)=DM(J1)
      DP(2)=DM(J2)
      DP(3)=DM(J3)
      DP(4)=DM(J4)
      DP(5)=DM(J5)
      DP(6)=DM(J6)
      J7=3*L1-2
      J8=3*L1-1
      J9=3*L1
      N2=I+1
      READ(17,REC=N2)(DM(JI),JI=1,NCORD)
      J10=3*(I2+1)-2
      J11=3*(I2+1)-1
      J12=3*(I2+1)
      DP(7)=DM(J7)
      DP(8)=DM(J8)
      DP(9)=DM(J9)
      DP(10)=DM(J10)
      DP(11)=DM(J11)
      DP(12)=DM(J12)
      DO 1192 LI=1,12
          DO 1192 LJ=1,12
              APL(LI)=APL(LI)+SRTP(LI,LJ)*DP(LJ)
1192 CONTINUE

```

```

MF1=APL(1)
MF7=APL(7)
MF2=APL(2)
MF8=APL(8)
FZ3=APL(3)
FZ9=APL(9)
FX4=APL(4)
FX10=APL(10)
FY5=APL(5)
FY11=APL(11)
MZ6=APL(6)
MZ12=APL(12)
WRITE(IM,1392)MF1,MF7,MF2,MF8,FZ3,FZ9,FX4,FX10,FY5,FY11,MZ6,MZ12
1392 FORMAT(5X,'MX',9X,G15.6,2X,G15.6,/,
*      5X,'MY',9X,G15.6,2X,G15.6,/,
*      5X,'FZ',9X,G15.6,2X,G15.6,/,
*      5X,'FX',9X,G15.6,2X,G15.6,/,
*      5X,'FY',9X,G15.6,2X,G15.6,/,
*      5X,'MZ',9X,G15.6,2X,G15.6)
1190 CONTINUE
C *** REACOES NOS APOIOS
I=NA-1
WRITE(IM,1295)I
1295 FORMAT(/,5X,75('='),/,32X,'ANDAR',I5,/,23X,'GERACAO DOS ESFORCOS N
*NOS PILARES',/,5X,'PILAR',8X,'NO SUPERIOR',8X,'NO INFERIOR',
*8X,'COMPRIMENTO',/,5X,75('='),/)
I1=NPT(I)
READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
* PDI
NCORD=3*(NNO+1)
READ(8,REC=I1)X,Y,E,G,PE,XI,YI,XF,YF,IXV,IYV,IXP,IYP,IZP,
* AZP,AZV,XIN,YIN,XS,YS,SENAP,COSAP
I2=NNO
I3=IV
I4=IP
I5=NV
I6=IT
DO 1290 MJ=1,I4
L1=NOIN(MJ)
L2=NOS(MJ)
L3=NX(MJ)
L4=XIN(MJ)
L5=YIN(MJ)
L6=XS(MJ)
L7=YS(MJ)
L8=NZ(MJ)
L9=PDI(MJ)
L10=SENAP(MJ)
L11=COSAP(MJ)
NAUX1=IXP(L3)
NAUX2=IYP(L3)
NAUX3=IZP(L3)
NAUX4=AZP(L3)
NAUX5=G(L8)

```



```

NAUX6=E(L8)
NAUX7=PE(L8)
NAUX8=X(L1)
NAUX9=Y(L1)
NAUX10=X(L2)
NAUX11=Y(L2)
XA=NAUX10-L6
YA=NAUX11-L7
XB=NAUX8-L4
YB=NAUX9-L5
H=L9
LP=H
WRITE(IM,1390)MJ,L2,L1,LP
CALL SPL(IM,NAUX1,NAUX5,NAUX6,NAUX4,NAUX2,NAUX3,LP,SP)
CALL ROTP(IM,L11,L10,L6,L7,L4,L5,XA,YA,XB,YB,RTP)
CALL PROD(SP,RTP,12,12,12,SRTP)
READ(17,REC=1)(DM(JI),JI=1,NCORD)
J1=3*L2-2
J2=3*L2-1
J3=3*L2
J4=3*(I2+1)-2
J5=3*(I2+1)-1
J6=3*(I2+1)
DP(1)=DM(J1)
DP(2)=DM(J2)
DP(3)=DM(J3)
DP(4)=DM(J4)
DP(5)=DM(J5)
DP(6)=DM(J6)
DO 1293 LI=7,12
    DP(LI)=0.
1293 CONTINUE
DO 1294 LI=1,12
    APL(LI)=0.
DO 1294 LJ=1,12
    APL(LI)=APL(LI)+SRTP(LI,LJ)*DP(LJ)
1294 CONTINUE
MF1=APL(1)
MF7=APL(7)
MF2=APL(2)
MF8=APL(8)
FZ3=APL(3)
FZ9=APL(9)
FX4=APL(4)
FX10=APL(10)
FY5=APL(5)
FY11=APL(11)
MZ6=APL(6)
MZ12=APL(12)
WRITE(IM,1392)MF1,MF7,MF2,MF8,FZ3,FZ9,FX4,FX10,FY5,FY11,MZ6,MZ12
DO 1395 LI=1,6
    RPL(MJ,LI)=0.
1395 CONTINUE
CALL ROPT(L11,L10,RPT)

```

```

        DO 1491 LI=1,6
            LP=LI+6
            DO 1491 LJ=7,12
                RPL(MJ,LI)=RPL(MJ,LI)+RPT(LP,LJ)*APL(LJ)
1491     CONTINUE
1290     CONTINUE
C *** =====
C *** REACOES NOS APOIOS
C *** =====
        WRITE(IM,1298)
1298     FORMAT(/,5X,75('='),/,5X,29X,'REACOES NOS APOIOS',/,5X,'PILAR',5X,
* 'MX',9X,'MY',9X,'FZ',9X,'FX',9X,'FY',9X,'MZ',/,5X,75('='),/)
        DO 1297 I=1,14
            WRITE (IM,1296)I,(RPL(I,LI),LI=1,6)
1296     FORMAT(/,5X,'P',I2,6(1XG12.6))
1297     CONTINUE
        CLOSE(7,STATUS='KEEP')
        CLOSE(8,STATUS='KEEP')
        CLOSE(9,STATUS='KEEP')
        CLOSE(10,STATUS='KEEP')
        CLOSE(11,STATUS='KEEP')
        CLOSE(13,STATUS='KEEP')
        CLOSE(15,STATUS='KEEP')
        CLOSE(16,STATUS='KEEP')
        CLOSE(17,STATUS='KEEP')
        STOP
        END
C-----

```

```

C *** =====
C *** SUBROTINA QUE CALCULA MATRIZ DE RIGIDEZ DO SISTEMA
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
SUBROUTINE MRSIS
REAL XI(10),YI(10),XF(10),YF(10),IXV(10),IYV(10),AZU(10),
*G(10),E(10),PE(10),X(10),Y(10),
*XIN(10),YIN(10),XS(10),YS(10),PDI(10),IXP(10),
*IYP(10),IZP(10),AZP(10),SENAP(10),COSAP(10),K4,K5,K6,K7,
*L4,L5,L6,L7,L9,L10,L11,NAUX1,NAUX2,NAUX3,NAUX4,NAUX5,NAUX6,NAUX7,
*NAUX8,NAUX9,NAUX10,NAUX11,AUX4,AUX5,AUX6,
*LK4,LK5,LK6,LK7,LAUX1,LAUX2,LAUX3,LAUX4,LAUX5,LAUX6,LAUX7,
*LAUX8,LAUX9,LAUX10
REAL*8 SV(6,6),RTV(6,6),RTVF(6,6),SP(12,12),RTP(12,12),RTPF(12,12)
*,LP,MS(81,81),LC,LCL,C,CL,SEN,DIUS,SENA,CSX,DIVC,COSA,SENL,DIUSL,
*SENL,CSXL,DIACL,COSAL,RTVT(6,6),RTPT(12,12),SRTV(6,6),SRTP(12,12)
INTEGER NNO,IV,IP,NV,IT,NOI(10),NOF(10),NS(10),NW(10),
*NPT(10),NOIN(10),NOS(10),NX(10),NZ(10),NDN,L1,L2,MNNA(11),
*NNAS,IL2,IL3,IL4,IL5,IL6,LK1,LK2,LK3,LK8,NTNA(10)
COMMON/UM/NA,NPT,NNO,IV,IP,NV,IT,NOI,NOF,NS,XI,YI,XF,YF,NW,
*IXV,IYV,AZU,G,E,PE,X,Y,NOIN,NOS,NX,XIN,YIN,XS,YS,NZ,PDI,IXP,
*IYP,IZP,AZP,SENAP,COSAP,IM,NCACR
COMMON/DOIS/MS,MNNA
MNNA(NA+1)=MNNA(NA)
DO 231 MJ=1,NA
I1=NPT(MJ)
READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
* PDI
NTNA(MJ)=NNO+1
231 CONTINUE
DO 300 I=1,NA-1
II3=NTNA(I)*3+1
IF(I.GE.2) GO TO 10001
NLIM=3*NTNA(1)
DO 10002 II1=1,NLIM
DO 10002 II2=1,NLIM
MS(II1,II2)=0.
10002 CONTINUE
10001 NLIM=(NTNA(I)+NTNA(I+1))*3
DO 10003 II1=1,NLIM
DO 10003 II2=II3,NLIM
MS(II2,II1)=0.
MS(II1,II2)=0.
10003 CONTINUE
I1=NPT(I)
READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
* PDI
READ(8,REC=I1)X,Y,E,G,PE,XI,YI,XF,YF,IXV,IYV,IXP,IYP,IZP,
* AZP,AZU,XIN,YIN,XS,YS,SENAP,COSAP
I2=NNO
I3=IV
I4=IP
I5=NV

```

```

I6=IT
DO 250 NJ= 1, I3
  K1=NOI(NJ)
  K2=NOF(NJ)
  K3=NS(NJ)
  K4=XI(NJ)
  K5=YI(NJ)
  K6=XF(NJ)
  K7=YF(NJ)
  K8=NW(NJ)
  AUX1=IXV(K3)
  AUX2=IYV(K3)
  AUX3=AZU(K3)
  AUX4=G(K8)
  AUX5=E(K8)
  AUX6=PE(K8)
  AUX7=X(K1)
  AUX8=Y(K1)
  AUX9=X(K2)
  AUX10=Y(K2)
  C=SQRT((AUX9-AUX7)*(AUX9-AUX7)+(AUX10-AUX8)*(AUX10-AUX8)-
* (K7-K5)*(K7-K5))
  CL=C-(K4+K6)
  SEN=(AUX10-AUX8)*C-((K7-K5)*(AUX9-AUX7))
  DIVS=(AUX9-AUX7)*(AUX9-AUX7)+(AUX10-AUX8)*(AUX10-AUX8)
  SENA=SEN/DIVS
  CSX=(AUX9-AUX7)*C+(K7-K5)*(AUX10-AUX8)
  DIVC=(AUX9-AUX7)*(AUX9-AUX7)+(AUX10-AUX8)*(AUX10-AUX8)
  COSA=CSX/DIVC
  CALL SVL(AUX4, AUX5, CL, AUX2, AUX1, SV)
  CALL ROTV(SENA, COSA, K5, K4, K6, K7, RTV)
  CALL PROD(SV, RTV, 6, 6, 6, SRTV)
  CALL ROTVT(SENA, COSA, K5, K4, K6, K7, RTVT)
  CALL PROD(RTVT, SRTV, 6, 6, 6, RTVF)
  DO 707 IC=1, 3
  DO 707 IL=1, 3
    MS(3*(K1-1)+IL, 3*(K1-1)+IC)=MS(3*(K1-1)+IL,
* 3*(K1-1)+IC)+RTVF(IL, IC)
    MS(3*(K1-1)+IL, 3*(K2-1)+IC)=MS(3*(K1-1)+IL,
* 3*(K2-1)+IC)+RTVF(IL, IC+3)
    MS(3*(K2-1)+IL, 3*(K1-1)+IC)=MS(3*(K2-1)+IL,
* 3*(K1-1)+IC)+RTVF(IL+3, IC)
    MS(3*(K2-1)+IL, 3*(K2-1)+IC)=MS(3*(K2-1)+IL,
* 3*(K2-1)+IC)+RTVF(IL+3, IC+3)
707 CONTINUE
250 CONTINUE
DO 270 MJ=1, I4
  L1=NOIN(MJ)
  L2=NOS(MJ)
  L3=NX(MJ)
  L4=XIN(MJ)
  L5=YIN(MJ)
  L6=XS(MJ)
  L7=YS(MJ)

```

```

L8=NZ(MJ)
L9=PDI(MJ)
L10=SENAP(MJ)
L11=COSAP(MJ)
NAUX1=IXP(L3)
NAUX2=IYP(L3)
NAUX3=IZP(L3)
NAUX4=AZP(L3)
NAUX5=G(L8)
NAUX6=E(L8)
NAUX7=PE(L8)
NAUX8=X(L1)
NAUX9=Y(L1)
NAUX10=X(L2)
NAUX11=Y(L2)
XA=NAUX10-L6
YA=NAUX11-L7
XB=NAUX8-L4
YB=NAUX9-L5
H=L9
LP=H
CALL SPL(NAUX1,NAUX5,NAUX6,NAUX4,NAUX2,NAUX3,LP,SP)
CALL ROTP(L11,L10,L6,L7,L4,L5,XA,YA,XB,YB,RTP)
CALL PROD(SP,RTP,12,12,12,SRTP)
CALL ROTPT(L11,L10,L6,L7,L4,L5,XA,YA,XB,YB,RTPT)
CALL PROD(RTPT,SRTP,12,12,12,RTPF)
NNAS=MNNA(I+1)
DO 700 IC=1,3
DO 700 IL=1,3
  MS(3*(L2-1)+IL,3*(L2-1)+IC)=MS(3*(L2-1)+IL,
*   3*(L2-1)+IC)+RTPF(IL,IC)
  MS(3*(NNO)+IL,3*(L2-1)+IC)=MS(3*(NNO)+IL,
*   3*(L2-1)+IC)+RTPF(IL+3,IC)
  MS(3*(NNO+L1)+IL,3*(L2-1)+IC)=MS(3*(NNO+L1)+IL,
*   3*(L2-1)+IC)+RTPF(IL+6,IC)
  MS(3*(NNO+1+NNAS)+IL,3*(L2-1)+IC)=MS(3*(NNO+1+NNAS)+IL,
*   3*(L2-1)+IC)+RTPF(IL+9,IC)
  MS(3*(L2-1)+IL,3*(NNO)+IC)=MS(3*(L2-1)+IL,
*   3*(NNO)+IC)+RTPF(IL,IC+3)
  MS(3*(NNO)+IL,3*(NNO)+IC)=MS(3*(NNO)+IL,
*   3*(NNO)+IC)+RTPF(IL+3,IC+3)
  MS(3*(NNO+L1)+IL,3*(NNO)+IC)=MS(3*(NNO+L1)+IL,
*   3*(NNO)+IC)+RTPF(IL+6,IC+3)
  MS(3*(NNO+1+NNAS)+IL,3*(NNO)+IC)=MS(3*(NNO+1+NNAS)+IL,
*   3*(NNO)+IC)+RTPF(IL+9,IC+3)
  MS(3*(L2-1)+IL,3*(NNO+L1)+IC)=MS(3*(L2-1)+IL,
*   3*(NNO+L1)+IC)+RTPF(IL,IC+6)
  MS(3*(NNO)+IL,3*(NNO+L1)+IC)=MS(3*(NNO)+IL,
*   3*(NNO+L1)+IC)+RTPF(IL+3,IC+6)
  MS(3*(NNO+L1)+IL,3*(NNO+L1)+IC)=MS(3*(NNO+L1)+IL,
*   3*(NNO+L1)+IC)+RTPF(IL+6,IC+6)
  MS(3*(NNO+1+NNAS)+IL,3*(NNO+L1)+IC)=MS(3*(NNO+1+NNAS)+IL,
*   3*(NNO+L1)+IC)+RTPF(IL+9,IC+6)

```

```

      MS(3*(L2-1)+IL,3*(NNO+1+NNAS)+IC)=MS(3*(L2-1)+IL,
*      3*(NNO+1+NNAS)+IC)+RTPF(IL,IC+9)
      MS(3*(NNO)+IL,3*(NNO+1+NNAS)+IC)=MS(3*(NNO)+IL,
*      3*(NNO+1+NNAS)+IC)+RTPF(IL+3,IC+9)
      MS(3*(NNO+L1)+IL,3*(NNO+1+NNAS)+IC)=MS(3*(NNO+L1)+IL,
*      3*(NNO+1+NNAS)+IC)+RTPF(IL+6,IC+9)
      MS(3*(NNO+1+NNAS)+IL,3*(NNO+1+NNAS)+IC)=MS(3*(NNO+1+NNAS)+
*      IL,3*(NNO+1+NNAS)+IC)+RTPF(IL+9,IC+9)
700    CONTINUE
270    CONTINUE
      II4=3*NTNA(I)
      WRITE(11,REC=1)((MS(LI,LJ),LJ=1,NLIM),LI=1,II4)
      DO 10005 II1=II3,NLIM
      DO 10005 II2=II3,NLIM
          MS(II1-II4,II2-II4)=MS(II1,II2)
10005  CONTINUE
300    CONTINUE
      RETURN
      END

```

C ---

```

C *** =====
C ***          SUBROTINA CALCULA  MATRIZ DE RIGIDEZ DA VIGA
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
      SUBROUTINE SVL(G,E,L,IYV,IXV,SV)
      REAL E,G,IXV,IYV
      REAL*8 SV(6,6),L
      DO 1 LJ=1,6
      DO 1 LK=1,6
1     SV(LJ,LK)=0.
C *** GERACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ
      SV(1,1)=G*IXV/L
      SV(1,4)=-SV(1,1)
      SV(4,4)=SV(1,1)
      SV(4,1)=-SV(1,1)
      SV(2,2)=4.*E*IYV/L
      SV(5,5)=SV(2,2)
      SV(2,3)=-6.*E*IYV/L**2
      SV(3,2)=SV(2,3)
      SV(2,6)=-SV(2,3)
      SV(6,2)=SV(2,6)
      SV(3,5)=SV(2,3)
      SV(5,6)=SV(2,6)
      SV(6,5)=SV(5,6)
      SV(5,3)=SV(2,3)
      SV(3,3)=12.*E*IYV/L**3
      SV(3,6)=-SV(3,3)
      SV(6,3)=SV(3,6)
      SV(6,6)=SV(3,3)
      SV(2,5)=2.*E*IYV/L
      SV(5,2)=SV(2,5)
      RETURN
      END
C-----

```

```

C *** =====
C ***      SUBROTINA P/ O CALCULO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DE UM PILAR
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
      SUBROUTINE SPL(IXP,G,E,AX,IYP,IZP,L,SP)
      REAL IXP,G,E,AX,IYP,IZP
      REAL*8 SP(12,12),L
      INTEGER NTNA(10)
      DO 1 LJ=1,12
      DO 1 LK=1,12
1      SP(LJ,LK)=0.
C *** GERACAO DA MATRIZ DE RIGIDES
      SP(1,1)=4.*E*IXP/L
      SP(1,5)=6.*E*IXP/L**2
      SP(1,7)=2.*E*IXP/L
      SP(1,11)=-SP(1,5)
      SP(2,2)=4.*E*IYP/L
      SP(2,4)=-6.*E*IYP/L**2
      SP(2,8)=2.*E*IYP/L
      SP(2,10)=-SP(2,4)
      SP(3,3)=E*AX/L
      SP(3,9)=-SP(3,3)
      SP(4,2)=SP(2,4)
      SP(4,4)=12.*E*IYP/L**3
      SP(4,8)=SP(2,4)
      SP(4,10)=-SP(4,4)
      SP(5,1)=SP(1,5)
      SP(5,5)=12.*E*IXP/L**3
      SP(5,7)=SP(1,5)
      SP(5,11)=-SP(5,5)
      SP(6,6)=G*IZP/L
      SP(6,12)=-SP(6,6)
      SP(7,1)=2.*E*IXP/L
      SP(7,5)=SP(1,5)
      SP(7,7)=SP(1,1)
      SP(7,11)=-SP(1,5)
      SP(8,2)=SP(2,8)
      SP(8,4)=SP(4,8)
      SP(8,8)=SP(2,2)
      SP(8,10)=SP(2,10)
      SP(9,3)=SP(3,9)
      SP(9,9)=SP(3,3)
      SP(10,2)=SP(2,10)
      SP(10,4)=SP(4,10)
      SP(10,8)=SP(8,10)
      SP(10,10)=SP(4,4)
      SP(11,1)=SP(1,11)
      SP(11,5)=SP(5,11)
      SP(11,7)=SP(7,11)
      SP(11,11)=-SP(5,11)

```



```

SP(12,6)=-SP(6,6)
SP(12,12)=SP(6,6)
RETURN
END

```

```

C-----
C *** =====
C *** SUBROTINA P/ O CALCULO DA MATRIZ DE ROTACAO E TRANSFORMACAO
C *** DA VIGA
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
SUBROUTINE ROTV(SENA,COSA,YI,XI,XF,YF,RTV)
REAL YI,XI,XF,YF
REAL*8 RTV(6,6),SENA,COSA
DO 1 LJ=1,6
DO 1 LL=1,6
1 RTV(LJ,LL)=0.
C *** GERACAO DA TRANFERENCIA E ROTACAO DA VIGA
RTV(1,1)=COSA
RTV(1,2)=SENA
RTV(2,1)=-SENA
RTV(2,2)=RTV(1,1)
RTV(3,1)=-YI*COSA+XI*SENA
RTV(3,2)=-YI*SENA-XI*COSA
RTV(3,3)=1.
RTV(4,4)=RTV(1,1)
RTV(4,5)=RTV(1,2)
RTV(5,4)=RTV(2,1)
RTV(5,5)=RTV(1,1)
RTV(6,4)=-YF*COSA-XF*SENA
RTV(6,5)=-YF*SENA+XF*COSA
RTV(6,6)=RTV(3,3)
RETURN
END
C-----

```

```

C *** =====
C *** SUBROTINA P/ O CALCULO DA MATRIZ DE ROTACAO E TRANSFORMACAO
C *** TRANSPOSTA DA VIGA
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
SUBROUTINE ROTVT(SENA,COSA,YI,XI,XF,YF,RTVT)
REAL YI,XI,XF,YF
REAL*8 RTVT(6,6),SENA,COSA
DO 1 LJ=1,6
DO 1 LL=1,6
1 RTVT(LJ,LL)=0.
C *** GERACAO DA TRANFERENCIA E ROTACAO DA VIGA
RTVT(1,1)=COSA
RTVT(1,2)=-SENA
RTVT(1,3)=-YI*COSA+XI*SENA
RTVT(2,1)=SENA
RTVT(2,2)=RTVT(1,1)
RTVT(2,3)=-XI*COSA-YI*SENA
RTVT(3,3)=1.
RTVT(4,4)=RTVT(1,1)
RTVT(4,5)=RTVT(1,2)
RTVT(4,6)=-YF*COSA-XF*SENA
RTVT(5,4)=RTVT(2,1)
RTVT(5,5)=RTVT(1,1)
RTVT(5,6)=-YF*SENA+XF*COSA
RTVT(6,6)=RTVT(3,3)
RETURN
END
C *** -----

```

```

C *** =====
C *** SUBROTINA P/ O CALCULO DA ROTACAO E TRANSFERENCIA DO PILAR
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
SUBROUTINE RTP(COSA,SENA,XS,YS,XIN,YIN,XA,YA,XB,YB,RTP)
REAL XS,YS,XIN,YIN,XA,YA,XB,YB,COSA,SENA
REAL*8 RTP(12,12)
DO I LJ=1,12
DO I LK=1,12
1 RTP(LJ,LK)=0.
C *** GERACAO DA ROTACAO E TRANSFERENCIA DO PILA
RTP(1,1)=COSA
RTP(1,2)=SENA
RTP(2,1)=-SENA
RTP(2,2)=RTP(1,1)
RTP(3,1)=-YS
RTP(3,2)=XS
RTP(3,3)=1.
RTP(4,4)=RTP(1,1)
RTP(4,5)=RTP(1,2)
RTP(4,6)=-YA*COSA+XA*SENA
RTP(5,4)=RTP(2,1)
RTP(5,5)=RTP(1,1)
RTP(5,6)=YA*SENA+XA*COSA
RTP(6,6)=RTP(3,3)
RTP(7,7)=RTP(1,1)
RTP(7,8)=RTP(1,2)
RTP(8,7)=RTP(2,1)
RTP(8,8)=RTP(1,1)
RTP(9,7)=-YIN
RTP(9,8)=XIN
RTP(9,9)=RTP(3,3)
RTP(10,10)=RTP(1,1)
RTP(10,11)=RTP(1,2)
RTP(10,12)=-YB*COSA+XB*SENA
RTP(11,10)=RTP(2,1)
RTP(11,11)=RTP(1,1)
RTP(11,12)=YB*SENA+XB*COSA
RTP(12,12)=RTP(3,3)
RETURN
END
C-----

```

```

C *** =====
C ***      SUBROTINA P/ O CALCULO DA ROTACAO E TRANSFERENCIA
C ***      TRANSPOSTA DO PILAR
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
      SUBROUTINE ROTPT(COSA,SENA,XS,YS,XIN,YIN,XA,YA,XB,YB,RTPT)
      REAL XS,YS,XIN,YIN,XA,YA,XB,YB,COSA,SENA
      REAL*8 RTPT(12,12)
      DO 1 LJ=1,12
      DO 1 LK=1,12
1      RTPT(LJ,LK)=0.
C *** GERACAO DA ROTACAO E TRANSFERENCIA DO PILA
      RTPT(1,1)=COSA
      RTPT(1,2)=-SENA
      RTPT(1,3)=-YS
      RTPT(2,1)=SENA
      RTPT(2,2)=RTPT(1,1)
      RTPT(2,3)=XS
      RTPT(3,3)=1.
      RTPT(4,4)=RTPT(1,1)
      RTPT(4,5)=RTPT(1,2)
      RTPT(5,4)=RTPT(2,1)
      RTPT(5,5)=RTPT(1,1)
      RTPT(6,4)=-YA*COSA+XA*SENA
      RTPT(6,5)=YA*SENA+XA*COSA
      RTPT(6,6)=RTPT(3,3)
      RTPT(7,7)=RTPT(1,1)
      RTPT(7,8)=RTPT(1,2)
      RTPT(7,9)=-YIN
      RTPT(8,7)=RTPT(2,1)
      RTPT(8,8)=RTPT(1,1)
      RTPT(8,9)=XIN
      RTPT(9,9)=RTPT(3,3)
      RTPT(10,10)=RTPT(1,1)
      RTPT(10,11)=RTPT(1,2)
      RTPT(11,10)=RTPT(2,1)
      RTPT(11,11)=RTPT(1,1)
      RTPT(12,10)=-YB*COSA+XB*SENA
      RTPT(12,11)=YB*SENA+XB*COSA
      RTPT(12,12)=RTPT(3,3)
      RETURN
      END
C *** -----

```

```

C *** =====
C ***          SUBROTINA P/ O CALCULO DA ROTACAO DOS PILARES
C *** =====
$DEBUG
$SLARGE
      SUBROUTINE ROPT(COSA,SENA,RPT)
      REAL COSA,SENA
      REAL*8 RPT(12,12)
      DO 1 LJ=1,12
      DO 1 LK=1,12
1     RPT(LJ,LK)=0.
C *** GERACAO DA ROTACAO DO PILAR
      RPT(1,1)=COSA
      RPT(1,2)=-SENA
      RPT(2,1)=SENA
      RPT(2,2)=RPT(1,1)
      RPT(3,3)=1.
      RPT(4,4)=RPT(1,1)
      RPT(4,5)=RPT(1,2)
      RPT(5,4)=RPT(2,1)
      RPT(5,5)=RPT(1,1)
      RPT(6,6)=RPT(3,3)
      RPT(7,7)=RPT(1,1)
      RPT(7,8)=RPT(1,2)
      RPT(8,7)=RPT(2,1)
      RPT(8,8)=RPT(1,1)
      RPT(9,9)=RPT(3,3)
      RPT(10,10)=RPT(1,1)
      RPT(10,11)=RPT(1,2)
      RPT(11,10)=RPT(2,1)
      RPT(11,11)=RPT(1,1)
      RPT(12,12)=RPT(3,3)
      RETURN
      END
C *** =====
C ***          SUBROTINA DE MULTIPLICACAO DE MATRIZES
C *** =====
$DEBUG
$SLARGE
      SUBROUTINE PROD(Q,O,IA,IB,ID,PRO)
      REAL*8 Q(IA,IB),O(IB,ID),PRO(IA,ID)
      DO 9 KI=1,IA
      DO 9 KK=1,ID
          PRO(KI,KK)=0.
9     CONTINUE
      DO 10 KI=1,IA
      DO 10 KK=1,ID
      DO 10 KJ=1,IB
          PRO(KI,KK)=PRO(KI,KK)+Q(KI,KJ)*O(KJ,KK)
10    CONTINUE
      RETURN
      END
C -----

```

```

C *** =====
C ***          SUBROTINA DE INVERSAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
      SUBROUTINE INV(A,N)
      REAL*8  A(81,81)
      IF(N-1)8,9,8
9     A(I,I)=1./A(I,I)
      GO TO 10
8     DO 11 I=1,N
          AUX=A(I,I)
          A(I,I)=1.
          DO 12 J=1,N
12          A(I,J)=A(I,J)/AUX
          DO 13 K=1,N
              IF(I-K)14,13,14
14          AUX=A(K,I)
              A(K,I)=0.
              DO 15 M=1,N
                  A(K,M)=A(K,M)-AUX*A(I,M)
15          CONTINUE
13          CONTINUE
11          CONTINUE
10          CONTINUE
          RETURN
      END
C -----

```

```

C *** =====
C *** SUBROTINA CARGA
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
SUBROUTINE CARGA
CHARACTER*4 NOVI(10)
INTEGER NI(10),NOI(10),NOF(10),NS(10),NOIN(10),NW(10),NZ(10),
1NOS(10),NX(10),NPT(10),NOK(10),MNNA(11),NCV,IA,IB,IC,ID,IE,
2NTNA(10),NLIM,NNAS,IL2,IL3,IL4,IL5,IL6,LK1,LK2,LK3,LK8,NNOA,
3MK1,MK2,MN(10)
REAL E(10),G(10),PE(10),IXV(10),IYV(10),AZV(10),IXP(10),IYP(10),
1AZP(10),X(10),Y(10),PD(10),XI(10),YI(10),XF(10),YF(10),XIN(10)
2,YIN(10),XS(10),YS(10),FX(10),FY(10),MZ(10),FZ(10),MX(10),MY(10),
3P(10),DI(10),Q(10),DDI(10),DDF(10),M(10),DMI(10),T(10),DTI(10),
4IZP(10),PDI(10),SENAP(10),COSAP(10),AUX4,AUX5,AUX6,LK4,LK5,LK6,
5LK7,LAUX1,LAUX2,LAUX3,LAUX4,LAUX5,LAUX6,LAUX7,LAUX8,LAUX9,LAUX10,
6MK4,MK5,MK6,MK7,MAUX7,MAUX8,MAUX9,MAUX10,ML3,ML4,ML5,ML6,ML7,ML8,
7ML9,MNAX8,MNAX9,MNAX10,MNAX11,MH,MXA,MYA,MXB,MYB,PB(10),PC(10),
8PLI(10),PLF(10),DLI3(10),DLF3(10)
REAL*8 MS(81,81),LCL,LC,MLC,MCL,F(54),CC(6),MLP,CN(6),CA(6),
*CF(6),RTVT(6,6),RTPT(12,12),SENAM,COSAM,SENPM,COSPM
COMMON/UM/NA,NPT,NNO,IV,IP,NV,IT,NOI,NOF,NS,XI,YI,XF,YF,NW,
*IXV,IYV,AZV,G,E,PE,X,Y,NOIN,NOS,NX,XIN,YIN,XS,YS,NZ,PDI,
*IXP,IYP,IZP,AZP,SENAP,COSAP,IM,NCACR
COMMON/TRES/NOVI,P,DI,Q,DDI,DDF,M,DMI,T,DTM,NCV,IA,IB,IC,ID,IE,
*CN,PLI,PLF,DLI3,DLF3
COMMON/QUATRO/CC
I1=NPT(NA)
READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
*PDI
NNOA=3*(NNO+1)
DO 579 LS=1,NNOA
F(LS)=0.
579 CONTINUE
DO 1600 I=1,NA-1
I1=NPT(I)
READ(9,REC=I1)NOI,NOF,NS,NW,NOS,NOIN,NX,IP,IV,NNO,NP,NV,IT,NZ,
*
PDI
NNOA=3*(NNO+1)
DO 5357 LS=1,NNOA
F(LS)=0.
5357 CONTINUE
READ(8,REC=I1)X,Y,E,G,PE,XI,YI,XF,YF,IXV,IYV,IXP,IYP,IZP,
*
AZP,AZV,XIN,YIN,XS,YS,SENAP,COSAP
NNIA=0
IF(I1.EQ.1) GO TO 1700
I2=I1-1
NNIA=NNIA+I2*IV
1700 CONTINUE
DO 1800 NJ=1,IV
MK1=NOI(NJ)
MK2=NOF(NJ)
MK4=XI(NJ)

```

```

MK5=YI(NJ)
MK6=XF(NJ)
MK7=YF(NJ)
MAUX7=X(MK1)
MAUX8=Y(MK1)
MAUX9=X(MK2)
MAUX10=Y(MK2)
MLC=SQRT((MAUX9-MAUX7)*(MAUX9-MAUX7)+(MAUX10-MAUX8)*(MAUX10-
* MAUX8)-(MK7-MK5)*(MK7-MK5))
MCL=MCL-(MK4+MK6)
SENM=(MAUX10-MAUX8)*MCL-((MK7-MK5)*(MAUX9-MAUX7))
* DIVSM=(MAUX9-MAUX7)*(MAUX9-MAUX7)+(MAUX10-MAUX8)*
(MAUX10-MAUX8)
SENAM=SENM/DIVSM
CSXM=(MAUX9-MAUX7)*MCL+(MK7-MK5)*(MAUX10-MAUX8)
* DIVCM=(MAUX9-MAUX7)*(MAUX9-MAUX7)+(MAUX10-MAUX8)*
(MAUX10-MAUX8)
COSAM=CSXM/DIVCM
NN=NNIA+NJ
DO 714 J=1,6
    CN(J)=0.
714 CONTINUE
* READ(10,REC=NN) NOVI,P,DI,Q,DDI,DDF,M,DMI,T,DTI,NCV,IA,IB,
IC,ID,IE,PLI,PLF,DLI3,DLF3
    IF(IA.EQ.0) GO TO 1250
    DO 1240 NJJ1=1,IA
        CALL EEPD(P,DI,MCL)
        CN(1)=CN(1)+CC(1)
        CN(2)=CN(2)+CC(2)
        CN(3)=CN(3)+CC(3)
        CN(4)=CN(4)+CC(4)
        CN(5)=CN(5)+CC(5)
        CN(6)=CN(6)+CC(6)
1240 CONTINUE
1250 IF(IB.EQ.0) GO TO 1280
    DO 1260 NJJ1=1,IB
        CALL EEPD(Q,DDI,DDF,MCL)
        CN(1)=CN(1)+CC(1)
        CN(2)=CN(2)+CC(2)
        CN(3)=CN(3)+CC(3)
        CN(4)=CN(4)+CC(4)
        CN(5)=CN(5)+CC(5)
        CN(6)=CN(6)+CC(6)
1260 CONTINUE
1280 IF(IC.EQ.0) GO TO 1290
    DO 1303 NJJ1=1,IH
        CALL EEPL3(PLI,PLF,DLI3,DLF3,MCL)
        CN(1)=CN(1)+CC(1)
        CN(2)=CN(2)+CC(2)
        CN(3)=CN(3)+CC(3)
        CN(4)=CN(4)+CC(4)
        CN(5)=CN(5)+CC(5)
        CN(6)=CN(6)+CC(6)
1303 CONTINUE

```



```

1290      IF(ID.EQ.0) GO TO 1310
          DO 1320 NJJ1=1, ID
            CALL EEPM(M,DMI,MCL)
            CN(1)=CN(1)+CC(1)
            CN(2)=CN(2)+CC(2)
            CN(3)=CN(3)+CC(3)
            CN(4)=CN(4)+CC(4)
            CN(5)=CN(5)+CC(5)
            CN(6)=CN(6)+CC(6)
1320      CONTINUE
1310      IF(IE.EQ.0) GO TO 1340
          DO 1350 NJJ1=1, IE
            CALL EEPT(T,DTI,MCL)
            CN(1)=CN(1)+CC(1)
            CN(2)=CN(2)+CC(2)
            CN(3)=CN(3)+CC(3)
            CN(4)=CN(4)+CC(4)
            CN(5)=CN(5)+CC(5)
            CN(6)=CN(6)+CC(6)
1350      CONTINUE
1340      CONTINUE
          WRITE(16,REC=NN)NOVI,CN(1),CN(2),CN(3),CN(4),CN(5),CN(6)
          DO 717 J=1,6
            CA(J)=0.
            CA(J)=-CN(J)
717      CONTINUE
          CALL ROTVT(SENAM,COSAM,MK5,MK4,MK6,MK7,RTVT)
          DO 716 J=1,6
            CF(J)=0.
          DO 716 K=1,6
            CF(J)=CF(J)+RTVT(J,K)*CA(K)
716      CONTINUE
          F(3*(MK1-1)+1)=F(3*(MK1-1)+1)+CF(1)
          F(3*(MK1-1)+2)=F(3*(MK1-1)+2)+CF(2)
          F(3*(MK1-1)+3)=F(3*(MK1-1)+3)+CF(3)
          F(3*(MK2-1)+1)=F(3*(MK2-1)+1)+CF(4)
          F(3*(MK2-1)+2)=F(3*(MK2-1)+2)+CF(5)
          F(3*(MK2-1)+3)=F(3*(MK2-1)+3)+CF(6)
          M1=(3*(MK1-1)+1)
          M2=(3*(MK1-1)+2)
          M3=(3*(MK1-1)+3)
          M4=(3*(MK2-1)+1)
          M5=(3*(MK2-1)+2)
          M6=(3*(MK2-1)+3)
1800     CONTINUE
          READ(7,REC=I)FX,FY,MZ
          F(3*NNO+1)=F(3*(NNO+1))+FX(I)
          F(3*NNO+2)=F(3*(NNO+2))+FY(I)
          F(3*NNO+3)=F(3*(NNO+3))+MZ(I)
          N1=(3*NNO+1)
          N2=(3*NNO+2)
          N3=(3*NNO+3)
          DO 1607 MJ=1,IP
            ML1=NOS(MJ)

```

```

ML2=NOI(MJ)
ML3=XS(MJ)
ML4=YS(MJ)
ML5=XIN(MJ)
ML6=YIN(MJ)
ML7=PDI(MJ)
ML8=SENAP(MJ)
ML9=COSAP(MJ)
MNAX8=X(ML1)
MNAX9=Y(ML1)
MNAX10=X(ML2)
MNAX11=Y(ML2)
MXB=MNAX10-ML5
MYB=MNAX11-ML6
MXA=MNAX8-ML3
MYA=MNAX9-ML4
MH=ML7
MLP=MH
CALL ROTPT(ML11,ML10,ML6,ML7,ML4,ML5,MXA,MYA,MXB,MYB,RTPT)
READ(13,REC=1)FZ,MX,MY
PC(1)=MX(I)
PC(2)=MY(I)
PC(3)=FZ(I)
PB(1)=MX(I+1)
PB(2)=MY(I+1)
PB(3)=FZ(I+1)
DO 1617 LI=1,3
DO 1617 LJ=1,3
      F(3*(ML1-1)+LI)=F(3*(ML1-1)+LI)+RTPT(LI,LJ)*PC(LJ)+
*      RTPT(LI,LJ+3)*PB(LJ)
      F(3*(ML1-1)+LI+3)=F(3*(ML1-1)+LI+3)+RTPT(LI+3,LJ)*PC(LJ)+
*      RTPT(LI+3,LJ+3)*PB(LJ)
1617 CONTINUE
1607 CONTINUE
      WRITE(15,REC=1) (F(L),L=1,NNOA)
      DO 20 L=1,NNOA
20 CONTINUE
1600 CONTINUE
      RETURN
      END
C -----

```

```

C *** =====
C ***          SUBROTINA CARGA CONCENTRADA
C *** =====
SUBROUTINE EEPD (P,DI,L)
REAL P,DI
REAL*8 L,CC(6)
COMMON/QUATRO/CC
A=DI
B=L-DI
C1=P*B/L
C2=P*A/L
C3=(P*A*B/L**3)*(B-A)
CC(1)=0.
CC(2)=+P*A*B**2/L**2
CC(3)=-C1-C3
CC(4)=0.
CC(5)=-P*A**2*B/L**2
CC(6)=-C2+C3
RETURN
END

C -----
C *** =====
C ***          SUBROTINA CARGA DISTRIBUIDA
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
SUBROUTINE EEPD(Q,DDI,DDF,L)
REAL Q,DDI,DDF
REAL*8 L,CC(6)
COMMON/QUATRO/CC
C=DDF-DDI
A=DDI
B=L-(A+C)
C1=Q/(12.*L**2)
C2=4.*L*((B+C)**3-B**3)-3.*((B+C)**4-B**4)
CC(1)=0.
CC(2)=C1*C2
C3=-Q/(12.*L**2)
C4=4.*L*((A+C)**3-A**3)-3.*((A+C)**4-A**4)
CC(5)=C3*C4
CC(4)=0.
CC(3)=(-C*Q*(B+C/2.)-CC(2)-CC(5))/L
CC(6)=(-C*Q*(A+C/2.)+CC(2)+CC(5))/L
RETURN
END
C -----

```

```

C *** =====
C ***          SUBROTINA CARGA TRAPEZOIDAL
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
      SUBROUTINE EEPL3(PLI,PLF,DLI3,DLF3,L)
      REAL PLI,PLF,DLI3,DLF3
      REAL*8 L,CC(6)
      COMMON/QUATRO/CC
      A=DLI3
      C=DLF3-DLI3
      B=L-(A+C)
      C1=PLI*C/540.*L**2
      C2=10.*(3.*A+C)*(3.*B+2.*C)**2-15.*C**2*(3.*B-L)-28.*C**3
      C3=10.*(3.*A+C)**2*(3.*B+2.*C)-15.*C**2*(3.*A-L)-17.*C**3
      C4=(PLI*C/2.)*(B+2.*C/3.)
      C5=(PLI*C/2.)*(A+C/3.)
      C6=PLF*C/540.*L**2
      C7=10.*(3.*B+C)**2*(3.*A+2.*C)-15.*C**2*(3.*B-L)-17.*C**3
      C8=10.*(3.*B+C)*(3.*A+2.*C)**2-15.*C**2*(3.*A-L)-28.*C**3
      C9=(PLF*C/2.)*(B+C/3.)
      C10=(PLF*C/2.)*(A+2.*C/3.)
      CC(1)=0.
      CC(4)=0.
      CC(2)=+C1*C2+C6*C7
      CC(5)=-C1*C3-C6*C8
      CC(3)=(-C4-C9-CC(2)-CC(5))/L
      CC(6)=(-C5-C10+CC(2)+CC(5))/L
      RETURN
      END
C *** =====
C ***          SUBROTINA CARGA DE MOMENTO
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
      SUBROUTINE EEPM(M,DMI,L)
      REAL M,DMI
      REAL*8 L,CC(6)
      COMMON/QUATRO/ CC
      A=DMI
      B=L-DMI
      C1=-M*B/L**2
      C2=3.*B-2.*L
      C3=M*A/L**2
      C4=2.*L-3.*A
      CC(5)=(M*A/L**2)*(2.*L-3.*A)
      CC(2)=(-M*B/L**2)*(3.*B-2.*L)
      CC(1)=0.
      CC(4)=0.
      CC(3)=(-M+C1*C2+C3*C4)/L
      CC(6)=(M-C1*C2-C3*C4)/L
      RETURN
      END
C -----

```

```

C *** =====
C ***          SUBROTINA CARGA DE TORCAO
C *** =====
$DEBUG
$LARGE
      SUBROUTINE EEPT(T,DTI,L)
      REAL T,DTI
      REAL*8 L,CC(6)
      COMMON/QUATRO/CC
      B=L-DTI
      A=L-B
      CC(1)=-T*B/L
      CC(4)=-T*A/L
      CC(2)=0.
      CC(3)=0.
      CC(5)=0.
      CC(6)=0.
      RETURN
      END
C -----

```

9. EXEMPLOS DE ANÁLISE DE ESTRUTURA

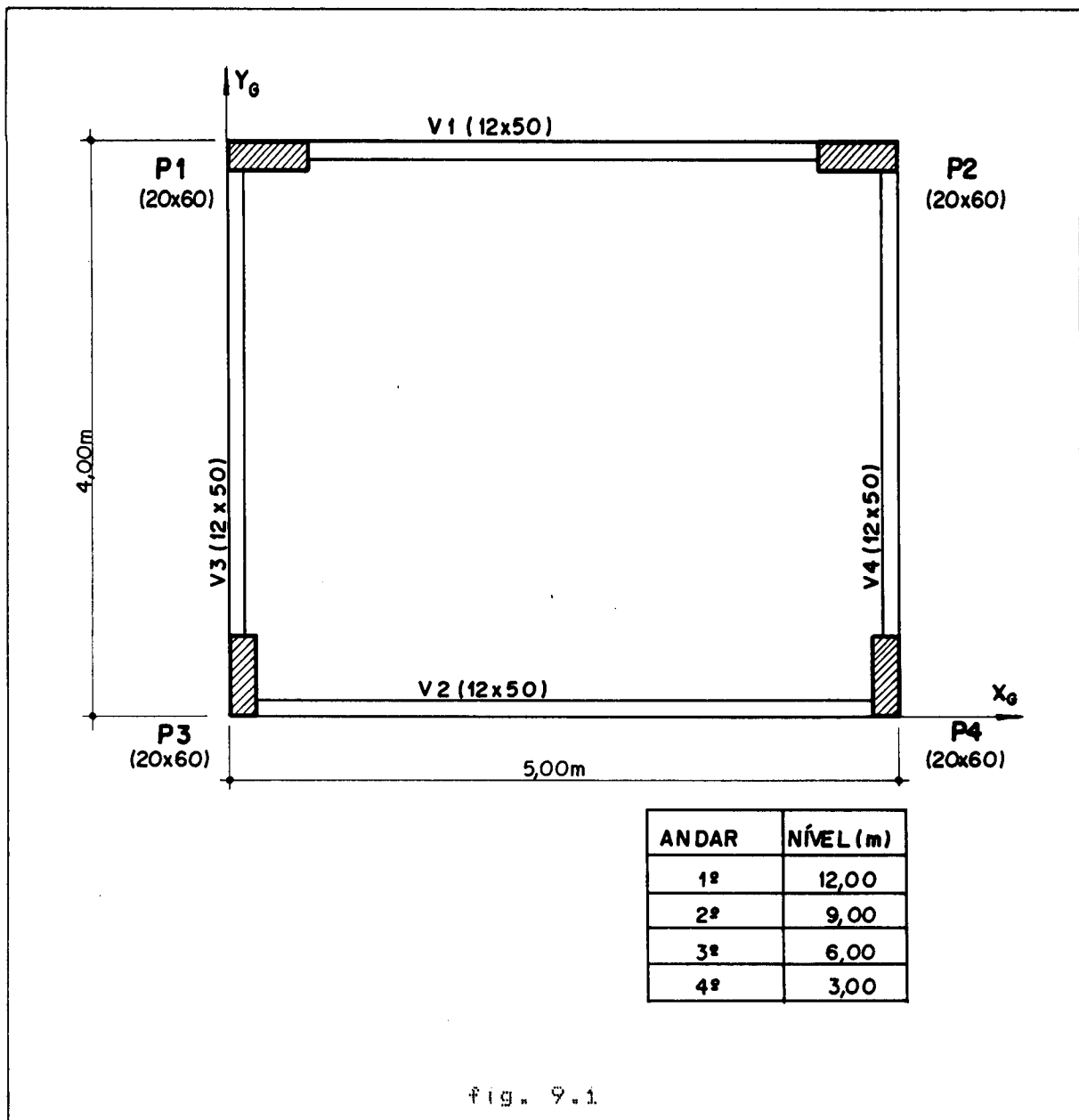
9.1 - ANÁLISE DA ESTRUTURA

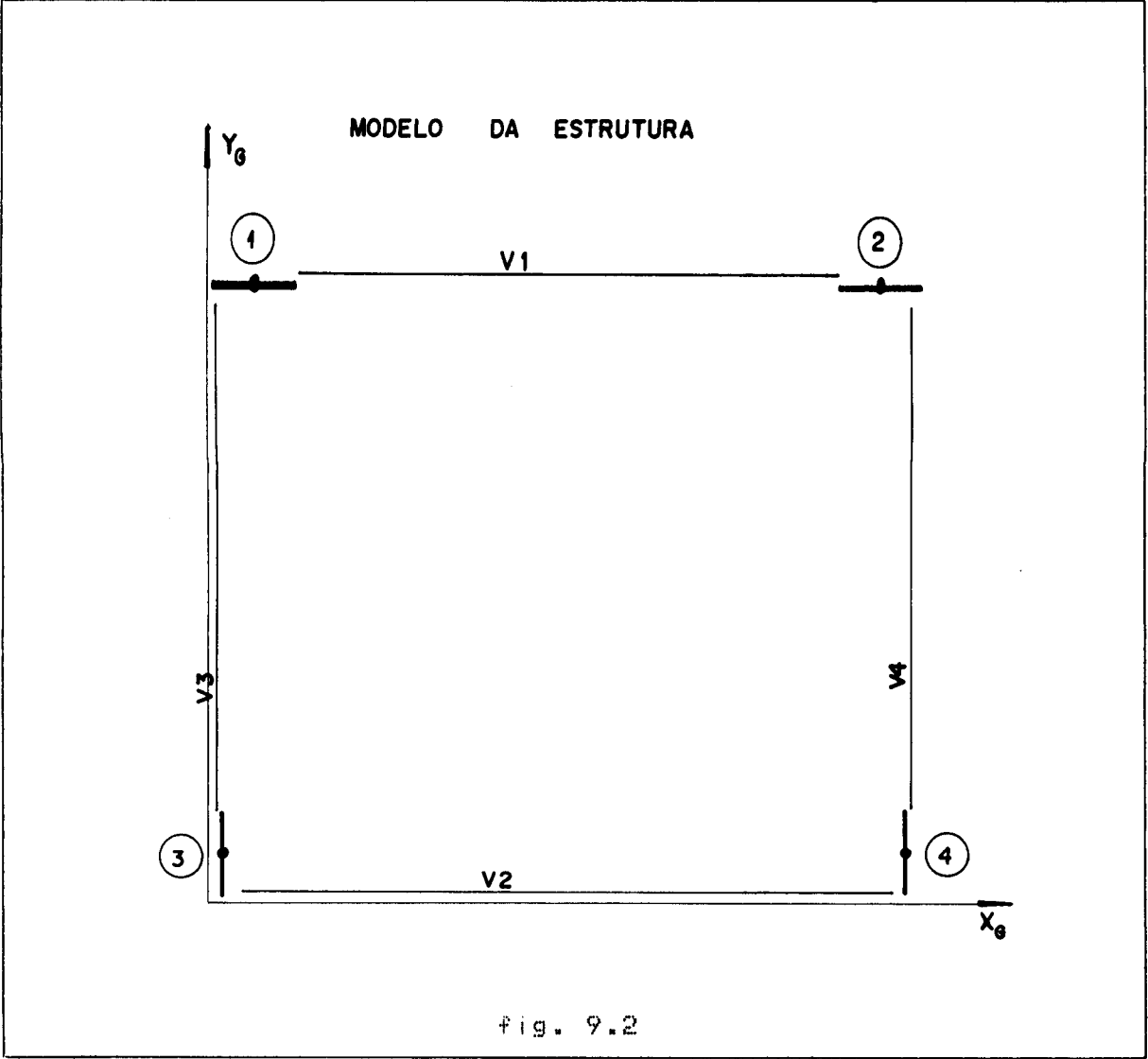
Considere-se a referida estrutura com:

- 4 andares
- 4 nós em planta

Cargas verticais:

Carregamento uniformemente distribuído igual a 1000 Kgf/m em todas as vigas nos andares de 1 a 4.





9.2 - LISTAGEM DOS RESULTADOS

PROJETO: EDIFICIO ALFA
 CLIENTE: ENGEFEMA Eng. Com. e Proj. Ltda

=====

GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDEN
1	3.000	PAV

=====

CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDEN
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====

GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDEN
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.300	NO
4	4.900	.300	NO

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDEN
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PRO

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDEN
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PRO
2	.360E-02	.400E-03	.126E-02	.120	PRO

=====
 GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL		EXC. FINAL		IDENT
				XI	YI	XF	YF	
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.240	.100	.240	VIGA
V3	3	1	1	.300	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.300	.040	.100	.240	VIGA

=====
 GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER		EXC. SUPER		SENAP	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA

=====
 FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====
 GERACAO DOS ANDARES

ANDAR	TIPO	IDENT
1	1	ANDA
2	1	ANDA
3	1	ANDA
4	1	ANDA
5	1	ANDA

 FIM DA LEITURA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

=====

GERACAO DO CARREGAMENTO DAS VIGAS

TIPO VIGA TIPO DE CARREGAMENTO

=====

1

V1	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.800
V2	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	4.600
V3	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.200
V4	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.200

=====

FIM DE LEITURA DO CARREGAMENTO

=====

FIM DA LEITURA DE TODOS OS DADOS DA ESTRUTURA

=====

ANDAR 1

GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS

NO	ROTACAO X	ROTACAO Y	TRANSLACAO Z
1	.284003E-03	.129476E-03	-.478938E-03
2	.284003E-03	-.129476E-03	-.478938E-03
3	-.170058E-03	.882829E-03	-.548839E-03
4	-.170058E-03	-.882829E-03	-.548840E-03

=====

```

=====
                                ANDAR    2
                                GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS
NO          ROTACAO X          ROTACAO Y          TRANSLACAO Z
=====
1           .148109E-03        .327831E-04        -.431403E-03
2           .148109E-03        -.327831E-04       -.431403E-03
3           -.980481E-04        .436219E-03        -.493597E-03
4           -.980481E-04        -.436219E-03       -.493597E-03
=====

```

```

=====
                                ANDAR    3
                                GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS
NO          ROTACAO X          ROTACAO Y          TRANSLACAO Z
=====
1           .163953E-03        .533055E-04        -.335405E-03
2           .163953E-03        -.533055E-04       -.335405E-03
3           -.974295E-04        .495465E-03        -.384040E-03
4           -.974295E-04        -.495465E-03       -.384040E-03
=====

```

```

=====
                                ANDAR    4
                                GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS
NO          ROTACAO X          ROTACAO Y          TRANSLACAO Z
=====
1           .185390E-03        .641413E-04        -.191390E-03
2           .185390E-03        -.641413E-04       -.191390E-03
3           -.982523E-04        .581053E-03        -.219721E-03
4           -.982523E-04        -.581053E-03       -.219721E-03
=====

```

```

=====
                                GERACAO DOS DESLOCAMENTOS DO ANDAR
ANDAR      TRANSLACAO X          TRANSLACAO Y          ROTACAO Z
=====
1           .131072E-10        .830813E-03        -.972040E-11
2           .724146E-11        .533686E-03        -.546775E-11
3           .164555E-10        .316601E-03        .224920E-11
4           .137851E-10        .104832E-03        .418142E-11
=====

```

=====
 ANDAR 1
 GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS
 VIGA EXTREMIDADE INICIAL EXTREMIDADE FINAL COMPRIMENTO
 NOI NOF
 =====

V1	1	2	3.80000
MX	-.548865E-06	.548865E-06	
MY	-1050.01	1050.01	
FZ	1900.00	1900.00	
V2	3	4	4.60000
MX	-.186397E-06	.186397E-06	
MY	-899.696	899.696	
FZ	2300.00	2300.00	
V3	3	1	3.20000
MX	5.69535	-5.69535	
MY	-658.040	410.104	
FZ	1677.48	1522.52	
V4	4	2	3.20000
MX	-5.69535	5.69535	
MY	-658.039	410.104	
FZ	1677.48	1522.52	

=====
 ANDAR 2
 GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS
 VIGA EXTREMIDADE INICIAL EXTREMIDADE FINAL COMPRIMENTO
 NOI NOF
 =====

V1	1	2	3.80000
MX	-.354822E-06	.354822E-06	
MY	-1164.51	1164.51	
FZ	1900.00	1900.00	
V2	3	4	4.60000
MX	-.481330E-07	.481330E-07	
MY	-1336.60	1336.60	
FZ	2300.00	2300.00	
V3	3	1	3.20000
MX	3.04998	-3.04998	
MY	-697.237	663.271	
FZ	1610.61	1589.39	

V4	4	2	3.20000
MX	-3.04998	3.04998	
MY	-697.237	663.271	
FZ	1610.61	1589.39	

=====

ANDAR 3
GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS

VIGA	EXTREMIDADE INICIAL NOI	EXTREMIDADE FINAL NOF	COMPRIMENTO
------	----------------------------	--------------------------	-------------

=====

V1	1	2	3.80000
MX	-.337272E-06	.337272E-06	
MY	-1140.21	1140.21	
FZ	1900.00	1900.00	

V2	3	1140.21	
FZ	1900.00	1900.00	

V2	3	4	4.60000
MX	-.115931E-06	.115931E-06	
MY	-1278.64	1278.64	
FZ	2300.00	2300.00	

V3	3	1	3.20000
MX	3.34272	-3.34272	
MY	-738.095	601.003	
FZ	1642.84	1557.16	

V4	4	2	3.20000
MX	-3.34272	3.34272	
MY	-738.095	601.003	
FZ	1642.84	1557.16	

=====

ANDAR 4
GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS

VIGA	EXTREMIDADE INICIAL NOI	EXTREMIDADE FINAL NOF	COMPRIMENTO
------	----------------------------	--------------------------	-------------

=====

V1	1	2	3.80000
MX	-.225633E-06	.225633E-06	
MY	-1127.38	1127.38	
FZ	1900.00	1900.00	

V2	3	4	4.60000
MX	.716677E-08	-.716677E-08	
MY	-1194.91	1194.91	
FZ	2300.00	2300.00	

U3	3	1	3.20000
MX	3.90785	-3.90785	
MY	-796.281	511.514	
FZ	1688.99	1511.01	
U4	4	2	3.20000
MX	-3.90785	3.90785	
MY	-796.281	511.514	
FZ	1688.99	1511.01	

```

=====
                                ANDAR      1
                                GERACAO DOS ESFORCOS NOS PILARES
PILAR      NO SUPERIOR      NO INFERIOR      COMPRIMENTO
=====
P 1          1          1          3.00000
MX          486.356          421.127
MY          1260.30          842.583
FZ          -3422.52          3422.52
FX          -700.960          700.960
FY          302.494          -302.494
MZ          -.193268E-06          .193268E-06

P 2          2          2          3.00000
MX          486.356          421.127
MY          -1260.30          -842.583
FZ          -3422.52          3422.52
FX          700.960          -700.960
FY          302.494          -302.494
MZ          -.193268E-06          .193268E-06

P 3          3          3          3.00000
MX          -609.284          -298.200
MY          1056.90          842.529
FZ          -3977.48          3977.48
FX          -633.143          633.143
FY          -302.494          302.494
MZ          -.193268E-06          .193268E-06

P 4          4          4          3.00000
MX          -609.283          -298.199
MY          -1056.90          -842.529
FZ          -3977.48          3977.48
FX          633.143          -633.143
FY          -302.494          302.494
MZ          -.193268E-06          .193268E-06

```

=====
 ANDAR 2
 GERACAO DOS ESFORCOS NOS PILARES
 PILAR NO SUPERIOR NO INFERIOR COMPRIMENTO
 =====

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
P 1	1	1	3.00000
MX	325.083	332.688	
MY	513.526	602.183	
FZ	-6911.91	6911.91	
FX	-371.903	371.903	
FY	219.257	-219.257	
MZ	-.350707E-06	.350707E-06	

P 2	2	2	3.00000
MX	325.083	332.688	
MY	-513.526	-602.183	
FZ	-6911.91	6911.91	
FX	371.903	-371.903	
FY	219.257	-219.257	
MZ	-.350707E-06	.350707E-06	

P 3	3	3	3.00000
MX	-330.222	-327.549	
MY	656.594	685.032	
FZ	-7888.09	7888.09	
FX	-447.208	447.208	
FY	-219.257	219.257	
MZ	-.350707E-06	.350707E-06	

P 4	4	4	3.00000
MX	-330.222	-327.549	
MY	-656.594	-685.032	
FZ	-7888.10	7888.10	
FX	447.208	-447.208	
FY	-219.257	219.257	
MZ	-.350707E-06	.350707E-06	

=====
 ANDAR 3
 GERACAO DOS ESFORCOS NOS PILARES
 PILAR NO SUPERIOR NO INFERIOR COMPRIMENTO
 =====

P 1	1	1	3.00000
MX	348.031	358.321	
MY	737.650	784.461	
FZ	-10369.1	10369.1	
FX	-507.370	507.370	
FY	235.451	-235.451	
MZ	-.878123E-07	.878123E-07	

P 2	2	2	3.00000
MX	348.031	358.321	
MY	-737.650	-784.461	
FZ	-10369.1	10369.1	
FX	507.370	-507.370	
FY	235.451	-235.451	
MZ	-.878123E-07	.878123E-07	

P 3	3	3	3.00000
MX	-351.399	-354.953	
MY	754.552	795.634	
FZ	-11830.9	11830.9	
FX	-516.729	516.729	
FY	-235.451	235.451	
MZ	-.878123E-07	.878123E-07	

P 4	4	4	3.00000
MX	-351.398	-354.953	
MY	-754.552	-795.634	
FZ	-11830.9	11830.9	
FX	516.729	-516.729	
FY	-235.450	235.450	
MZ	-.878123E-07	.878123E-07	

=====

ANDAR 4

GERACAO DOS ESFORÇOS NOS PILARES

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
-------	-------------	-------------	-------------

=====

P 1	1	1	3.00000
MX	228.294	139.307	
MY	554.181	277.090	
FZ	-13780.1	13780.1	
FX	-277.090	277.090	
FY	122.533	-122.533	
MZ	.190030E-06	-.190030E-06	

P 2	2	2	3.00000
MX	228.294	139.307	
MY	-554.181	-277.090	
FZ	-13780.1	13780.1	
FX	277.090	-277.090	
FY	122.533	-122.533	
MZ	.190030E-06	-.190030E-06	

P 3	3	3	3.00000
MX	-396.025	28.4246	
MY	557.811	278.905	
FZ	-15819.9	15819.9	
FX	-278.905	278.905	
FY	-122.533	122.533	
MZ	.190030E-06	-.190030E-06	

P 4	4	4	3.00000
MX	-396.025	28.4247	
MY	-557.811	-278.905	
FZ	-15819.9	15819.9	
FX	278.905	-278.905	
FY	-122.533	122.533	
MZ	.190030E-06	-.190030E-06	

```

=====
PILAR      MX      MY      REACDES NOS APOIOS
              FZ      FX      FY      MZ
=====
P 1  139.307    277.090    13780.1    277.090    -122.533    -.190030E-06
P 2  139.307   -277.090    13780.1   -277.090    -122.533    -.190030E-06
P 3   28.4246    278.905    15819.9    278.905     122.533    -.190030E-06
P 4   28.4247   -278.905    15819.9   -278.905     122.533    -.190030E-06

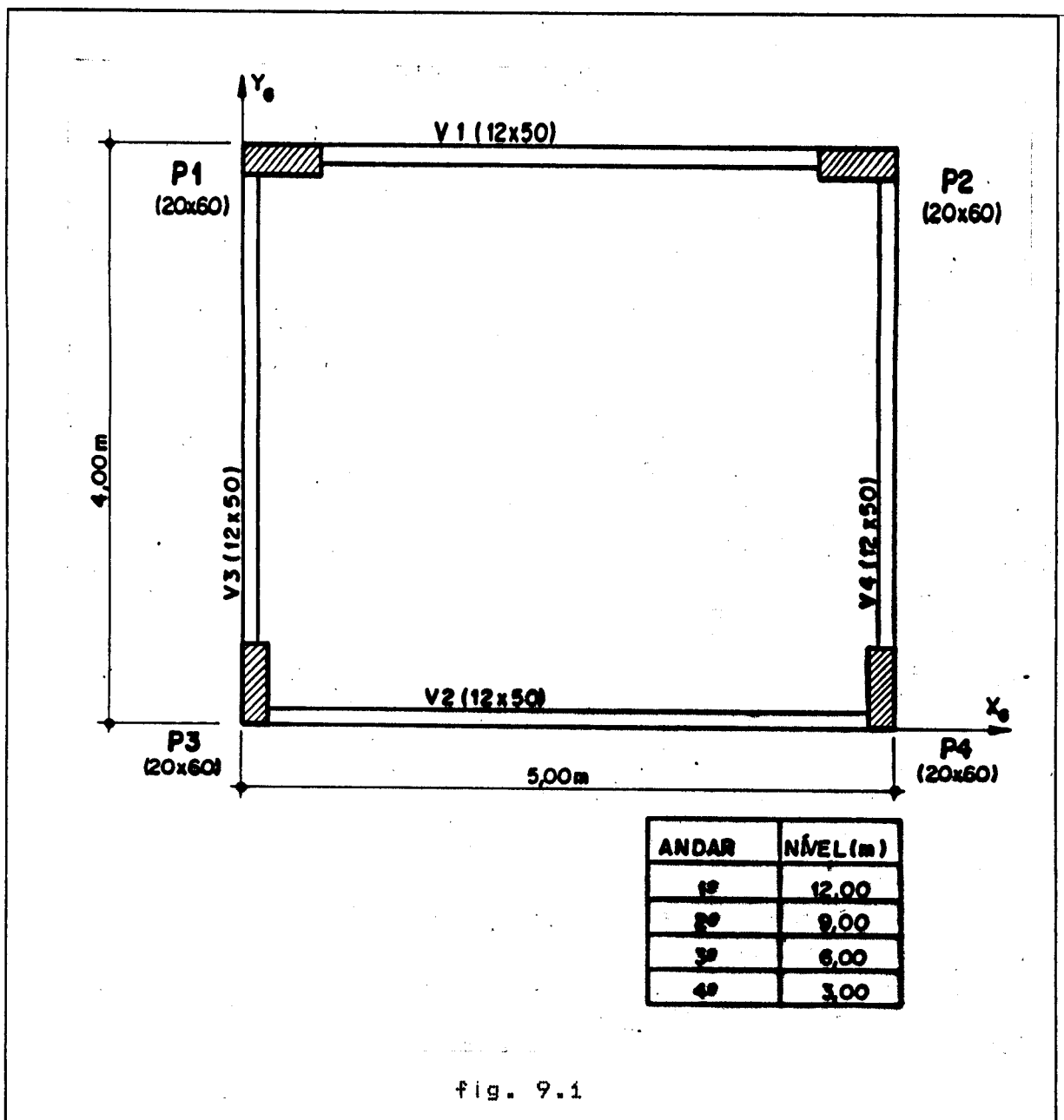
```

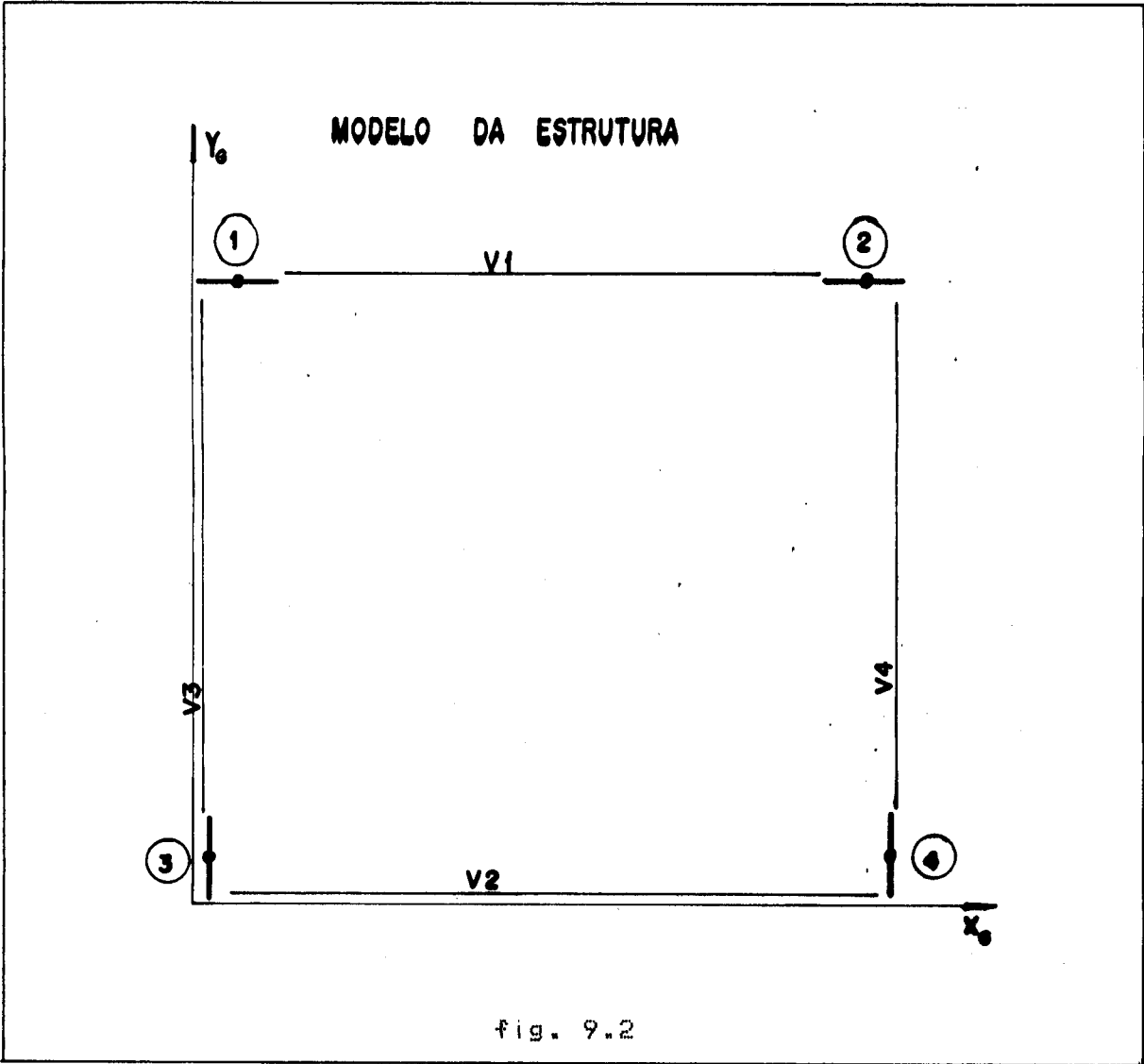
9.3 - ANÁLISE DA ESTRUTURA

Considere-se a referida estrutura com:

- 4 andares
- 4 nós em planta

Carregamento horizontal na direção y de 640 Kg/m e um momento M_z de 1.600 Kgfm nos andares de 1 a 4.





9.4 - LISTAGEM DOS RESULTADOS

PROJETO: EDIFICIO ALFA
 CLIENTE: ENGEFEMA Eng. Com. e Proj. Ltda

=====
 GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
1	3.000	PAV

=====
 CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====
 GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.300	NO
4	4.900	.300	NO

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PROV

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PROP
2	.360E-02	.400E-03	.126E-02	.120	PROP

=====
 GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL XI	EXC. INICIAL YI	EXC. FINAL XF	EXC. FINAL YF	IDENT
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.240	.100	.240	VIGA
V3	3	1	1	.300	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.300	.040	.100	.240	VIGA

=====
 GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER XI	EXC. INFER YI	EXC. SUPER XS	EXC. SUPER YS	SENAP	COSAP	IDENT
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA

=====
 FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====
 GERACAO DOS ANDARES

ANDAR	TIPO	IDENT
1	1	ANDA
2	1	ANDA
3	1	ANDA
4	1	ANDA
5	1	ANDA

 FIM DA LEITURA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

=====

GERACAO DO CARREGAMENTO NO ANDAR

ANDAR	RESULT.(FX)	RESULT.(FY)	MOM.(MZ)	IDENT
1	.000	640.000	1600.000	CAN
2	.000	640.000	1600.000	CAN
3	.000	640.000	1600.000	CAN
4	.000	640.000	1600.000	CAN

=====

FIM DE LEITURA DO CARREGAMENTO

=====

FIM DA LEITURA DE TODOS OS DADOS DA ESTRUTURA

=====

ANDAR 1

GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS

NO	ROTACAO X	ROTACAO Y	TRANSLACAO Z
1	-.317271E-04	-.323160E-05	-.542642E-04
2	-.317271E-04	.323159E-05	-.542642E-04
3	-.151442E-03	.291453E-05	.542642E-04
4	-.151442E-03	-.291451E-05	.542642E-04

=====

ANDAR 2

GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS

NO	ROTACAO X	ROTACAO Y	TRANSLACAO Z
1	-.831306E-04	-.327197E-05	-.516062E-04
2	-.831306E-04	.327197E-05	-.516062E-04
3	-.242461E-03	.408188E-05	.516062E-04
4	-.242461E-03	-.408186E-05	.516062E-04

```

=====
                                ANDAR      3
                                GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS
NO          ROTACAO X          ROTACAO Y          TRANSLACAO Z
=====
1          -.984642E-04        -.555991E-05        -.432510E-04
2          -.984642E-04        .555991E-05         -.432510E-04
3          -.354496E-03        .650682E-05         .432510E-04
4          -.354496E-03        -.650679E-05        .432510E-04
=====

```

```

=====
                                ANDAR      4
                                GERACAO DOS DESLOCAMENTOS NODAIS
NO          ROTACAO X          ROTACAO Y          TRANSLACAO Z
=====
1          -.701737E-04        -.740525E-05        -.262802E-04
2          -.701737E-04        .740524E-05         -.262802E-04
3          -.394129E-03        .813270E-05         .262802E-04
4          -.394129E-03        -.813262E-05        .262803E-04
=====

```

```

=====
                                GERACAO DOS DESLOCAMENTOS DO ANDAR
ANDAR      TRANSLACAO X          TRANSLACAO Y          ROTACAO Z
=====
1          .528258E-09          .396067E-02          .149444E-09
2          .374884E-09          .331167E-02          .104791E-09
3          .383248E-09          .227854E-02          .108610E-09
4          .220707E-09          .942600E-03          .631645E-10
=====

```

```

=====
                                ANDAR      1
                                GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS
VIGA      EXTREMIDADE INICIAL  EXTREMIDADE FINAL  COMPRIMENTO
                                NOI                      NOF
=====
V1          1                      2                      3.80000
MX          .366648E-07          -.366648E-07
MY          -3.82691              3.82687
FZ          .108317E-04              -.108317E-04

V2          3                      4                      4.60000
MX          .265917E-06          -.265917E-06
MY          2.85122                -2.85109
FZ          -.274673E-04              .274673E-04
=====

```

V3	3	1	3.20000
MX	.464647E-01	-.464647E-01	
MY	390.369	222.021	
FZ	-191.372	191.372	

V4	4	2	3.20000
MX	-.464644E-01	.464644E-01	
MY	390.369	222.021	
FZ	-191.372	191.372	

```

=====
                          ANDAR      2
                    GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS
VIGA  EXTREMIDADE INICIAL  EXTREMIDADE FINAL  COMPRIMENTO
                          NOI                      NOF
=====

```

V1	1	2	3.80000
MX	.265526E-08	-.265526E-08	
MY	-3.87470	3.87470	
FZ	-.774661E-06	.774661E-06	

V2	3	4	4.60000
MX	.392651E-06	-.392651E-06	
MY	3.99319	-3.99308	
FZ	-.238877E-04	.238877E-04	

V3	3	1	3.20000
MX	.555951E-01	-.555951E-01	
MY	768.357	544.298	
FZ	-410.205	410.205	

V4	4	2	3.20000
MX	-.555948E-01	.555948E-01	
MY	768.357	544.299	
FZ	-410.205	410.205	

```

=====
                          ANDAR      3
                    GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS
VIGA  EXTREMIDADE INICIAL  EXTREMIDADE FINAL  COMPRIMENTO
                          NOI                      NOF
=====

```

V1	1	2	3.80000
MX	.229938E-06	-.229938E-06	
MY	-6.58410	6.58410	
FZ	-.100091E-05	.100091E-05	

V2	3	4	4.60000
MX	-.143221E-06	.143221E-06	
MY	6.36542	-6.36529	
FZ	-.278662E-04	.278662E-04	
V3	3	1	3.20000
MX	.912245E-01	-.912245E-01	
MY	1172.53	812.485	
FZ	-620.317	620.317	
V4	4	2	3.20000
MX	-.912241E-01	.912241E-01	
MY	1172.53	812.485	
FZ	-620.317	620.317	

=====
 ANDAR 4
 GERACAO DOS ESFORCOS NAS VIGAS
 VIGA EXTREMIDADE INICIAL EXTREMIDADE FINAL COMPRIMENTO
 NOI NOF
 =====

V1	1	2	3.80000
MX	-.569131E-07	.569131E-07	
MY	-8.76939	8.76934	
FZ	.130476E-04	-.130476E-04	
V2	3	4	4.60000
MX	.666047E-06	-.666047E-06	
MY	7.95600	-7.95573	
FZ	-.599163E-04	.599163E-04	
V3	3	1	3.20000
MX	.117467	-.117467	
MY	1300.24	844.674	
FZ	-670.284	670.284	
V4	4	2	3.20000
MX	-.117466	.117466	
MY	1300.24	844.674	
FZ	-670.284	670.284	

=====
 ANDAR 1
 GERACAO DOS ESFORCOS NOS PILARES
 PILAR NO SUPERIOR NO INFERIOR COMPRIMENTO
 =====

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
P 1	1	1	3.00000
MX	241.158	216.484	
MY	-42.0558	-42.2302	
FZ	-191.372	191.372	
FX	28.0954	-28.0954	
FY	152.547	-152.547	
MZ	.202932E-05	-.202932E-05	

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
P 2	2	2	3.00000
MX	241.158	216.484	
MY	42.0559	42.2304	
FZ	-191.372	191.372	
FX	-28.0954	28.0954	
FY	152.547	-152.547	
MZ	.202932E-05	-.202932E-05	

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
P 3	3	3	3.00000
MX	447.781	54.5772	
MY	4.75718	5.31751	
FZ	191.372	-191.372	
FX	-3.35823	3.35823	
FY	167.453	-167.453	
MZ	.202932E-05	-.202932E-05	

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
P 4	4	4	3.00000
MX	447.781	54.5772	
MY	-4.75729	-5.31762	
FZ	191.372	-191.372	
FX	3.35830	-3.35830	
FY	167.453	-167.453	
MZ	.202932E-05	-.202932E-05	

=====
 ANDAR 2
 GERACAO DOS ESFORCOS NOS PILARES
 PILAR NO SUPERIOR NO INFERIOR COMPRIMENTO
 =====

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
P 1	1	1	3.00000
MX	368.835	361.475	
MY	-52.2886	-62.1725	
FZ	-601.577	601.577	
FX	38.1537	-38.1537	
FY	243.436	-243.436	
MZ	-.173557E-06	.173557E-06	

P 2	2	2	3.00000
MX	368.835	361.475	
MY	52.2886	62.1725	
FZ	-601.577	601.577	
FX	-38.1537	38.1537	
FY	243.436	-243.436	
MZ	-.173557E-06	.173557E-06	

P 3	3	3	3.00000
MX	836.842	352.850	
MY	7.04188	8.20585	
FZ	601.576	-601.576	
FX	-5.08258	5.08258	
FY	396.564	-396.564	
MZ	-.173557E-06	.173557E-06	

P 4	4	4	3.00000
MX	836.841	352.849	
MY	-7.04184	-8.20581	
FZ	601.577	-601.577	
FX	5.08255	-5.08255	
FY	396.563	-396.563	
MZ	-.173557E-06	.173557E-06	

=====

ANDAR 3

GERACAO DOS ESFORCOS NOS PILARES

PILAR	NO SUPERIOR	NO INFERIOR	COMPRIMENTO
-------	-------------	-------------	-------------

=====

P 1	1	1	3.00000
MX	513.042	526.621	
MY	-80.0282	-88.0001	
FZ	-1221.89	1221.89	
FX	56.0094	-56.0094	
FY	346.554	-346.554	
MZ	.206531E-05	-.206531E-05	

P 2	2	2	3.00000
MX	513.042	526.621	
MY	80.0283	88.0001	
FZ	-1221.89	1221.89	
FX	-56.0095	56.0095	
FY	346.554	-346.554	
MZ	.206531E-05	-.206531E-05	

P 3	3	3	3.00000
MX	1005.77	834.562	
MY	10.1502	10.9306	
FZ	1221.89	-1221.89	
FX	-7.02692	7.02692	
FY	613.446	-613.446	
MZ	.206531E-05	-.206531E-05	

P 4	4	4	3.00000
MX	1005.78	834.562	
MY	-10.1502	-10.9306	
FZ	1221.89	-1221.89	
FX	7.02697	-7.02697	
FY	613.446	-613.446	
MZ	.206531E-05	-.206531E-05	

=====
 ANDAR 4
 GERACAO DOS ESFORCOS NOS PILARES
 PILAR NO SUPERIOR NO INFERIOR COMPRIMENTO
 =====

P 1	1	1	3.00000
MX	385.081	418.764	
MY	-63.9812	-31.9906	
FZ	-1892.18	1892.18	
FX	31.9906	-31.9906	
FY	267.949	-267.949	
MZ	.287060E-05	-.287060E-05	

P 2	2	2	3.00000
MX	385.081	418.765	
MY	63.9814	31.9907	
FZ	-1892.18	1892.18	
FX	-31.9907	31.9907	
FY	267.949	-267.949	
MZ	.287060E-05	-.287060E-05	

P 3	3	3	3.00000
MX	666.759	2369.39	
MY	7.80729	3.90360	
FZ	1892.18	-1892.18	
FX	-3.90363	3.90363	
FY	1012.05	-1012.05	
MZ	.287060E-05	-.287060E-05	

P 4	4	4	3.00000
MX	666.759	2369.40	
MY	-7.80742	-3.90376	
FZ	1892.18	-1892.18	
FX	3.90372	-3.90372	
FY	1012.05	-1012.05	
MZ	.287060E-05	-.287060E-05	

=====						
REACOES NOS APOIOS						
PILAR	MX	MY	FZ	FX	FY	MZ
=====						
P 1	418.764	-31.9906	1892.18	-31.9906	-267.949	-.287060E-05
P 2	418.765	31.9907	1892.18	31.9907	-267.949	-.287060E-05
P 3	2369.39	3.90360	-1892.18	3.90363	-1012.05	-.287060E-05
P 4	2369.40	-3.90376	-1892.18	-3.90372	-1012.05	-.287060E-05

9.5 - ANÁLISE DA ESTRUTURA

Considere-se a referida estrutura com:

- 9 andares
- 4 nós em planta

Onde o 1º e 2º andares tem como planta a figura 9.3 e o 3º e 4º andares tem como planta a figura 9.5.

Cargas verticais:

Carregamento uniformemente distribuído igual a 1000 Kgf/m em todas as vigas nos andares de 1 a 4.

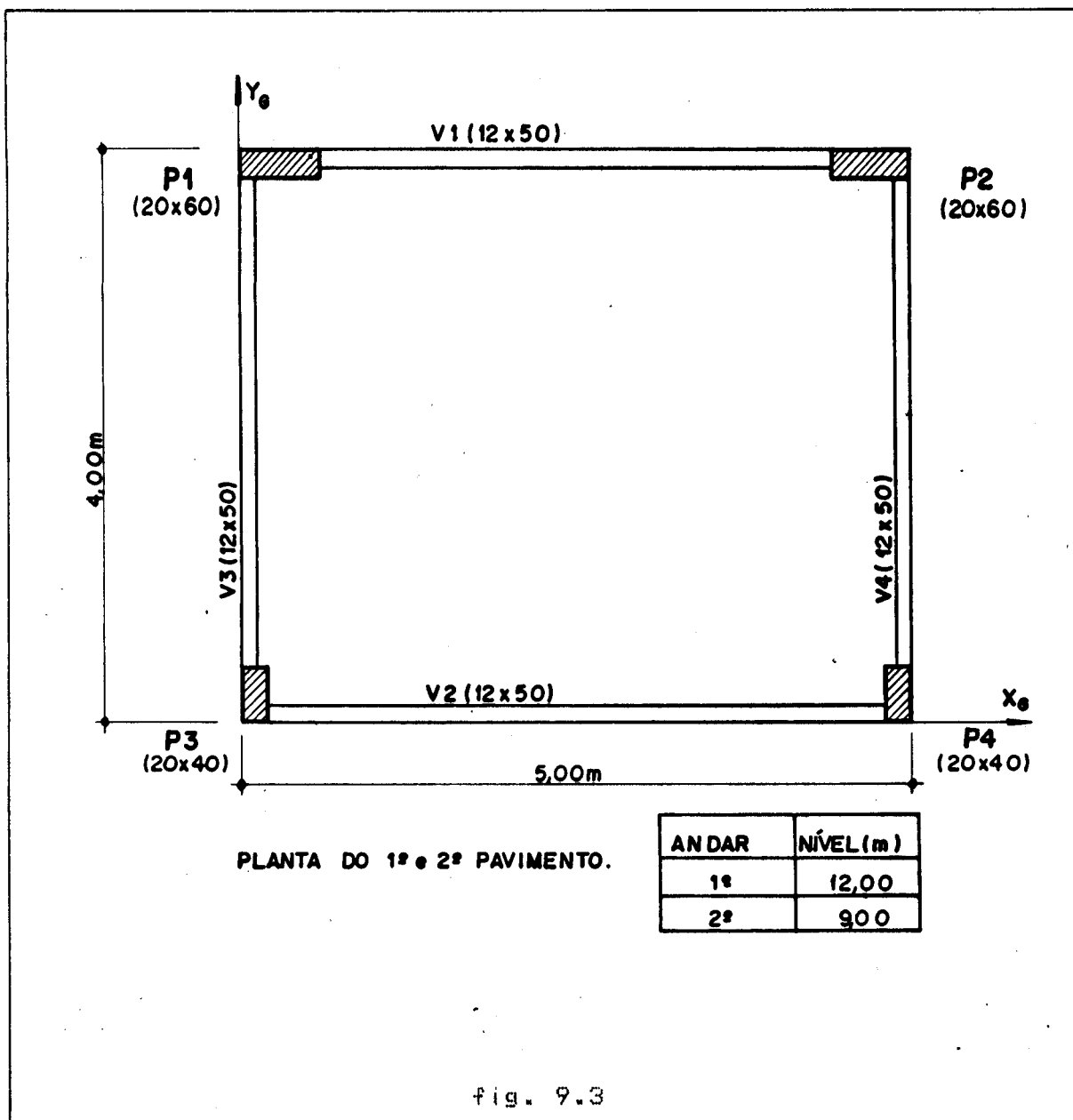
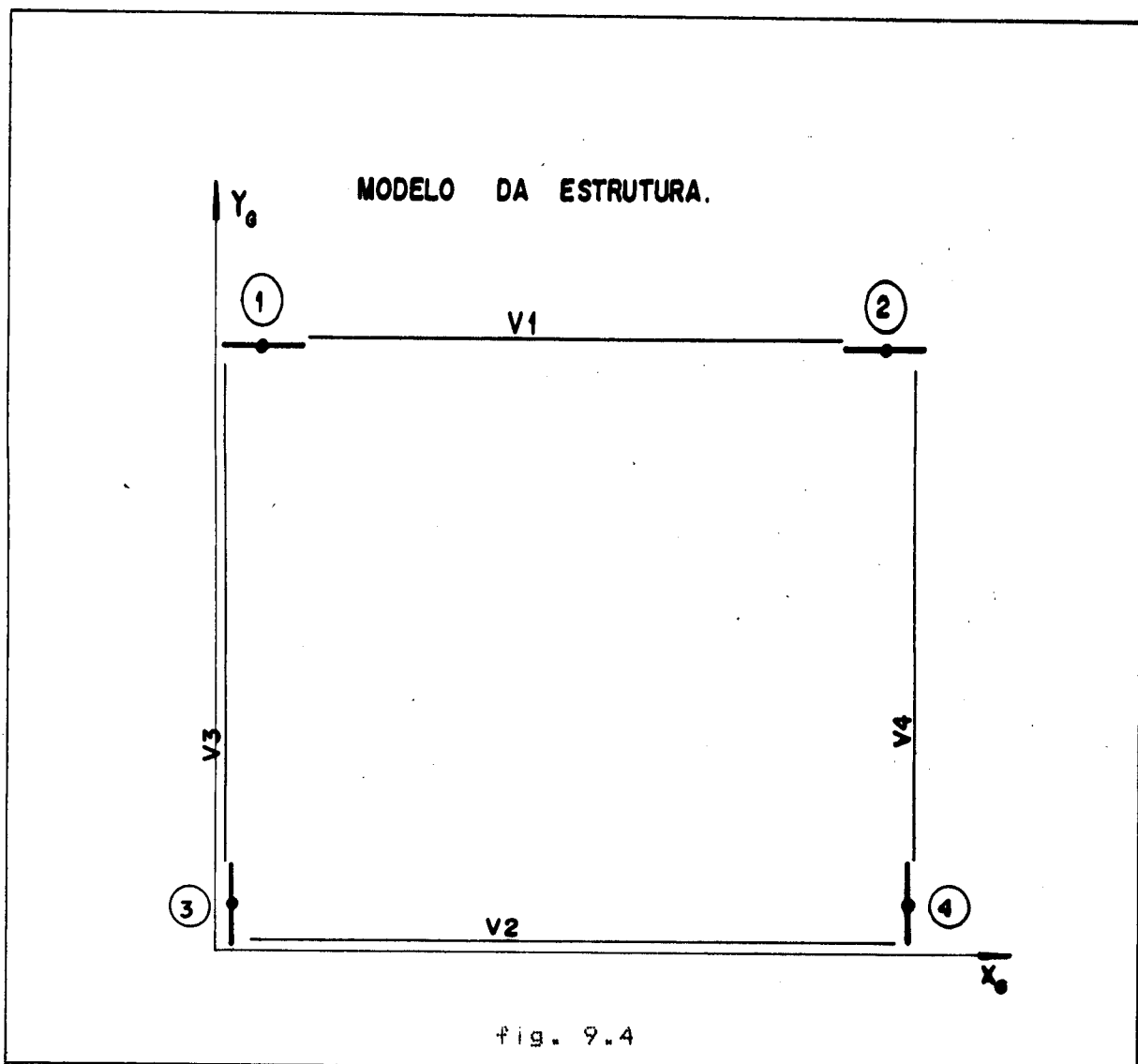


fig. 9.3



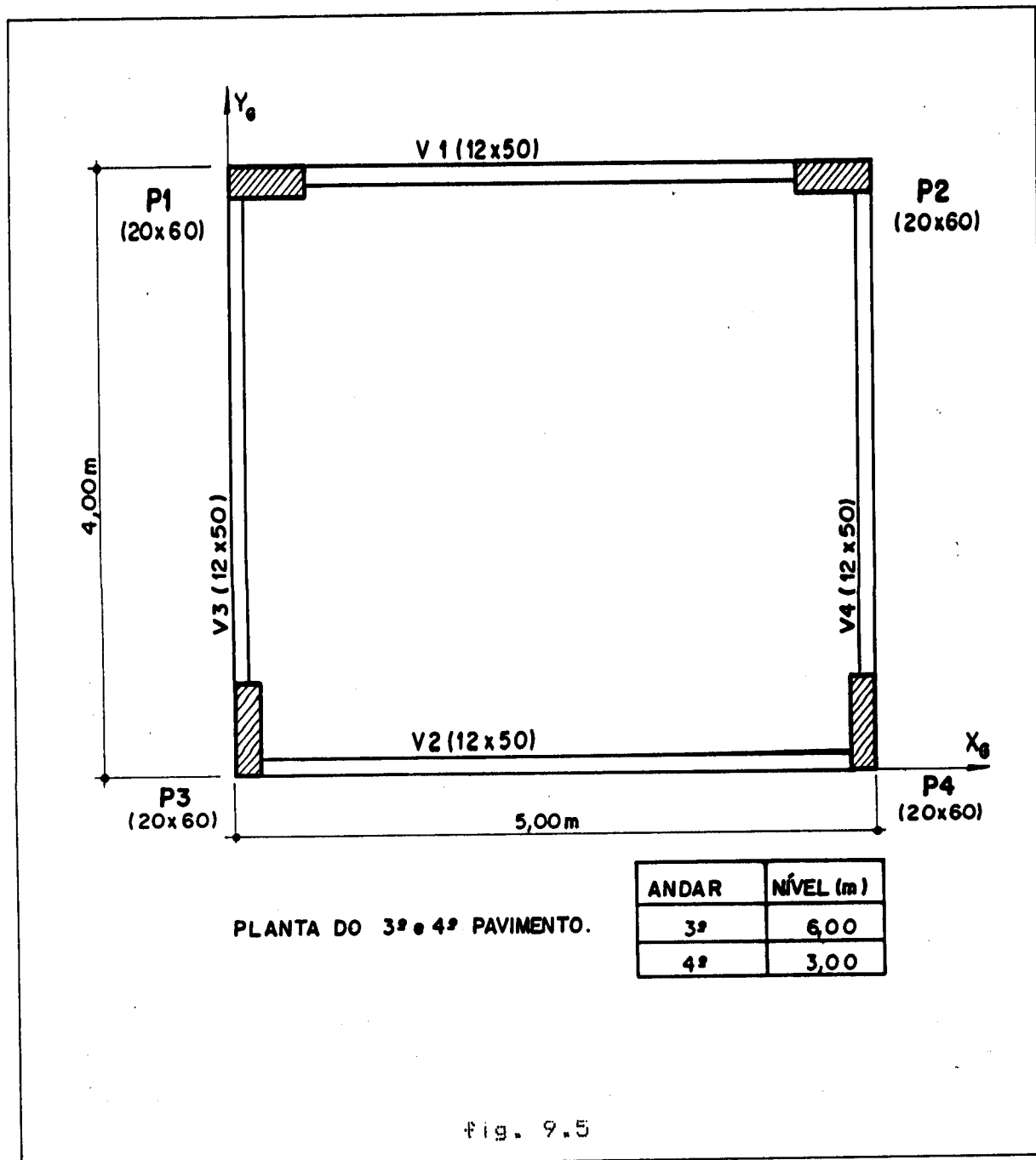
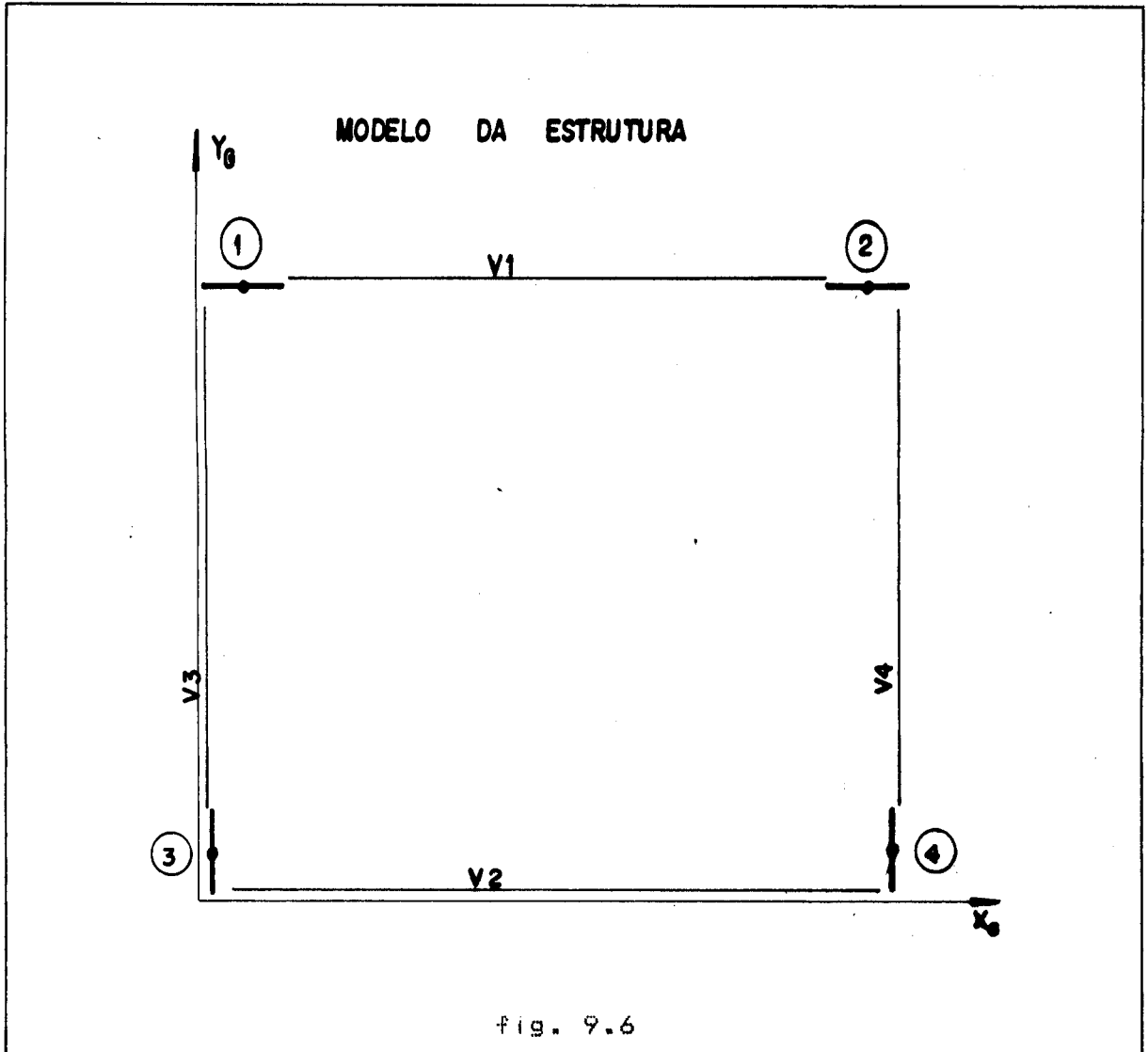


fig. 9.5



9.6 - LISTAGEM DOS DADOS DA ESTRUTURA

PROJETO: EDIFICIO BETA
 CLIENTE: ENGEFEMA Eng. Com. e Proj. Ltda

=====
 GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
1	3.000	PAV

=====
 CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====
 GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.200	NO
4	4.900	.200	NO

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PROV

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PROP
2	.107E-02	.267E-03	.733E-03	.800E-01	PROP

=====

GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL		EXC. FINAL		IDENT
				XI	YI	XF	YF	
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.140	.100	.140	VIGA
V3	3	1	1	.200	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.200	.040	.100	.240	VIGA

=====

GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER		EXC. SUPER		SENAP	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA

=====

FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====

GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
2	3.000	PAV

=====

CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====
 GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.200	NO
4	4.900	.200	NO

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PROV

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PROP
2	.107E-02	.267E-03	.733E-03	.800E-01	PROP

=====
 GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL XI	EXC. INICIAL YI	EXC. FINAL XF	EXC. FINAL YF	IDENT
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.140	.100	.140	VIGA
V3	3	1	1	.200	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.200	.040	.100	.240	VIGA

=====
 GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC.INFER		EXC.SUPER		SENAP	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.100	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.100	.000	1.000	PILA

=====
 FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====
 GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
3	3.000	PAV

=====
 CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====
 GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.300	NO
4	4.900	.300	NO

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PROV

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PROP
2	.360E-02	.400E-03	.126E-02	.120	PROP

=====

GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL		EXC. FINAL		IDENT
				XI	YI	XF	YF	
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.240	.100	.240	VIGA
V3	3	1	1	.300	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.300	.040	.100	.240	VIGA

=====

GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER		EXC. SUPER		SENA	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA

=====

FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====

GERACAO DOS ANDARES

ANDAR	TIPO	IDENT
1	1	ANDA
2	1	ANDA
3	1	ANDA
4	1	ANDA
5	2	ANDA
6	3	ANDA
7	3	ANDA
8	3	ANDA
9	3	ANDA
10	3	ANDA

FIM DA LEITURA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

=====

GERACAO DO CARREGAMENTO DAS VIGAS

TIPO	VIGA	TIPO DE CARREGAMENTO
1	V1	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 3.800
	V2	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 4.600
	V3	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 3.400
	V4	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 3.400

2

V1	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.800
V2	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	4.600
V3	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.400
V4	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.400

3

V1	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.800
V2	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	4.600
V3	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.200
V4	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	3.200

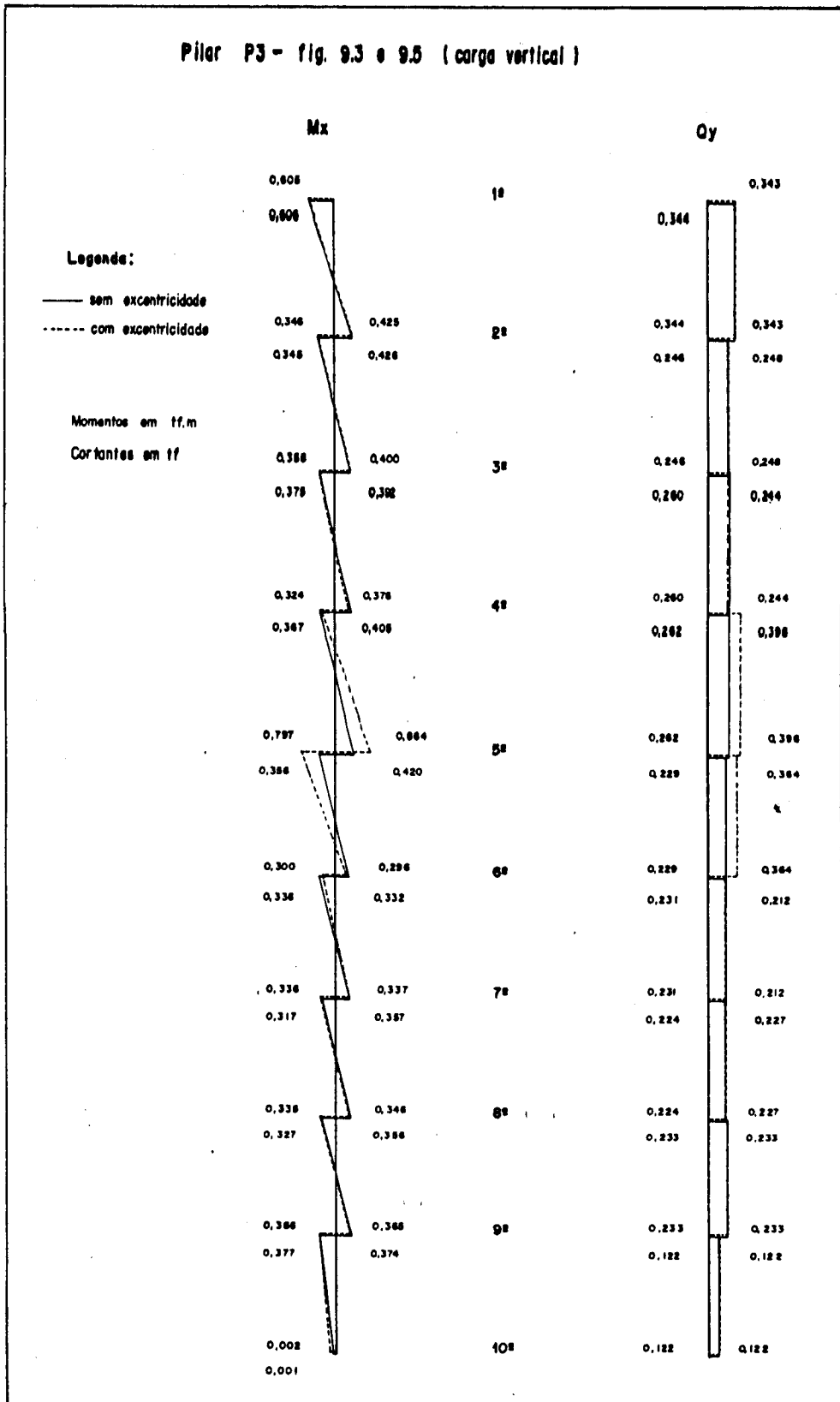
=====
FIM DE LEITURA DO CARREGAMENTO

=====
FIM DA LEITURA DE TODOS OS DADOS DA ESTRUTURA

9.7 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a estrutura da fig. 9.3 e 9.5, com 9 andares e carregamento uniformemente distribuído de 1000 Kgf/m em todas as vigas do primeiro ao nono andar, e variação das seções dos pilares no 6º andar, considerar-se-á duas situações, uma com excentricidade dos pilares no 6º andar e a outra sem excentricidade dos pilares. Os resultados obtidos, para o pilar P3, são apresentados em gráfico a seguir e observa-se que há uma distribuição no pavimento superior, tanto do momento fletor quanto da força cortante.

Pilar P3 - fig. 9.3 e 9.5 (carga vertical)



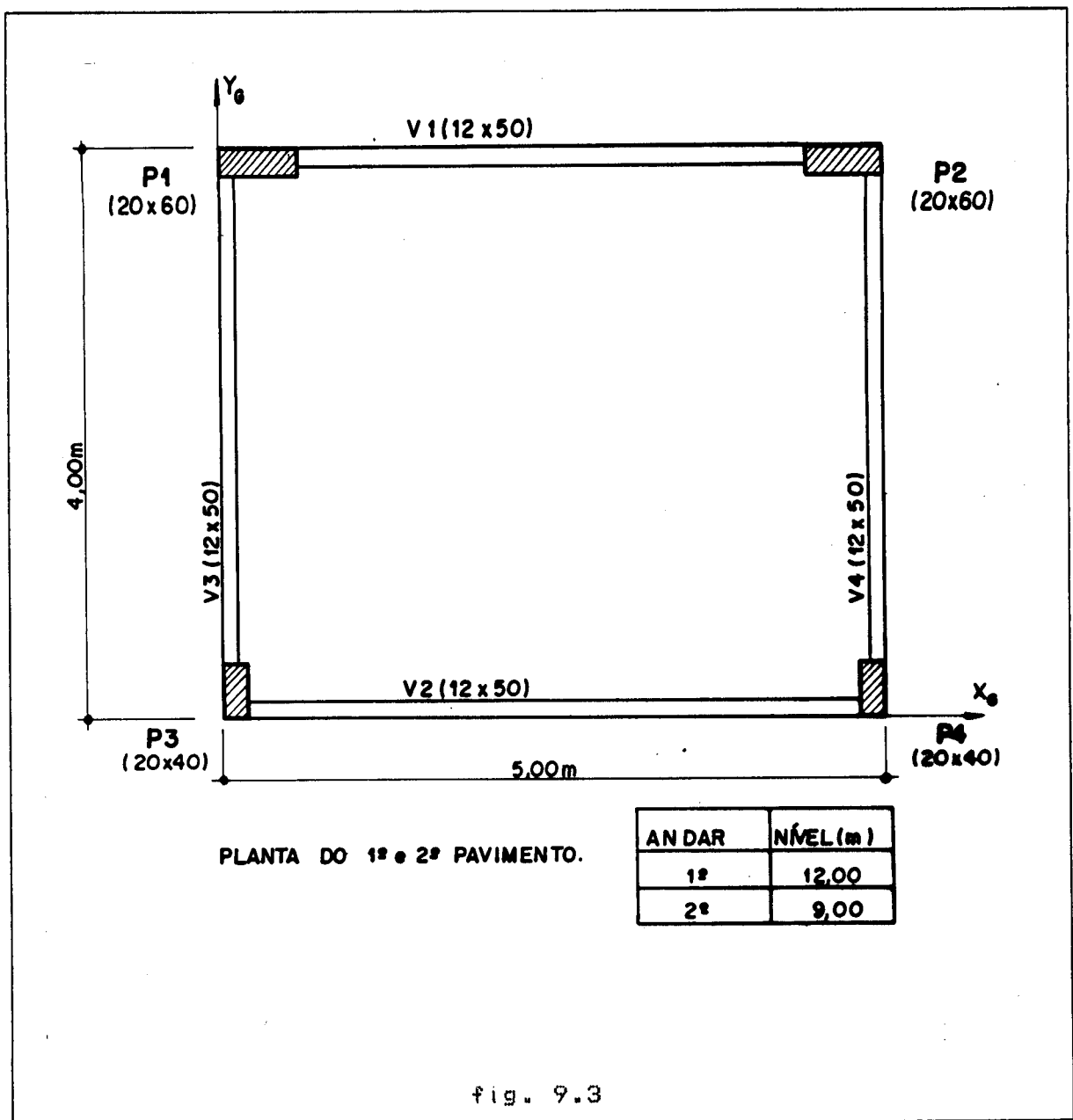
9.8 - ANÁLISE DA ESTRUTURA

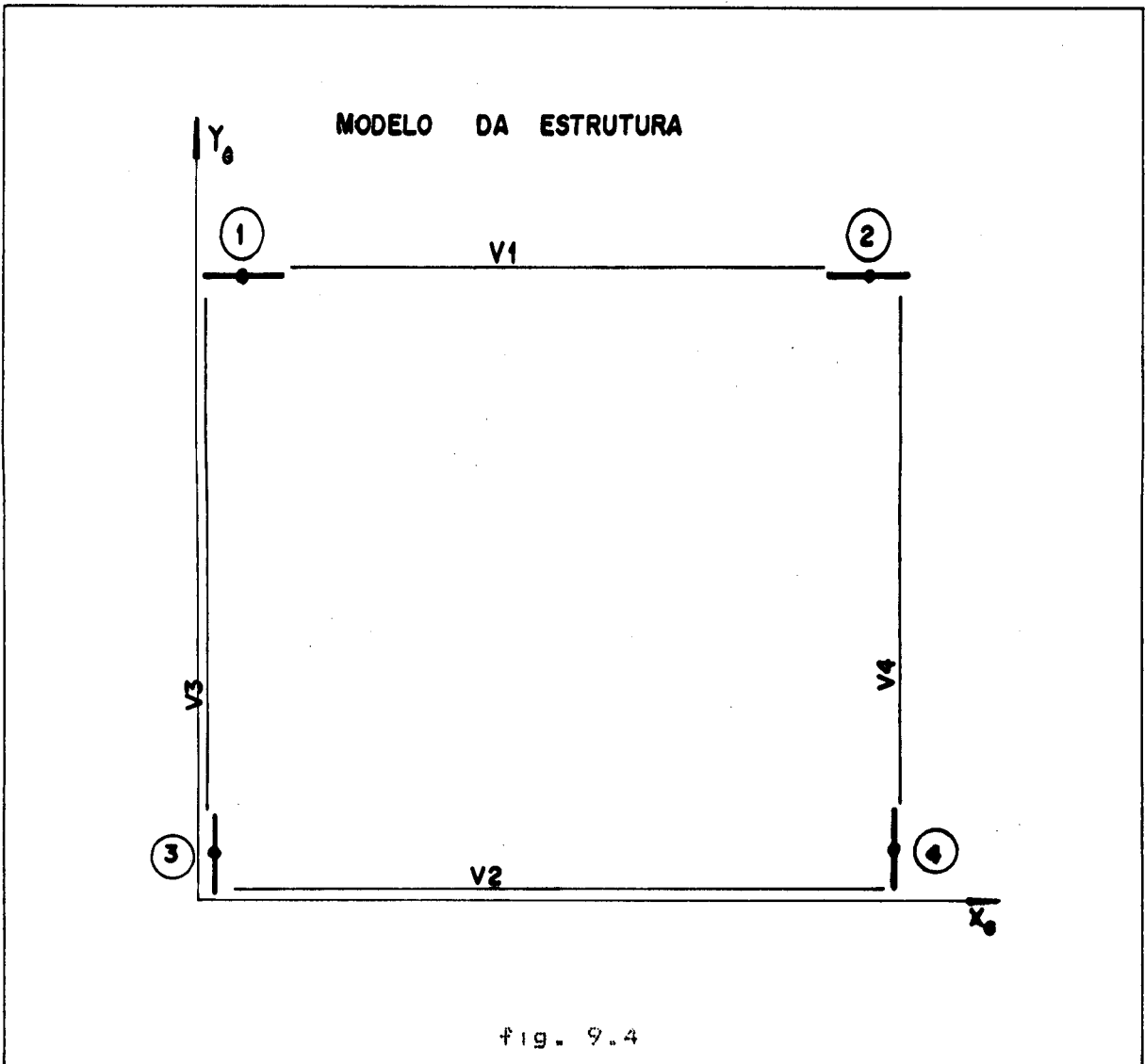
Considere-se a referida estrutura com:

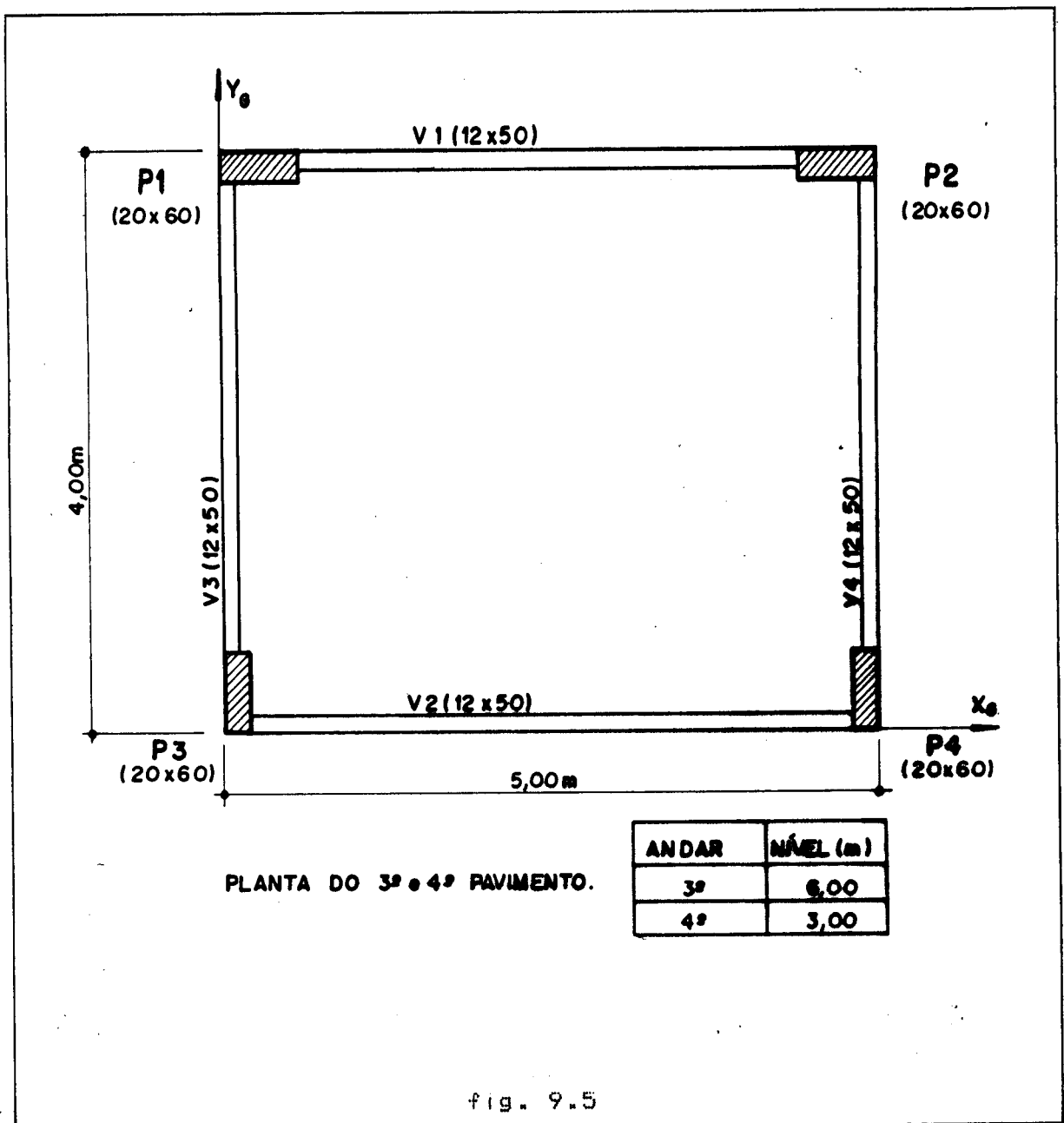
- 9 andares
- 4 nós em planta

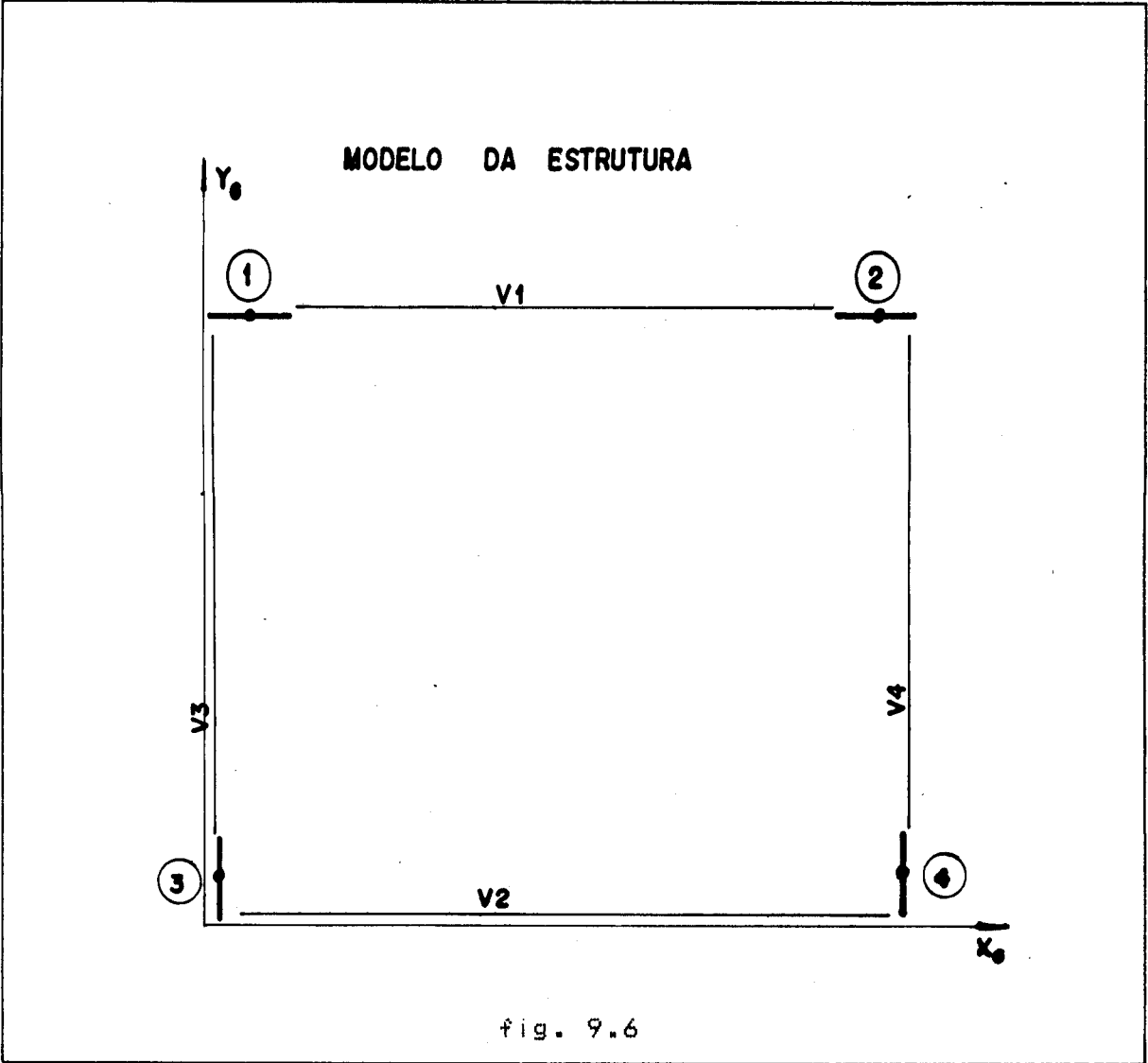
Unde o 1º e 2º andares tem como planta a figura 9.3 e o 3º e 4º andares tem como planta a figura 9.5.

Carregamento horizontal na direção y de 640 Kgf e um momento M_z de 1.600 Kgfm nos andares de 1 a 4.









9.9 - LISTAGEM DOS DADOS DA ESTRUTURA

PROJETO: EDIFICIO BETA
 CLIENTE: ENGEFEMA Eng. Com. e Proj. Ltda

=====
 GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
1	3.000	PAV

=====
 CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====
 GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.200	NO
4	4.900	.200	NO

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PROV

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PROP
2	.107E-02	.267E-03	.733E-03	.800E-01	PROP

=====
 GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL		EXC. FINAL		IDENT
				XI	YI	XF	YF	
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.140	.100	.140	VIGA
V3	3	1	1	.200	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.200	.040	.100	.240	VIGA

=====
 GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER		EXC. SUPER		SENAP	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA

=====
 FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====
 GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
2	3.000	PAV

=====
 CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====
 GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.200	NO
4	4.900	.200	NO

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PROV

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PROP
2	.107E-02	.267E-03	.733E-03	.800E-01	PROP

=====
 GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL XI	EXC. INICIAL YI	EXC. FINAL XF	EXC. FINAL YF	IDENT
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.140	.100	.140	VIGA
V3	3	1	1	.200	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.200	.040	.100	.240	VIGA

=====
 GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC.INFER		EXC.SUPER		SENAP	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.100	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.100	.000	1.000	PILA

=====
 FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====
 GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
3	3.000	PAV

=====
 CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====
 GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.300	3.900	NO
2	4.700	3.900	NO
3	.100	.300	NO
4	4.900	.300	NO

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.224E-03	.125E-02	.600E-01	PROV

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.400E-03	.360E-02	.126E-02	.120	PROP
2	.360E-02	.400E-03	.126E-02	.120	PROP

=====

GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL		EXC. FINAL		IDENT
				XI	YI	XF	YF	
V1	1	2	1	.300	-.040	.300	-.040	VIGA
V2	3	4	1	.100	.240	.100	.240	VIGA
V3	3	1	1	.300	-.040	.100	-.240	VIGA
V4	4	2	1	.300	.040	.100	.240	VIGA

=====

GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER		EXC. SUPER		SENAP	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P2	2	2	1	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA

=====

FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====

GERACAO DOS ANDARES

ANDAR	TIPO	IDENT
1	1	ANDA
2	1	ANDA
3	1	ANDA
4	1	ANDA
5	2	ANDA
6	3	ANDA
7	3	ANDA
8	3	ANDA
9	3	ANDA
10	3	ANDA

FIM DA LEITURA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

=====

GERACAO DO CARREGAMENTO NO ANDAR

ANDAR	RESULT. (FX)	RESULT. (FY)	MOM. (MZ)	IDENT
1	.000	640.000	1600.000	CAN
2	.000	640.000	1600.000	CAN
3	.000	640.000	1600.000	CAN
4	.000	640.000	1600.000	CAN
5	.000	640.000	1600.000	CAN
6	.000	640.000	1600.000	CAN
7	.000	640.000	1600.000	CAN
8	.000	640.000	1600.000	CAN
9	.000	640.000	1600.000	CAN

=====

FIM DE LEITURA DO CARREGAMENTO

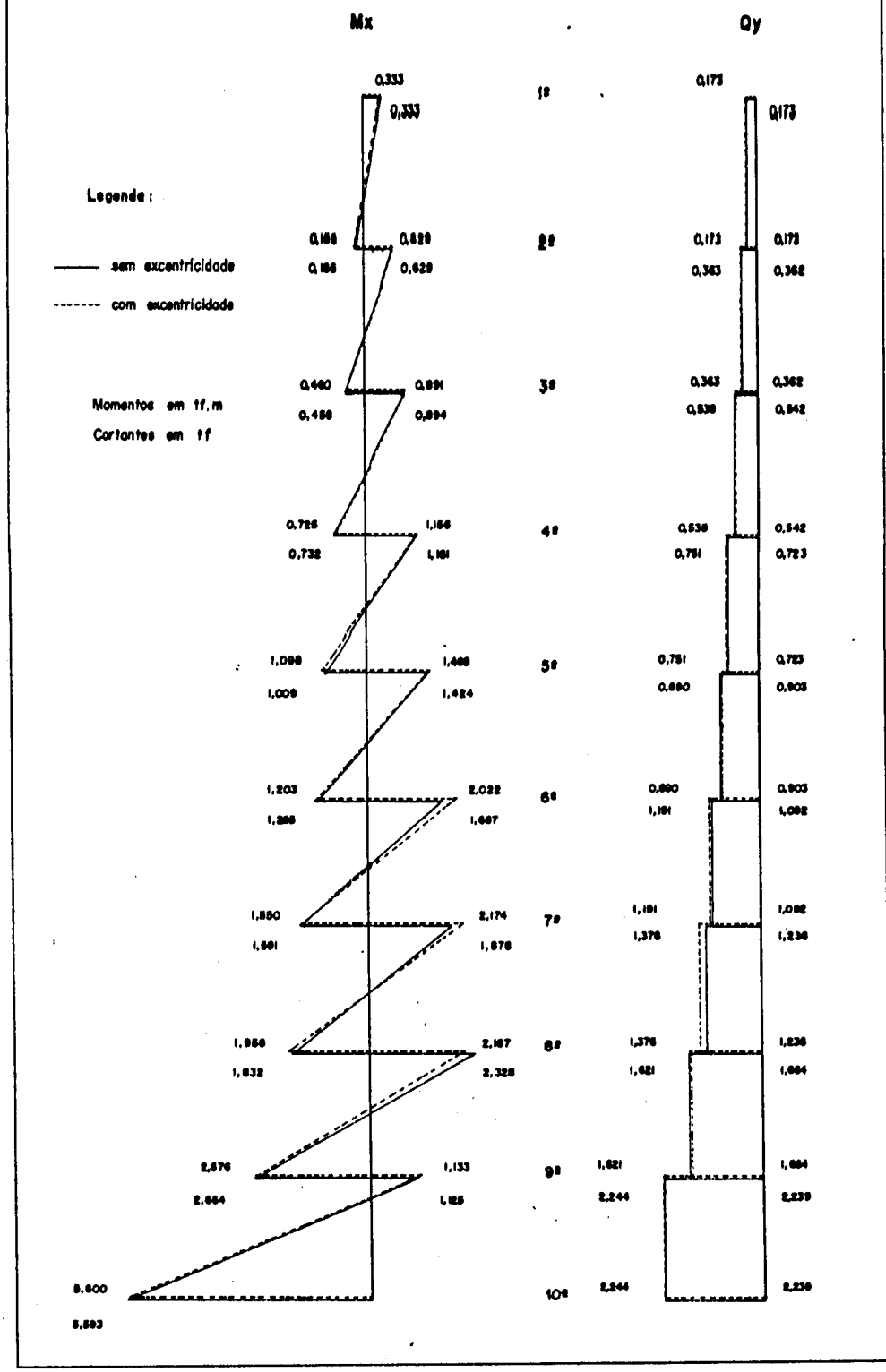
=====

FIM DA LEITURA DE TODOS OS DADOS DA ESTRUTURA

9.10 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a estrutura da fig. 9.3 e 9.5, submetida a um carregamento horizontal na direção y de 640 Kgf e um momento M_z de 1600 Kgf.m, do primeiro ao nono andar, e para a mesma condição de excentricidade do caso anterior, observa-se para o pilar P3, vide gráfico a seguir, uma distribuição no pavimento inferior tanto do momento fletor quanto da força cortante.

Pilar P3 - fig. 9.3 e 9.6 (carga horizontal)



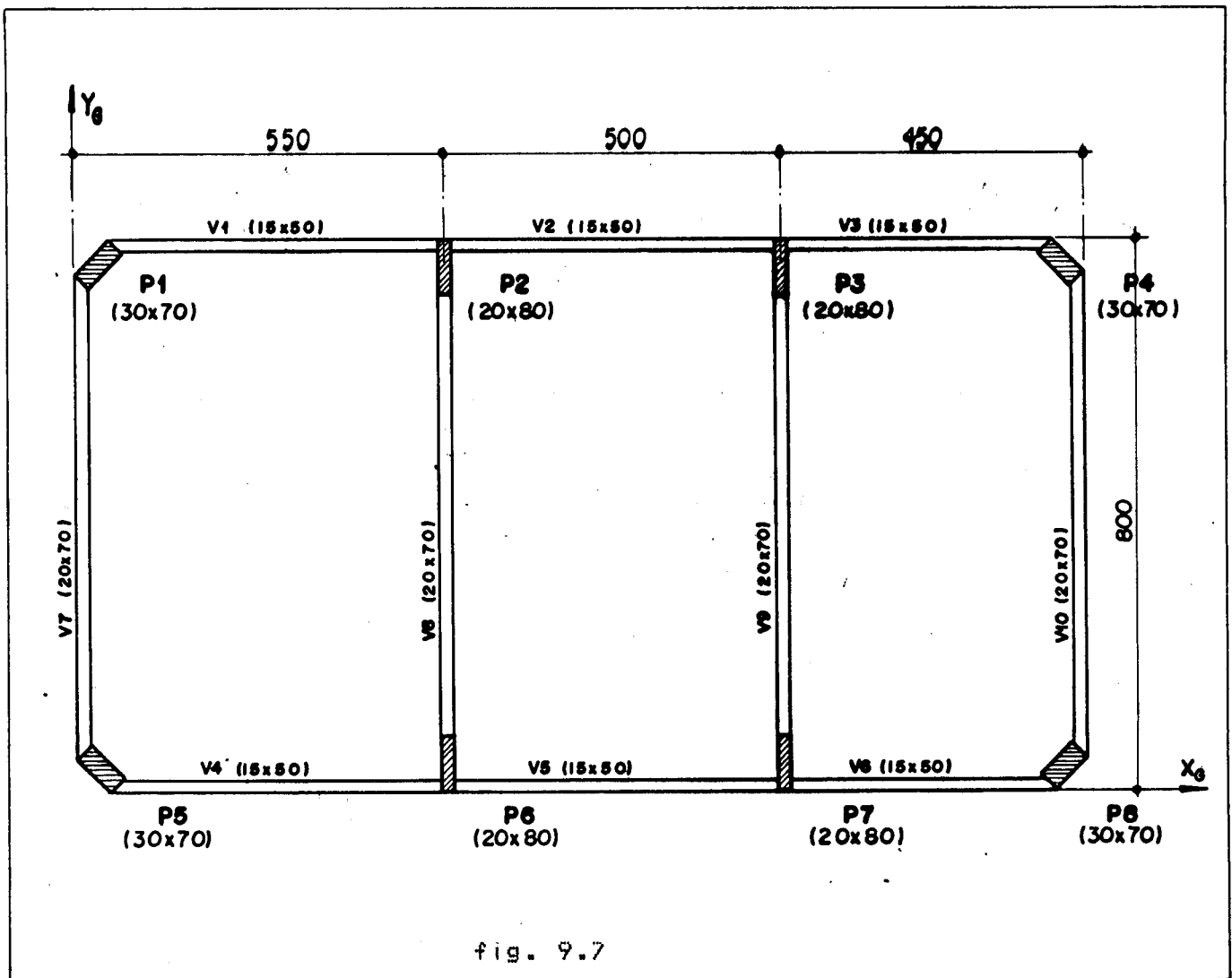
9.11 - ANÁLISE DA ESTRUTURA

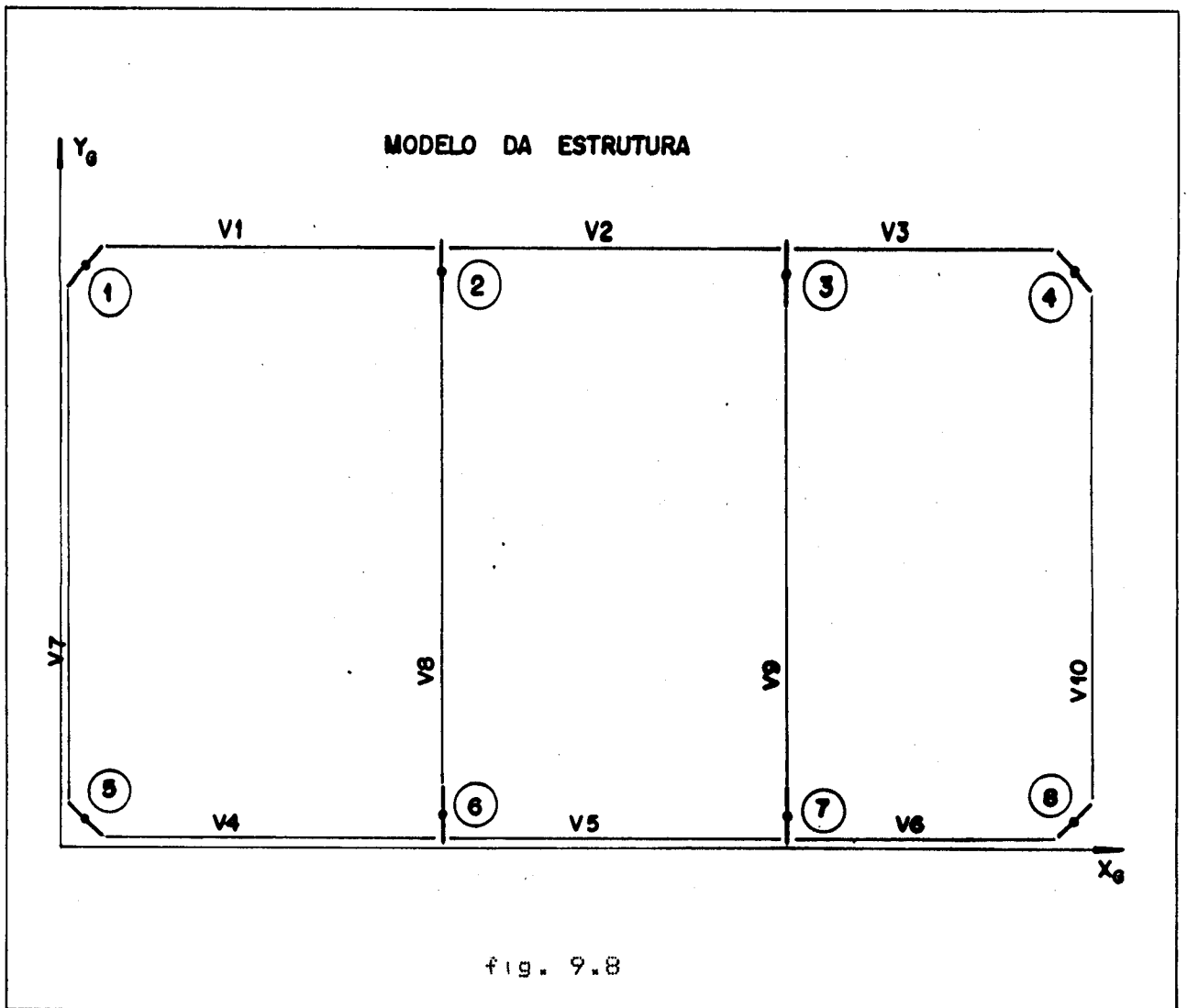
Considere-se a referida estrutura com:

- 9 andares
- 8 nós em planta

Cargas verticais:

Carregamento uniformemente distribuído igual a 1000 Kgf/m em todas as vigas nos andares de 1 a 9.





9.12 -LISTAGEM DOS RESULTADOS

PROJETO: EDIFICIO GAMA
 CLIENTE: ENDEFEMA Eng. Com. e Proj. Ltda

=====

GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
1	3.000	PAV

=====

CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====

GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.354	7.646	NO
2	5.500	7.600	NO
3	10.500	7.600	NO
4	14.646	7.646	NO
5	.354	.354	NO
6	5.500	.400	NO
7	10.500	.400	NO
8	14.646	.354	NO

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.456E-03	.156E-02	.750E-01	PROV
2	.153E-02	.572E-02	.140	PROV

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.158E-02	.857E-02	.460E-02	.210	PROP
2	.853E-02	.533E-03	.180E-02	.160	PROP

=====
 GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL XI	EXC. INICIAL YI	EXC. FINAL XF	EXC. FINAL YF	IDENT
V1	1	2	1	.216	-.279	.100	-.325	VIGA
V2	2	3	1	.100	-.325	.100	-.325	VIGA
V3	3	4	1	.100	-.325	.216	-.279	VIGA
V4	5	6	1	.216	.279	.100	.325	VIGA
V5	6	7	1	.100	.325	.100	.325	VIGA
V6	7	8	1	.100	.325	.216	.279	VIGA
V7	5	1	2	.241	-.254	.241	-.254	VIGA
V8	6	2	2	.400	.000	.400	.000	VIGA
V9	7	3	2	.400	.000	.400	.000	VIGA
V10	8	4	2	.241	.254	.241	.254	VIGA

=====
 GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER XI	EXC. INFER YI	EXC. SUPER XS	EXC. SUPER YS	SENAP	COSAP	IDENT
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.707	.707	PILA
P2	2	2	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	1	.000	.000	.000	.000	-.707	.707	PILA
P5	5	5	1	.000	.000	.000	.000	-.707	.707	PILA
P6	6	6	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P7	7	7	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P8	8	8	1	.000	.000	.000	.000	.707	.707	PILA

=====
 FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====

GERACAO DOS ANDARES

ANDAR	TIPO	IDENT
1	1	ANDA
2	1	ANDA
3	1	ANDA
4	1	ANDA
5	1	ANDA
6	1	ANDA
7	1	ANDA
8	1	ANDA
9	1	ANDA
10	1	ANDA

FIM DA LEITURA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

=====

GERACAO DO CARREGAMENTO DAS VIGAS

TIPO	VIGA	TIPO DE CARREGAMENTO
1	V1	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 4.830
	V2	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 4.800
	V3	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 3.830
	V4	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 4.830
	V5	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 4.800
	V6	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 3.830
	V7	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 6.810
	V8	CARGA DISTRIBUIDA
		Q DI DF
		-1000. .0000 6.400

V9	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	6.400
V10	CARGA DISTRIBUIDA		
	Q	DI	DF
	-1000.	.0000	6.810

=====

FIM DE LEITURA DO CARREGAMENTO

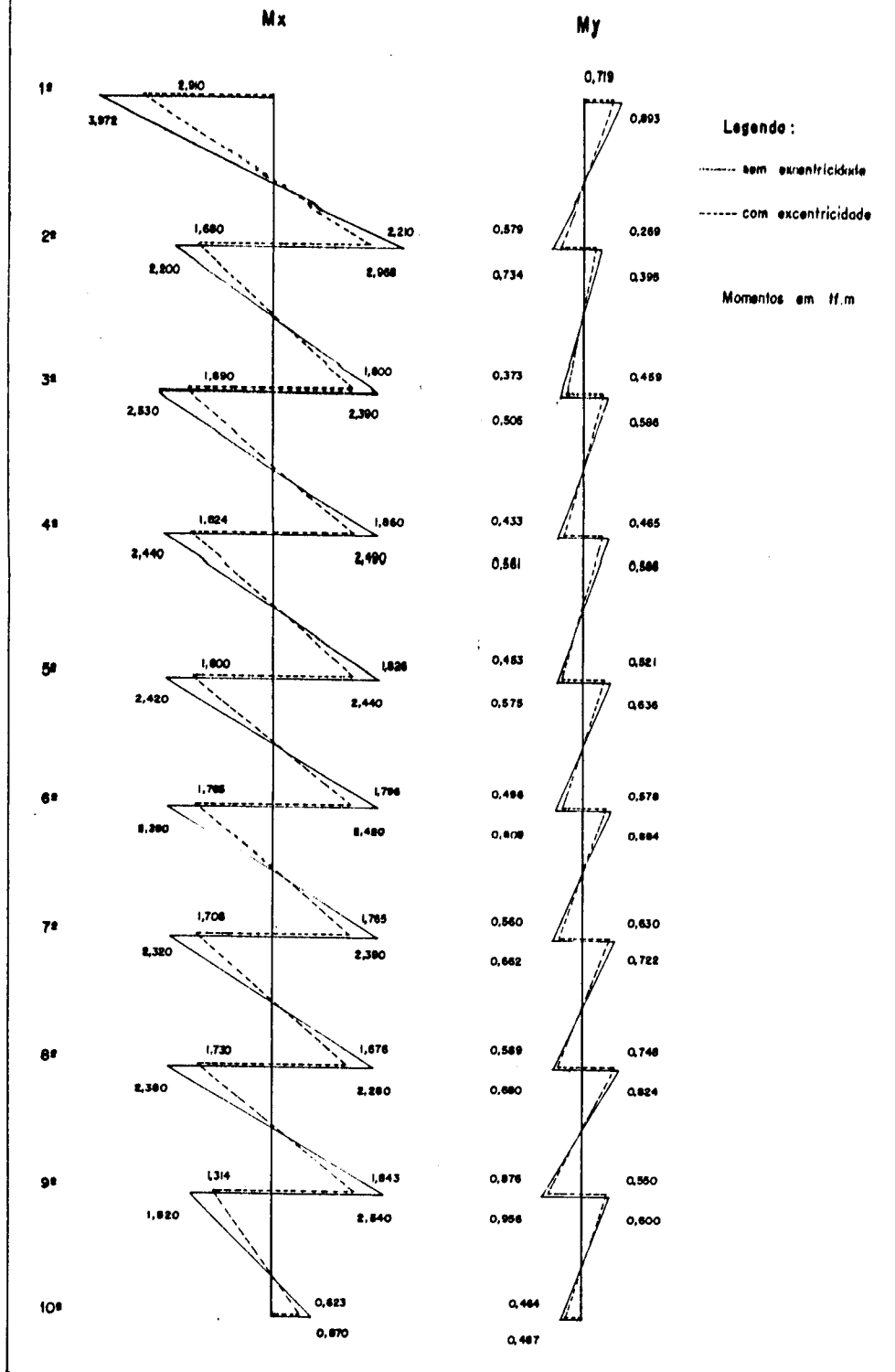
=====

FIM DA LEITURA DE TODOS OS DADOS DA ESTRUTURA

9.13 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a estrutura da fig. 9.7, com carregamento uniformemente distribuído de 1000 Kgf/m em todas as vigas do primeiro ao nono andar, analisar-se-á duas situações, uma considerando a excentricidade da conexão viga-pilar e outra sem considerar a excentricidade. Os resultados obtidos, para o pilar P1 da fig. 9.7, são apresentados em gráfico a seguir e observa-se que os valores de momentos segundo x (M_x) decrescem em média 35% quando se considera a excentricidade.

Pórtico 1 (carga vertical) - P1 - fig. 9.7

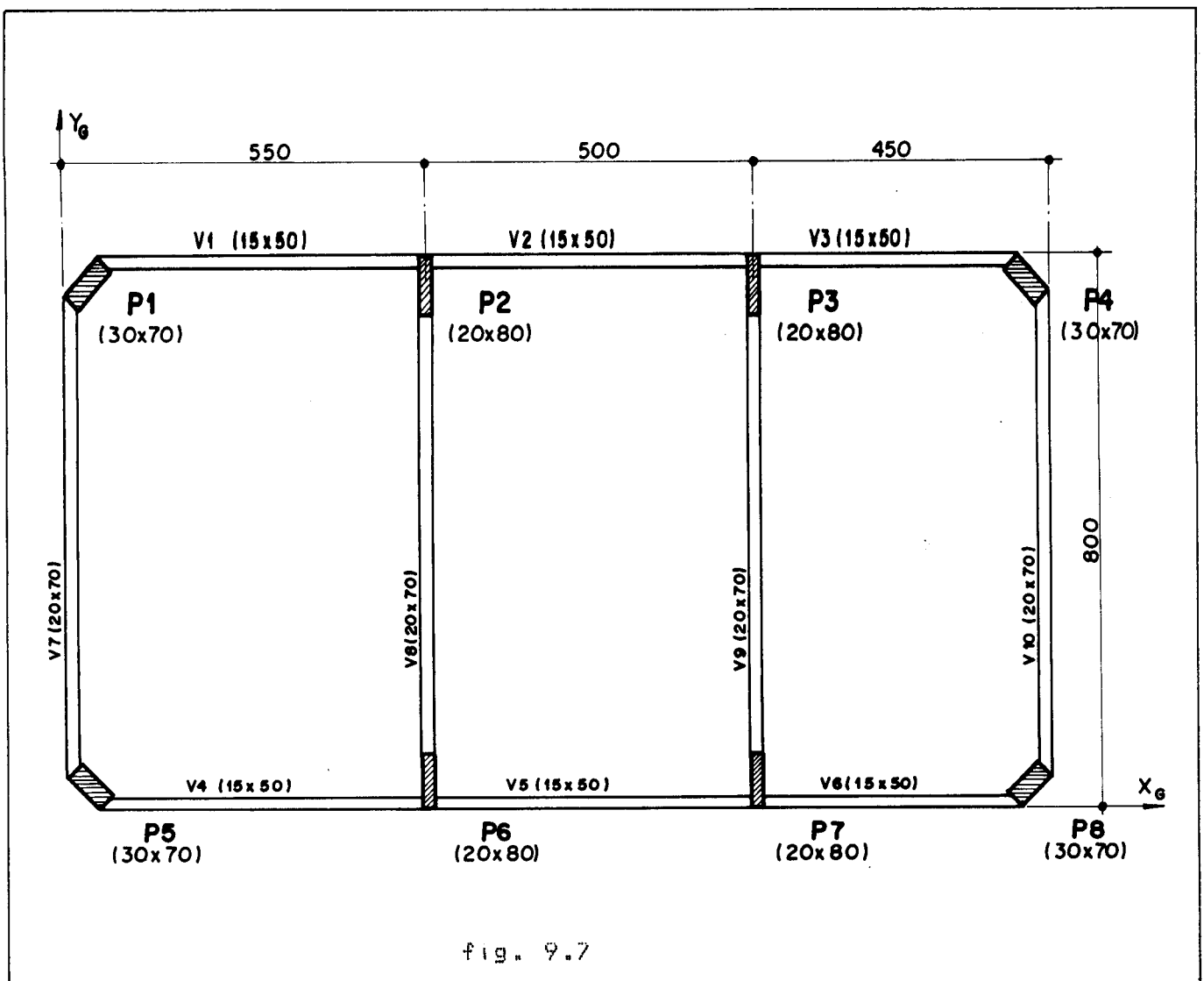


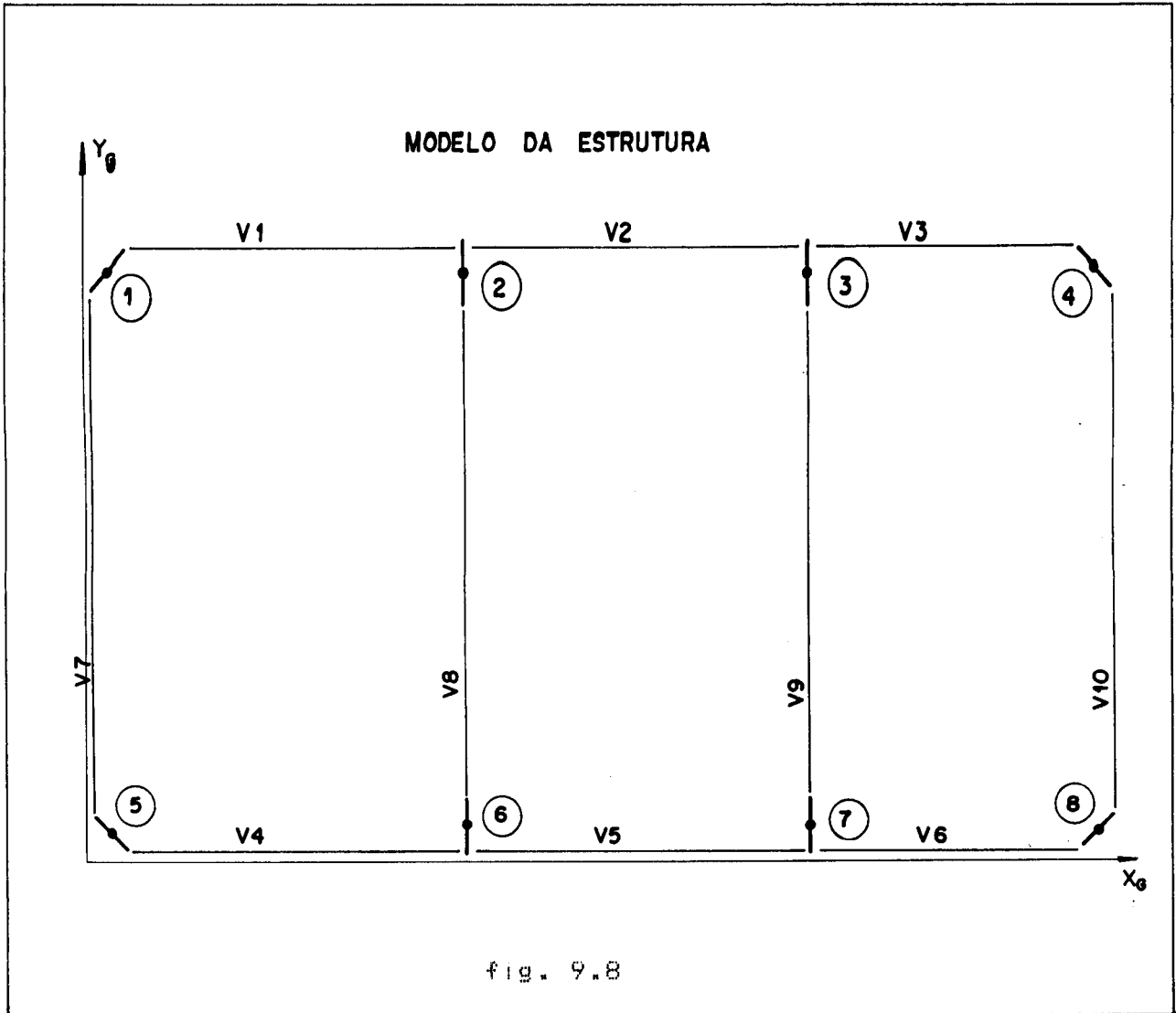
9.14 - ANÁLISE DA ESTRUTURA

Considere-se a referida estrutura com:

- 9 andares
- 8 nós em planta

Carregamento horizontal na direção y de 1.500 Kgf e um momento M_z de 11.250 Kgfm nos andares de 1 a 9.





9.15 - LISTAGEM DOS RESULTADOS

PROJETO: EDIFICIO GAMA
 CLIENTE: ENGEFEMA Eng. Com. e Proj. Ltda

=====

GERACAO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

PAV. TIPO	PE DIREITO	IDENT
1	3.000	PAV

=====

CARACTERISTICAS DOS MATERIAIS

MOD. ELAST. LONG.	MOD. ELAST. TRANS.	PESO ESP.	IDENT
.1800E+10	.1080E+09	.0000	MATL

=====

GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	.354	7.646	NO
2	5.500	7.600	NO
3	10.500	7.600	NO
4	14.646	7.646	NO
5	.354	.354	NO
6	5.500	.400	NO
7	10.500	.400	NO
8	14.646	.354	NO

=====

GERACAO DA GEOMETRIA DE VIGA

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	AREA	IDENT
1	.456E-03	.156E-02	.750E-01	PROV
2	.153E-02	.572E-02	.140	PROV

=====
 GERACAO DA GEOMETRIA DE PILAR

TIPO	MOM. INERCIA X	MOM. INERCIA Y	MOM. INERCIA Z	AREA	IDENT
1	.158E-02	.857E-02	.460E-02	.210	PROP
2	.853E-02	.533E-03	.180E-02	.160	PROP

=====
 GERACAO DAS VIGAS

VIGA	NO INICIAL	NO FINAL	SECAO	EXC. INICIAL		EXC. FINAL		IDENT
				XI	YI	XF	YF	
V1	1	2	1	.216	-.279	.100	-.325	VIGA
V2	2	3	1	.100	-.325	.100	-.325	VIGA
V3	3	4	1	.100	-.325	.216	-.279	VIGA
V4	5	6	1	.216	.279	.100	.325	VIGA
V5	6	7	1	.100	.325	.100	.325	VIGA
V6	7	8	1	.100	.325	.216	.279	VIGA
V7	5	1	2	.241	-.254	.241	-.254	VIGA
V8	6	2	2	.400	.000	.400	.000	VIGA
V9	7	3	2	.400	.000	.400	.000	VIGA
V10	8	4	2	.241	.254	.241	.254	VIGA

=====
 GERACAO DOS PILARES

PILAR	NO SUPER	NO INFER	SECAO	EXC. INFER		EXC. SUPER		SENAP	COSAP	IDENT
				XI	YI	XS	YS			
P1	1	1	1	.000	.000	.000	.000	.707	.707	PILA
P2	2	2	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P3	3	3	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P4	4	4	1	.000	.000	.000	.000	-.707	-.707	PILA
P5	5	5	1	.000	.000	.000	.000	-.707	-.707	PILA
P6	6	6	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P7	7	7	2	.000	.000	.000	.000	.000	1.000	PILA
P8	8	8	1	.000	.000	.000	.000	.707	.707	PILA

=====
 FIM DE LEITURA DO TIPO DE PAVIMENTO

=====
 GERACAO DOS ANDARES

ANDAR	TIPO	IDENT
1	1	ANDA
2	1	ANDA
3	1	ANDA
4	1	ANDA
5	1	ANDA
6	1	ANDA
7	1	ANDA
8	1	ANDA
9	1	ANDA
10	1	ANDA

 FIM DA LEITURA DAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

=====
 GERACAO DO CARREGAMENTO NO ANDAR

ANDAR	RESULT. (FX)	RESULT. (FY)	MOM. (MZ)	IDENT
1	.000	1500.000	11250.000	CAN
2	.000	1500.000	11250.000	CAN
3	.000	1500.000	11250.000	CAN
4	.000	1500.000	11250.000	CAN
5	.000	1500.000	11250.000	CAN
6	.000	1500.000	11250.000	CAN
7	.000	1500.000	11250.000	CAN
8	.000	1500.000	11250.000	CAN
9	.000	1500.000	11250.000	CAN

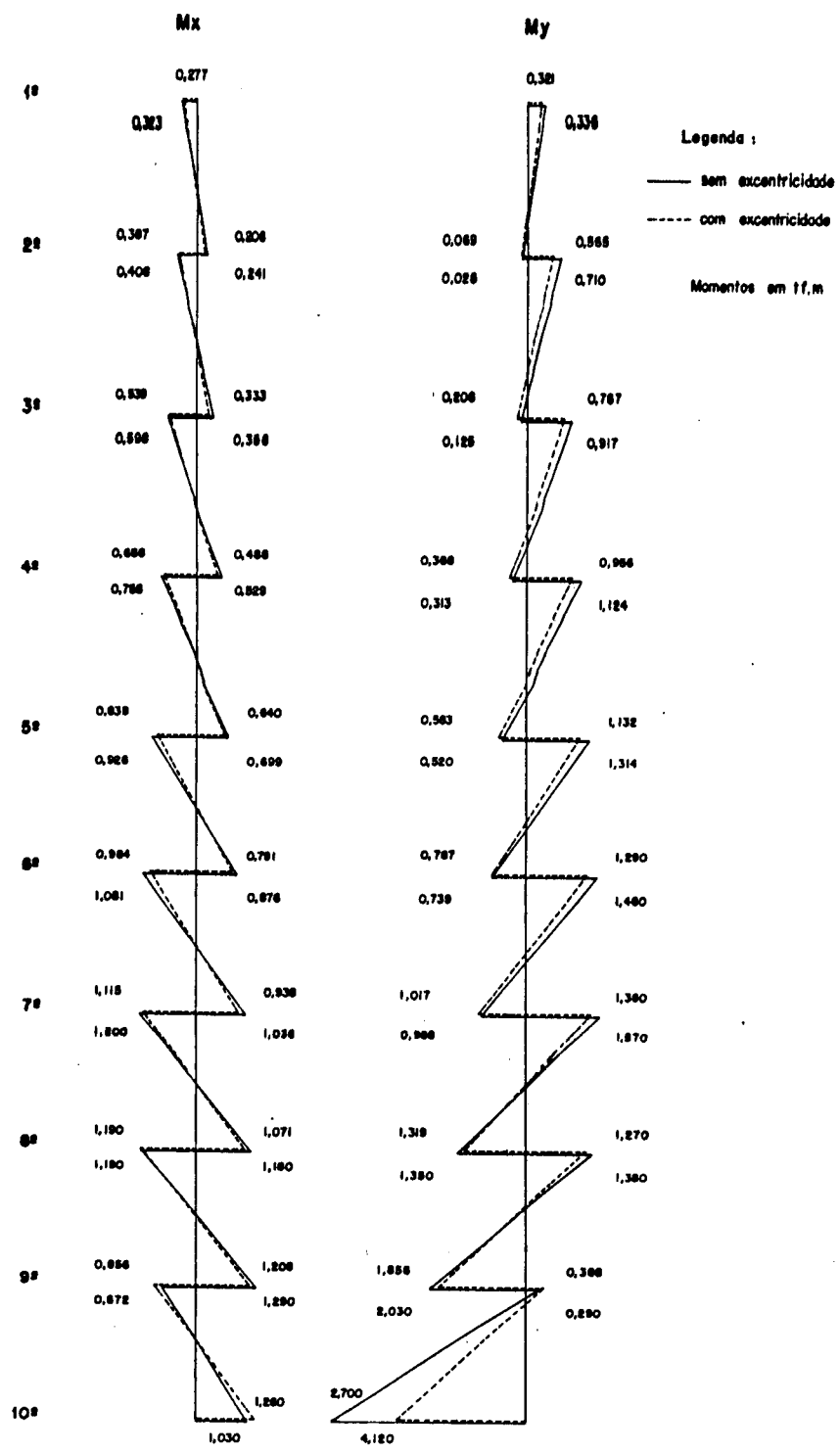
=====
 FIM DE LEITURA DO CARREGAMENTO

=====
 FIM DA LEITURA DE TODOS OS DADOS DA ESTRUTURA

9.16 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a estrutura da fig. 9.7, submetida a carregamento horizontal na direção y de 1500 Kgf e um momento M_z de 11250 Kgf.m, do primeiro ao nono andar, e analisando as duas situações do caso anterior, observa-se através dos resultados, vide gráfico a seguir, que os valores dos momentos segundo x (M_x) decrescem em média 9% quando se considera a excentricidade.

Pórtico 1 (carga horizontal) - P1 - fig. 9.7



10.- CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo o cálculo dos esforços internos nas extremidades das barras de edifícios, com posições quaisquer de vigas e pilares em planta, considerando-se as ações de cargas verticais como também de cargas laterais (ação de vento).

Notou-se que o objetivo foi atingido tanto no cálculo em si como no fato de ser possível calcular edifícios bastante altos, devido ao tratamento da matriz de rigidez do sistema ser armazenada por bloco de andar e, utilizando o processo de eliminação em série.

É importante lembrar que, quanto maior for a memória do computador, maior será a capacidade de execução do presente trabalho.

Quanto a validade dos resultados e a versatilidade do programa, os exemplos apresentados mostram que o programa funciona conforme se esperava.

11.- BIBLIOGRAFIA

1. Weaver, W. and Nelson, M.F. - "Three Dimensional Analysis of Tier Buildings", Journal of the Structural Division, Asce, vol. 92, NO-St-6, Proc. Paper 5019, December, 1966, pp. 385-404.
2. Stamato, M. C. - "Estado Atual de Estruturas Tridimensionais de Edifícios Altos", Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil, 1971.
3. Stamato, M. C. and Stafford Smith, B. - "An appoximate Method for the Three Dimensional Analysis of Tall Building", Proceedings of I.C.E., vol. 43, July, 1969, pp. 361-379.
4. Soriano, H. L. - "Cálculo Automático do Efeito de Vento em Estruturas de Edifícios", Tese, (M.Sc.), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Publicação nº 5.71, Agosto 1971.
5. Gere, J. M. and Weaver Jr., W. - "Análise de Estruturas Reticuladas", Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1981.
6. Weaver Jr., W. - "Computer Programs for Structural Analysis", Princeton, S. Van Nostrand Company, Inc., 1967.